

Chancen und Risiken
der systemischen Kontingenz
Künstlicher Intelligenz
in einer postindustriellen
Weltgesellschaft

Inaugural –Dissertation
Zur Erlangung des Doktorgrades
der Politikwissenschaft
an der Ludwig-Maximilians-Universität
München

Vorgelegt von:

Michael Daum
Schwanthaler Str. 113 / App. 520
80339 München

tel: 089/69 39 85 18

handy: 0171/12 17 340

e-mail: michaeldaum@mac.com

Prüfer dieser Dissertation:

1. Prüfer: Hans Martin Schönherr Mann
2. Prüfer: Ulrich Beck

Datum der mündlichen Prüfung: 21. Juli 2008

Widmung

*Ich widme diese Doktorarbeit meiner Familie,
meinen Freunden und allen jenen Menschen,
die mit ihrer Zeit, ihrer Energie und
ihrer Liebe dazu beigetragen haben,
dass ich diese Arbeit
vollbringen konnte.*

*In besonderer Weise möchte ich diese Arbeit zusätzlich
einem Unternehmen widmen:*

Apple Computer

*Die Mitarbeiter dieses Unternehmens, sowie auch
deren Produkte
haben in besonderer Weise mit dazu
beigetragen, dass diese
Arbeit in ihrer
heutigen Form realisiert werden konnte.*

*Diese Dissertation wurde verfasst auf dem „Apple Power Mac G4 Cube“
Computer, mit der Seriennummer CK114H90L2J.
Es ist die legendäre Baureihe der ersten für
Privatanwender konzipierten sog. „Supercomputer“.*

*In diese Dissertation mit eingeflossen, sind viele private Unterredungen sowie
Interviews mit Mitarbeitern dieser Firma, sowie
Lehrgänge, Schulungen und Fortbildungen
die ich in meiner Funktion als „Macintosh Solution Consultant“ genießen durfte.*

*Gerechtfertigt durch die genannten Implikationen der Firma Apple mit
dieser Arbeit, möchte ich diese Widmung
sowie meinen allerherzlichsten Dank aussprechen.*

1.0 Gliederung:

- 1.1 Einleitung und Eingrenzung des Themas S. 6

2.0 Die Informatik der Künstlichen Intelligenz

2.1 Neuronale Netze

- 2.1.1 Wie funktioniert ein „Neuronales Netz“? S. 9
2.1.2 Was macht Software „intelligent“? S. 22
2.1.3 Bottom Up vs. Top Down Modelle und Rechenexempel S. 29
2.1.4 Strategie Synopsis - Evolution vs. Technologie S. 44
2.1.5 Vernetzung und Komplexität S. 49

2.2 Evolutionäre Algorithmen

- 2.2.1 Freiheitsgrade von heutiger Software S. 63
2.2.2 Operatoren und Grenzen der Logik S. 66
2.2.3 Emergenz, Kontingenz und Freiheitsgrade zur Fehlbarkeit S. 72
2.2.4 Postulat eines ubiquitären Kontingenz Generators S. 77
2.2.5 Praktische Anwendungsbeispiele evolutionärer Algorithmen S. 88

2.3 Exponentielles Wachstum in Technologie und Natur

- 2.3.1 Moore's Law, Metcalfs Law & Reed's Law S. 101
2.3.2 Strukturelle Komplexität und Performance S. 118
2.3.3 Skalierungsfaktoren und evolutionäre Aspekte S. 130

2.4 Das Spektrum der Leistungsfähigkeit von Simulationen

- 2.4.1 Simulation eines Gehirns durch neuronale Computer S. 138
2.4.2 Computer Simulationen in wissenschaftlicher Anwendung S. 142
2.4.3 Zusammenfassung und Zwischenfazit des ersten Teils S. 150

3.0 Die Physik der Künstlichen Intelligenz

3.1 Information und Entropie

- 3.1.1 Die „Grundbausteine“ des Universums S. 153
- 3.1.2 Die Entropie der gesamten vierdimensionalen Raumzeit S. 166
- 3.1.3 Der ultimative Computer ist ein schwarzes Loch S. 169

3.2 Quantenphysikalische Aspekte der KI

- 3.2.1 Die „Urteilchen“ und die Quantenchromodynamik S. 179
- 3.2.2 Dimensionalität und Fluktuationen der Raumzeit S. 189
- 3.2.3 Quantengravitation, Microtubuli und Bewusstsein S. 209
- 3.2.4 Die vier logischen Alternativen der Quantenphysik S. 232

3.3 Superstringtheorie und Loop Quantengravitation

- 3.3.1 Ist der Kosmos ein „Gewebe“ aus feinen energetischen „Fäden“ ? S. 251
- 3.3.2 Die Raumzeit als ein Konglomerat diskreter Einheiten S. 261
- 3.3.3 Alles fließt / Pantà rhei S. 269
- 3.3.4 Das „Holografische Prinzip“ S. 280
- 3.3.5 Zusammenfassung und Zwischenfazit S. 290

4.0 Politische und soziologische Untersuchungen zur KI

4.1 Innovation und Transformation

- 4.1.1 Technologische Innovation und gesellschaftlicher Wandel S. 294
- 4.1.2 Die soziokulturelle Dimension der KI S. 302
- 4.1.3 KI, Ökonomie und die Zukunft der Arbeit S. 311

4.2 Wissenschaft und Gesellschaft

- 4.2.1 Systemtheoretische Überlegungen S. 329
- 4.2.2 Die physische Form von KI und ihr Einfluss auf Unternehmen S. 347
- 4.2.3 Forschung, Bildung und KI S. 362

4.3 Technologie als politische Chance

- | | | |
|-------|--|--------|
| 4.3.1 | Techniksoziologie, Akteur und Handlung | S. 376 |
| 4.3.2 | Technologie, Epochen- und Wertewandel | S. 381 |
| 4.3.3 | Politische Handlungsempfehlungen | S. 384 |

5.0 Fazit

S. 399

6.0 Literaturverzeichnis

S. 402

1.1 Einleitung und Eingrenzung des Themas

*„Jeder Denker, gefährdet bestimmte Teile einer scheinbar stabilen Welt, und niemand weiß im Voraus, was an deren Stelle treten wird“.*¹

Josef Weizenbaum

Die Thematik der Künstlichen Intelligenz (fortan KI) ist virulent. Sie erstreckt sich von der akademischen Fachdiskussion der Informatiker und Physiker, über eine breite philosophische Diskussion - weiter über Beiträge von Spezialisten aus Disziplinen der Psychologie, der Neurophysiologie und Neurobiologie und auch der Physik - doch dabei insbesondere in Beiträge der Quantenmechanik - bis hinein in die Domäne von Soziologie und Politik.

Diese Dissertation möchte keinen dieser Bereiche isolieren, daher sollen möglichst viele auch divergierende Argumente der verschiedenen Fachdiskussionen nebeneinander gestellt und abgewogen werden. Der interdisziplinäre Ansatz soll dabei einerseits die erstaunliche Komplexität der Thematik reduzieren helfen, durch Aufzeigung von Konvergenzen und Isomorphien der Argumentationsfiguren, andererseits soll er die Perspektive öffnen, für eine neue hier zu erarbeitende Einordnung der KI in das politische Zeitgeschehen.

Die Perspektive auf die transformative Kraft, die neue Technologien auf Gesellschaften ausüben, wird dabei eine bedeutende Rolle spielen. Technische Entwicklung kann der hier vorgestellten Argumentation zu Folge, als eine spezielle Form von Evolution begriffen werden, die der organischen Evolution im Sinne Darwins² Argumentation nahe steht. Nicht zuletzt wegen der Nähe zu biologischen Sinnzusammenhängen, ist es z.B. in den Neurowissenschaften üblich geworden, sich Analogien aus der Technologie, insbes. der Informatik bezüglich Hardware als auch Software zu bedienen, um die Funktionsweise von Prozessen des Gehirns zu veranschaulichen.

Aus vielen dieser Analogien sind inzwischen leichtfertig Identitätsbehauptungen entwickelt worden, die in diversen kritisch zu betrachtenden Reduktionismen münden.

Zu ausgesuchten Positionen dieser Kategorie, die heute besonders in Kreisen der Denker der

¹ Weizenbaum, Joseph (1978): *„Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft“* / Suhrkamp / Frankfurt am Main / S. 46

² vgl. Darwin, Charles (1856): *„On the Origins of Species by Means of Natural Selection“*

KI weite Verbreitung finden, soll eine differenzierte Untersuchung stattfinden.

Welches wissenschaftliche Selbstverständnis des Menschen lässt sich konstatieren, wenn er metaphorisch³ und allegorisch zu semantischen wie zu technischen Werkzeugen greift, um mittels daraus abgeleiteter sprachlicher, logischer und auch technischer Konstruktionen seinen Standpunkt in der Welt zu präzisieren?

Die Arbeit wird daher über weite Strecken einen grundsätzlich philosophischen Anspruch verfolgen, wobei die Argumentation sich vorwiegend im Areal der Interdependenz von Natur- und Geisteswissenschaften fokussieren wird.

Das Oberthema *Technik*, wird den Einklang bilden, um das Spezialgebiet der KI zu eröffnen. Zunächst sollen die Bedingungen der Möglichkeit von KI auf technischer Ebene erörtert werden. Dazu werden Betrachtungen Neuronaler Netze und von Supercomputern, sowie der zugehörigen Software durchgeführt. Die Entwicklung auf diesem Gebiet wird dargestellt in ihrer Historie, ihrem Status Quo und ihrem Potential für die kommenden 10 bis 15 Jahre der Forschung.

Im nächsten Hauptsegment *Physik*, wird der Begriff der „Information“ selbst mathematisch theoretisch und physikalisch praktisch erörtert und anschließend das Thema „physikalische Grundlagen der KI“ vertieft. Hier kommen wir explizit auf Quantenphysik zu sprechen, die wie wir herausarbeiten werden, das Fundament für die Informatik der kommenden Dekade liefern könnte. Wir stellen Überlegungen und Untersuchungen an, über grundlegende Begrifflichkeiten wie Energie und Entropie, über basale Konstanten und Naturgesetze, sowie den sich daraus ergebenden Raum der Realisierungsmöglichkeiten von Technologie in ihren theoretisch mathematisch maximalen Effizienzgraden. Ein Vergleich solcher Rechenbeispiele aus Natur und Technologie wird interessante neue Einblicke und Perspektiven ermöglichen.

Der Anspruch der Interdisziplinarität dieser Arbeit, wird durch die Gliederung und Strukturierung der Abfolge der Argumentationsräume nochmals verdeutlicht:

Nach 1.) Einleitung, 2.) Informatik 3.) Physik folgt dann 4.) der Politik Schlussteil. Hier soll dann folgende Fragestellung zum Thema KI die Überlegungen thematisch leiten:

Gegeben den Fall, es gelingt in den folgenden ca. zwei Dekaden den Menschen technisch perfekt zu simulieren – worin liegt dann noch der genuin ontologische Kern des „Menschseins“ - und welches Bild der Gesellschaft zeichnet sich ab, mit einer solchen paradigmatischen Wende hin zu einer Technologie, die sich heute noch im Spannungsfeld zwischen Utopie und Realität befindet?

³ vgl. Wolf, Stefan (1996): „*Metapher und Kognition – Computermodelle des menschlichen Geistes*“ / in: Schneider, Hans Julius (Hrsg.): „*Metapher, Kognition, künstliche Intelligenz*“ / München / S. 199 - 234

Ließe sich einer absolut *perfekten* Simulation bzw. Emulation eines menschlichen Gehirns - wir sprechen von Präzision der letzten denkbaren theoretischen Ebene: Identikalität Molekül für Molekül, Atom für Atom und Quant für Quant - ein Bewusstsein noch absprechen? Hat die Quantenphysik oder sogar das sog. „no cloning“ Theorem⁴ hier Relevanz und Aussagekraft? – inwiefern betritt die KI spätestens ab diesem Schritt ethisch brisantes Gebiet? Fragen wie diese sollen im Verlauf der Kapitel sukzessive erörtert werden. Fragen die permanent dienen werden, den Zusammenhang der interdisziplinären Ansätze zu vereinen, sind dabei solche:

Welchen Einfluss hat technologische Entwicklung auf Prozesse der Entscheidungsfindung der aktuellen Politik? Wie verhalten sich dabei ökonomische und soziologische Ziele zueinander? Welche soziokulturellen Konsequenzen ergaben und ergeben sich aus der heute etablierten Informations- & Kommunikationstechnologie (IuK) und welche Konsequenzen sind zu erwarten, wenn das Thema KI explizit auf die Agenda der Tagespolitik tritt? Die Kernfrage, die Thema und These dieser Arbeit inspiriert und die sich daher als roter Faden durch die gesamte Arbeit zieht und immer wieder aufs Neue mit verschiedenen Argumenten beleuchtet wird, ist dabei in einer ersten sondierenden Formulierung etwa diese:

„Kann der Mensch, mittels seiner Intelligenz, die Grundlage ebendieser technisch simulieren – rekonstruieren – übertreffen? – wenn ja, welche Konsequenzen hat das für unsere Gesellschaft?“

⁴ Sandor Imre, Ferenc Balazs (2004): *„Quantum Computing and Communications“* / Wiley / Sussex / S. 38

2.0 Die Informatik der Künstlichen Intelligenz

2.1 Neuronale Netze

2.1.1 Wie funktioniert ein „Neuronales Netz“?

„Technik ist die Fortsetzung der Evolution mit anderen Mitteln“⁵

Ray Kurzweil

Eine Entwicklung, die den Fortschritt in der Künstlichen Intelligenz in der jüngsten Zeit enorm beflügelt hat, ist der Ansatz einer sukzessiven technologischen „Kopie“ der biologischen Grundlage natürlicher Intelligenz. Wie geht man an diese Aufgabe heran? Wir setzen in den hier gezeigten Erläuterungen eine durchschnittlich gute Vorbildung im Gebiet Neurophysiologie & Molekularbiologie aufgrund besseren Leseflusses voraus.

Das menschliche Gehirn, mit allen seinen spezialisierten Arealen, enthält ca. *100 Milliarden Nervenzellen* – oder in kompakter Notation *10¹¹ Neuronen*, diese arbeiten in hochgradig redundant vernetzter Weise. Viele dieser Neuronen sind mit ca. 1000 bis 10.000 anderen parallel vernetzt, was zu der beeindruckenden Zahl von ca. *10¹⁴ Synapsen⁶* bzw. *100 Billionen Synapsen* führt. Diese kann man sich vereinfacht als Schnittstellen der Neuronen vorstellen, die vorwiegend chemisch interagieren, über sog. Neurotransmitter (Botenstoffe). Diese Verbindungen variieren in ihrer Intensität und sind nach neuesten Forschungen plastisch sehr gut formbar.⁷

Diese Fähigkeit der Plastizität der Verbindungen von Nervenzellen, ergibt sich aus einer recht einfachen Grundoperation. Jedes an einem Neuron eintreffende Signal eines anderen Neurons wird rezipiert, die Summe aller Signale wird addiert und mit einem intern gespeicherten Schwellenwert⁸ abgeglichen. Wird der Schwellenwert überschritten, dann leitet das Neuron ein Signal weiter an ein nächstes, wo sich diese Prozedur wiederholt, bis schließlich ein Signal in einem Muskel oder an anderer Stelle ankommt, wo sich aus der Weiterleitung der

⁵ Kurzweil, Ray (1999): „*Homo S@piens*“, Kiepenheuer & Witsch, Köln, S. 35

⁶ Singer, Wolf (2002) „*Der Beobachter im Gehirn*“ / Suhrkamp / FFM / S. 123 – oder online: <http://idw-online.de/pages/de/news1330>

⁷ <http://www.uni-frankfurt.de/forschung/profil/gr/neuro/>

⁸ vgl. Creutzfeld, O.D. (1983) „*Cortex Cerebri. Leistung, strukturelle und funktionelle Organisation der Hirnrinde*“ / Springer / Berlin

Signale ein Effekt einstellt, etwa Kontraktion eines Muskels.

Der Prozess der Reizweiterleitung als elektrische Potentialdifferenz entlang Axonen und Dendriten (ein – und ausgehende Nervenbahnen) der Neuronen ist heute bis in feinste Details hinein erforscht und verstanden. Raum für neue Erkenntnisse liegt jedoch noch immer in der Perfektionierung des Verständnisses der *strukturellen Komplexität* der Neuronenmatrix, sowie in potentiellen Implikationen der *quantenmechanischen Prozesse* unterhalb des klassischen Niveaus der rein elektrochemischen Interpretation der Gehirntätigkeiten. Wir werden in Kapitel 3.2.3 Über Neurophysiologie auf Quantenebene des menschlichen Gehirns, noch tiefer in die Komplexität der Informationsverarbeitung durch natürliche neuronale Netze vordringen, vorerst betrachten wir jedoch die rein klassischen elektrophysiologischen Aktivitäten der Neuronen.

Die NN Matrix ist in „Layern“ und „Columns“⁹ hierarchisch strukturiert, was eine Vielzahl von erkenntnisreichen Versuchen und Erklärungen über Wahrnehmung, Lernprozesse und die Fähigkeit zu Intelligenz im Allgemeinen ermöglicht hat. Aus didaktischen Gründen sollen diese Überlegungen jedoch zunächst, zugunsten eines leichteren Zugangs zu den Analogien mit künstlichen Neuronalen Netzen, ausgeblendet bleiben.

Ca. 80 - 90% aller Signale des Gehirns enden nicht in Muskeln, sondern dienen der Erzeugung eines internen Erregungsmusters der neuronalen Matrix, wodurch die Verbindungen der Neuronen physiologisch intensiviert werden, und so etwa ein Lernerfolg repräsentiert werden kann. Bei dieser Beschäftigung des Nervensystems mit seinen eigenen Signalen – dem sog. Inneren Monolog¹⁰ – wird über Funktionen von Synchronisierung und Kohärenz die Kopplungsstärke von Neuronen permanent moduliert. Diese Funktion der Stärkung und Schwächung von neuronalen Verbindungen ist die Grundlage seiner Plastizität und Anpassungsfähigkeit.

Der Zusammenhang ist auch als „Hebb’sche Lernregel“ bekannt:

$$\Delta w_{ij} = \eta \cdot a_j \cdot o_i$$

In künstlichen neuronalen Netzen wird die Veränderung der synaptischen Übertragung als Gewichtsänderung des neuronalen Graphen abgebildet. Die Hebb'sche Lernregel ist die älteste und einfachste neuronale Lernregel. Obige Formel ist so zu verstehen: Δw_{ij} (das Δ Symbol wird „Delta“ gesprochen) ist die Veränderung des Gewichtes von Neuron i zu Neuron j (also der Grad der Änderung der Verbindungsstärke dieser beiden Neuronen), η eine geeignet zu wählende Lernrate (ein konstanter Faktor), a_j die Aktivierung von Neuron j und o_i die Ausgabe von Neuron i , das mit Neuron j verbunden ist.¹¹

⁹ vgl. Hawkins, Jeff (2004): „*On Intelligence*“ / Times Books / New York

¹⁰ Singer, Wolf / „Der Beobachter im Gehirn“ / Suhrkamp / FFM 2002 / S. 103

¹¹ vgl. Hebb, Donald Olding (1967): „*Einführung in die moderne Psychologie*“ / Beltz Verlag

Kurz pointiert formuliert besagt die Formel: Lernen verstärkt neuronale Bindungen als Funktion in der Zeit genauso wie Abrufen von Wissen, unterlassenes Abrufen von Wissen über längere Zeit, schwächt die neuronalen Verbindungen, die dieses Wissen repräsentieren. Dieser Zusammenhang repräsentiert den Grad der synaptischen Koppelung¹² und Korrelation. Donald Olding Hebb formulierte diese Regel 1949 als Pionier dieses Gebiets. Heute ist dieser Zusammenhang im Status eines „Naturgesetzes“ der Neurophysiologie. Diese Erkenntnis war zugleich ein Meilenstein für die KI Forschung, so war man nun in der Lage natürliche neuronale Prozesse mathematisch präzise zu beschreiben. Die Aufgabenstellung der „Kopie“ der natürlichen Vorlage des menschlichen Gehirns, wurde greifbar. Der nächste logische Schritt war die Simulation dieses Prozesses, und nach zahlreichen Versuchen der Simulation in Form von Hardware - etwa als Halbleiter Transistoren, verschaltet nach neuronalem Muster - ist man heute höchst erfolgreich bei der Simulation von Neuronen, in Form von Software, genauer „Algorithmen“. *Software* zur Simulation von komplexem Verhalten korrelierter Neuronen – etwa in einem klassischen „Hopfield Netz“¹³ - ist bei aktuell gegebenen technischen Möglichkeiten der einzig praktikable Weg, um das Verhalten von größeren Arrays von Neuronen zu simulieren. Der Aufwand eine solche Simulation in *Hardware* zu implementieren, würde mit steigender Zahl der notwendigen Schaltelemente und Verbindungsmaterialien sehr schnell unbrauchbar groß und unfinanzierbar.

Ein Rechenbeispiel zur Illustration:

Wollte man die Vernetzung und Kommunikation von 100 Milliarden Neuronen mit 1000 Billionen Synapsen simulieren, müsste man jedem der heute lebenden 6 Milliarden Menschen 10 Telefone in jede Hand geben und ihn durch jedes davon 20.000 Gespräche *simultan* führen lassen (wäre dies praktisch möglich) – dann erst käme man auf äquivalente Komplexität, wie sie im menschlichen Gehirn vorherrscht. Man bekommt ein Bild davon, dass diese Aufgabe mit heute verfügbarer Technologie nicht annähernd mit „Drähten und Schaltern“ zu bewältigen ist. Hardware kommt hier an ihre physikalischen derzeit realisierbaren Grenzen. Man erkennt an diesem Beispiel gut, dass eine technische Realisation einer solchen Simulation allein in Form von Software realisierbar ist.

Es gibt an Optionen zur Realisation zunächst die natürlichen biologischen Neuronen, die

¹² vgl. Hebb, Donald Olding (1949): „*The Organization of Behaviour*“

¹³ <http://www.netzwelt.de/lexikon/Hopfield-Netz.html>

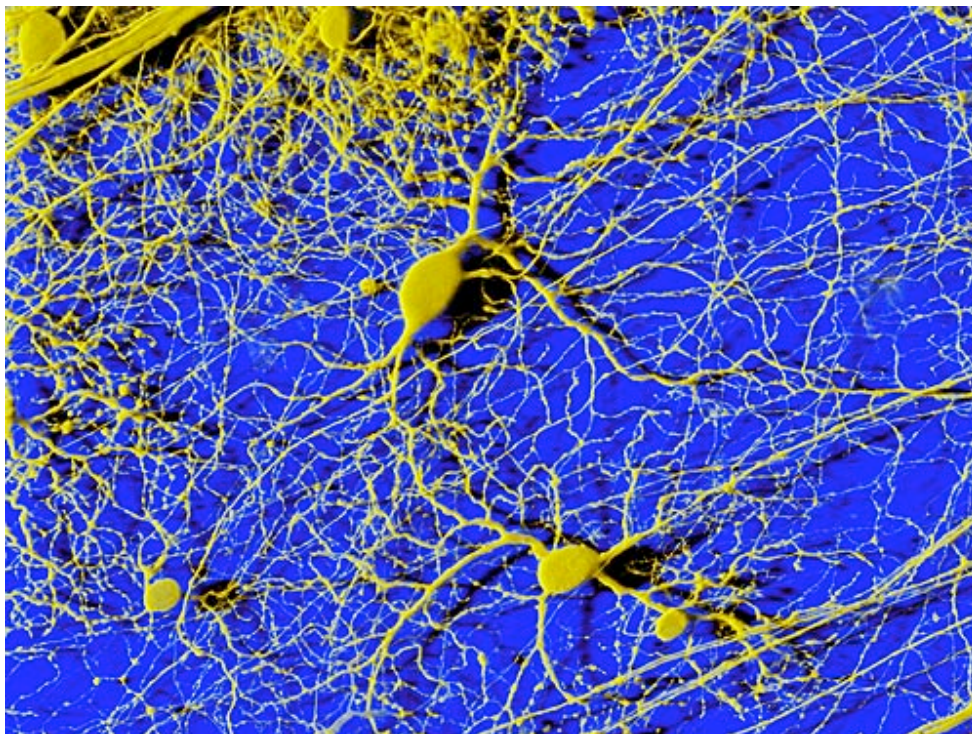
Hardware Neuronen Simulationen und schließlich die Software Simulationen. Alle drei fallen unter die semantische Klasse der Neuronen, sind aber den Termini technici der Biologen bzw. Informatiker zufolge, verschiedenen „Objektklassen“ zugehörig.

Eine Definition von „Neuron“ aus einem Lehrbuch zu Künstlicher Intelligenz:

„Ein Neuron ist eine Verarbeitungseinheit, die über die gewichteten Verbindungen eingehenden Werte geeignet zusammenfasst (Propagierungsfunktion) und daraus mittels einer Aktivierungsfunktion unter Beachtung eines Schwellwertes einen Aktivierungszustand ermittelt. Aus dieser Aktivierung bestimmt eine Ausgabefunktion die Ausgabe des Neurons.“¹⁴

Obiges Zitat bringt in recht spezieller Terminologie die Hauptarbeit zum Ausdruck, die man an natürlichen Neuronen empirisch nachweisen kann. Sie leiten elektrische Reize weiter, jedoch nicht ohne selbst darauf Einfluß zu nehmen. Was ein Neuron also als „Funktion ausgibt“ ist in jeder überprüfaren Hinsicht eine „Berechnung von Informationen“.

Um eine plastischere Vorstellung zu gewinnen, von der Weise wie Neuronen verschaltet sind, soll folgende Abbildung biologischer Neuronen dienen:



*Diese
Abbildung zeigt
eine typische
Anordnung der
Verschaltung
biologischer
Neuronen, wie
sie in Zahl und
Struktur der
Verbindungen
im
menschlichen
Gehirn
angeordnet*

*sind.*¹⁵

¹⁴ Lämmel, Uwe / Cleve, Jürgen (2004): „Künstliche Intelligenz“ / Hanser / München / S. 174

¹⁵ www.quarks.de/dyn/pics/12643-12827-2-kap6_1.jpg

Nachdem nun in stark verkürzter Darstellung die neurobiologischen Grundlagen eines Neuronalen Netzes erörtert wurden und wie und auf welchem Wege eine Softwaresimulation der neuronalen Matrix theoretisch realisierbar ist, kommen wir erstmals dazu, eine zentrale Frage zu formulieren:

Warum sollte man annehmen dürfen, dass eine Software - Simulation einer empirisch aus der Neurophysiologie deduzierten Lernregel (Hebb), eine adäquate Beschreibung eines Funktionsparameters einer biologischen Entität repräsentieren kann?

Stützt sich hier die KI nicht auf einen recht fragilen logischen Zusammenhang?

Diese Frage muss nach heutigem Forschungsstand weitgehend offen bleiben¹⁶. Um weitere Fortschritte zu erzielen, verlässt man sich daher zunehmend auf empirische Verifikation der verwendeten Arbeitshypothesen. Die neuen Modelle werden fast ausschließlich nach ihren Erfolgen bewertet. Die Ergebnisse solcher Simulationen lassen bereits heute sehr exakte Rückschlüsse darauf zu, wie ein Großteil der Information im menschlichen Gehirn tatsächlich verarbeitet wird. Gelingt es einem Algorithmus, in spezifischen Aufgaben, eine ebenbürtige Leistung zu erzielen, wie sein natürliches Vorbild, steigt die Wahrscheinlichkeit immens, dass man eine adäquate Kopie zum Lösungsweg der Natur gefunden hat.

Große Erfolge verzeichnet man mit KNN's etwa bei der Mustererkennung¹⁷, bei Klassifizierungsaufgaben, der Prognose der Entwicklungen komplexer Systeme¹⁸ oder bei der Steuerung von Expertensystemen¹⁹. Auch z.B. an der Börse²⁰ werden künstliche Neuronale Netze (KNN's) heute bereits sehr erfolgreich eingesetzt, hier kommt ihre Stärke bei der Erkennung iterativer interdependenter Muster der sog. Charttechnik²¹ zum Tragen, sowie ihre Fähigkeit autopoietisch ihre eigenen Lernvorgänge zu optimieren. Die Ergebnisse der KI übertreffen bereits in vielen Fällen die menschlichen Leistungen:

"Nach Schachgroßmeistern müssen nun auch Händler, Kaufleute und Broker um

¹⁶ vgl. Rojas, Raul (1993): „*Theorie der neuronalen Netze*“ / Springer-Verlag

¹⁷ <http://www.dfki.de/web/research/iupr.de.html>

¹⁸ vgl. Freisleben, Bernhard / Ripper, Klaus (1996): „*Ein neuronales Netz zur nichtlinearen Volatilitätsschätzung*“ / In: Proceedings of the 1996 Symposium on Operations Research / Braunschweig / Springer-Verlag / S. 233-238

¹⁹ vgl. Lämmel, Uwe / Cleve, Jürgen (2004): „*Künstliche Intelligenz*“ / Hanser / München

²⁰ http://de.moneybee.net/was_moneybee_ist.asp

²¹ http://www.chartinvestment.de/High_Quality_Links/Charttechnik/charttechnik.html

ihren Ruf fürchten. Denn wie es aussieht, verstehen sich Elektronengehirne einfach besser aufs Geschäft.(...)Forscher überprüften das Geschäftsgebaren von sechs menschlichen und sechs elektronischen Systemen in einem virtuellen Wirtschaftssystem.(...) In allen sechs durchgeführten Experimenten machten die Computer rund 20 Prozent mehr Gewinn als ihre menschlichen Kollegen.(...)Obwohl Jeffrey Kephart von IBM vermutet, dass zur Zeit noch gewiefte Händler die Computer ausspielen könnten, geht er davon aus, dass zukünftige Maschinen auf lange Sicht im Vorteil wären. Er meint, dass diese Entdeckung eine weitaus größere Tragweite besitzen könnte als der legendäre Sieg des Schachcomputers Deep Blue über Großmeister Gary Kasparov: "Die Bedeutung lasst sich vielleicht in Milliarden von Dollar jährlich messen."²²

KNN's sind allerdings auch in Form von Software bis heute noch lange nicht so komplex, schnell und leistungsfähig wie natürliche neuronale Netze (NNN), in separierbaren Aspekten von Intelligenz sind sie aber oft ebenbürtig und in spezifischen vorzugsweise mathematisch lösbaren Aufgaben, sind sie sogar meist wesentlich effizienter.

Wie steht es jedoch um die prinzipielle *Vergleichbarkeit* von KNN und NNN?

Ein *künstliches Neuron* benötigt stets eine feste Anzahl Parameter, um seine Funktionen ausüben zu können, diese wären:

- Eingabeinformation (externes zu verarbeitendes Signal)
- Propagierungsfunktion (die Relation der Gewichtung der Verbindungen / „Hebb“)
- Aktivierungsfunktion (errechnet Weitergabe des Signals anhand des Schwellwertes)
- Ausgabefunktion (ermittelt den Ausgabewert für nachfolgende Neuronen)
- Schwellwert (enthalten im lokalen „Speicher“ – ist für alle Berechnungen zentral)

Welche Parameter „definieren“ ein *biologisches Neuron*? – im Prinzip exakt die Gleichen.

Die materielle Basis eines biologischen Neurons ist naturgemäß grundverschieden von seinen technischen Simulationen. Ein Neuron besteht nicht nur aus Axon, Zellkörper und Dendriten, sondern seine Komplexität erstreckt sich noch hinab auf die Ebene der Nukleinsäuren, Neurotransmitter und Synapsen. Über die reine elektrochemische Ebene hinaus ist es plausibel anzunehmen, dass auch dort noch unerforschtes Terrain zur Komplexität der Funktionsweise eines Neurons beitragen wird, etwa Erkenntnisse aus der Quantenmechanik²³. Trotz der somit immensen Komplexität dieser biologischen Entität, die bis heute noch nicht erschöpfend beschrieben und verstanden ist, und so die Größe der Divergenz zwischen dem

²² "Mensch gegen Maschine", aus "*Spektrum der Wissenschaft -Online*" vom 12.8.2001

²³ Shimony, Abner (1997): „*On Mentality, Quantum Mechanics and the Actualization of Potentials*“ / in: Penrose, Roger: „*The Large, the Small and the Human Mind* / Cambridge / S. 144 – 160 /

natürlichem Vorbild und seiner technischen Simulation noch gar nicht final ermessend werden kann, kann über ein Faktum bereits heute Sicherheit herrschen:

„Die Neuronen verarbeiten Information, aber diese Verarbeitung ist analog, nicht digital.“²⁴

Über diesen Zusammenhang gibt es bislang keine Kontroverse – er stellt vielmehr das Fundament und die basale Sicherheit²⁵ von Neurophysiologie, Neuroinformatik und KI dar. Trotz fundamentaler Unterschiede in Aufbau und Funktionsweise, haben wir in dem Fakt der „Verarbeitung von Information“ sozusagen den „Minimalkonsens“ der beiden hier diskutierten Varianten von Neuronen. Die „*Weise*“ der *Verarbeitung* ist zwischen natürlichen und technischen Neuronen zumeist unterschiedlich – eben analog zu digital. Allerdings ist dies keine wirkliche „Hürde“ – denn bereits dadurch, dass man das analoge Verhalten der Neuronen technisch simuliert, lässt sich diese Kluft schließen.

Es ist zur korrekten Beschreibung jeglicher Verarbeitung von Information prinzipiell völlig unerheblich, auf welcher materiellen Basis er vollzogen wird. Allein relevant ist die *Weise* der Verarbeitung der Information selbst – dies muss man streng differenzieren von der Frage nach den *Mitteln* der Informationsverarbeitung.

Die Logik dieses Argumentes ist zentral, daher soll seine Tragweite verdeutlicht werden. Das Ergebnis einer Informationsverarbeitung ist *substratindifferent!*²⁶

Ob ein künstliches oder natürliches NN eine Berechnung wie etwa:

Quersumme 9999 anstellt, ist vergleichbar unerheblich für das Ergebnis, wie die Rechenmethode. Ob wir 4×9 rechnen, oder $9+9+9+9$, in beiden Fällen wird exakt 36 herauskommen.

Dies gilt für beliebige Komplexität von Rechenaufgaben oder Algorithmen, was z.B. auch prinzipiell daran ersichtlich ist, dass als elementare Rechenoperation eines Computers stets nur Addition oder Subtraktion benutzt werden, Division und Multiplikation werden durch geeignete mathematische Substitution realisiert.

Ein prinzipieller Unterschied besteht hingegen zwischen der *Parallelverarbeitung* einer

²⁴ Tse, Peter Ulric / Department of Psychological and Brain Sciences / in seiner Dankesrede anlässlich der Verleihung des „Metzger Preises“ auf der Dartmouth Konferenz – siehe: <http://www.dartmouth.edu/~psych/people/faculty/tse/TseDeutsch.doc>

²⁵ <http://www.unibw-muenchen.de/campus/ET1/Datenverarbeitung/Lehre/neuronal.html>

²⁶ vgl. etwa hierzu die Arbeiten der Systemtheoretiker Maturana und Varela - zb: Maturana, R.H. / Varela, F.J. (1987): „Der Baum der Erkenntnis: Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens“ / Scherz / Bern

Neuronenmatrix (natürlich oder simuliert) und der *sequentiellen Verarbeitungsweise* bislang genutzter klassischer Computer, nach der sog. „Von Neumann Architektur“²⁷.

Einzigste Ausnahme aus dem vorherrschenden Paradigma der sequentiellen Verarbeitung von Information bilden bislang die modernen Supercomputer²⁸, die sich ebenfalls bereits der sehr viel mächtigeren parallelen Verarbeitungsweise bedienen, was man durchaus als eine Adaption der Strategie von biologischer Informationsverarbeitung interpretieren kann.

Wir halten fest: Neuronen verarbeiten elektrochemische Signale – diese repräsentieren Informationen – *dies stellt Informationsverarbeitung dar* - und dies im Fall des menschlichen Gehirns, in milliardenfach paralleler Weise.

Die kursive Aussage, wird heute mehrheitlich als gesichertes Erkenntnis angesehen, dennoch gibt es ein breites Feld an Möglichkeiten dessen, was Neuronen zusätzlich leisten könnten.

Neuronen und Informationsverarbeitung zu korrelieren stellt somit keinen Reduktionismus²⁹ dar, wie oft kritisch angemerkt wird, sondern lediglich einen induktiven Ansatz. Es wird in keiner Weise ausgeschlossen, dass Neuronen auch mannigfaltige andere Prozesse oder Aufgaben erfüllen, aber die Verarbeitung von Information, ist zumindest eine bedeutende Untermenge dieser Prozesse, soviel ist verifizierbar.

Wir wollen diese Zusammenhänge als „vorläufiges Axiom“³⁰ sichern. Um einer differenzierten Hermeneutik standzuhalten, müssten wir für dieses „Axiom“ allerdings zunächst die Begriffe Neuron, und Informationsverarbeitung, separat definieren. Dies wird sukzessive im Verlauf dieser Arbeit an geeigneter Stelle geschehen, um gesagtes zu belegen. Es wäre die Hybris des Positivismus, wollte man Neuronen, oder das gesamte Gehirn auf dieses obige „Axiom“ reduzieren.³¹ Dies soll hier aber nicht im Mindesten getan werden. Vielmehr ist eine zentrale Gemeinsamkeit gefunden, die beide Systeme teilen, sowohl natürliche als auch simulierte Neuronen verarbeiten Information, unerheblich ob es mittels Substraten wie z.B. Neurotransmittern, Siliziumchips oder mittels Software bzw. Algorithmen realisiert wird. Ein so verhältnismäßig kleiner Berührungspunkt dieser beiden Systeme hat allerdings umso größere Folgen.

²⁷ <http://ei.cs.vt.edu/~history/VonNeumann.html>

²⁸ vgl. Kurzweil, Ray (1999): „*Homo S@piens*“, Kiepenheuer & Witsch, Köln, S. 169

²⁹ vgl. Churchland, Patricia Smith (1986): „*Neurophilosophy – Toward a Unified Science of the Mind-Brain*“ / Cambridge / Massachusetts

³⁰ die mathematischen Voraussetzungen für ein Axiom sind hier nicht hinreichend präzise erfüllt, denn es mangelt bislang an wirklich exakten Definitionen – daher wird der Begriff „Axiom“ hier metaphorisch verwendet – und durch die „“ kenntlich gemacht.

³¹ vgl. Penrose, Roger (1991): Computerdenken – „*Des Kaisers neue Kleider*“, oder die Debatte um Künstliche Intelligenz, Bewußtsein und die Gesetze der Natur, Übersetzung der englischen Original-Ausgabe "The Emperor's New Mind", Heidelberg

Der praktische bisher erzielte Erfolg, der aufgrund dieses Minimalkonsens beider differenter Systeme und Substrate beobachtet werden kann, hat bereits auf seinem heutigen Niveau die Erwartungen vieler involvierter und auch kritischer Wissenschaftler bei weitem übertroffen. Technische Simulationen genuin biologischer Fertigkeiten, können heute Schachweltmeister schlagen, Fußball spielen³², hohe Gewinne an der Börse erzielen³³, Rasen mähen und sprechen – die Frage erscheint berechtigt, was als nächstes³⁴ zu erwarten steht?

Wie findet ein KNN prinzipiell durch Berechnungen ein Ergebnis?

In der Informatik sind inzwischen viele verschiedene Formen von KNN's bekannt. Es gibt vorwärts verkettete KNN's, partiell rückgekoppelte³⁵ KNN's, selbstorganisierende KNN's, usw.

Ihnen allen gemein ist eine Eigenheit des Aufbaus. Die Art der Vernetzung und die Parameter der Neuronenfunktionen entscheiden über deren Schaltlogik und Rechenmethode.

Es bedarf ein wenig Abstraktionsvermögen, diese Regelmäßigkeit zu visualisieren. Wenn Neuronen kommunizieren, dann ist neben der Stärke des Signals auch die Ausbreitungsrichtung von Interesse. Auf welche Neuronen trifft das Signal zuerst, wie wird es weitergeleitet und wo findet Rückkopplung statt. In überschaubaren künstlichen Netzen kann man all dies recht genau definieren, auch wenn dies meist gar nicht notwendig bzw. erwünscht ist. Ein hoher Grad an Selbstorganisation ist in solchen komplexen Strukturen intendiert, insofern räumt man oft bewusst unkontrollierte Freiheitsgrade ein. In natürlichen Netzen liegt hier die Grundproblematik – sie sind viel zu komplex, um sie auch nur annähernd berechnen zu können. Die Problematik ist als sog. „kombinatorische Explosion“³⁶ in der Mathematik, in der Spieltheorie wie auch in der KI bekannt. Die Anzahl der Möglichkeiten potenziert sich mit jeder Iteration einer Funktion, vergleichbar mit der exorbitanten Zahl der Möglichkeiten von verschiedenen Zugfolgen beim Schach. Eine *komplette* Berechnung ist bei heutigem technischem Stand noch nicht möglich. Genau dies wäre aber notwendig, um eine komplette isomorphe Simulation bzw. eine Emulation eines natürlichen neuronalen Netzes zu leisten.

Daher versucht man bei der Simulation von NN's durch KNN's bislang nur *partielle*

³² <http://www.ihrt.tuwien.ac.at/firawm03/german/default.html>

³³ <http://www.eventus-traders.com/>

³⁴ vgl. Holland, John H. et al. (1994): „*When Will a Genetic Algorithm Outperform Hill Climbing*“ / In: „*Advances in Neural Information Processing Systems*“ / Volume 6. / Morgan Kaufmann

³⁵ Lämmel, Uwe / Cleve, Jürgen (2004): „*Künstliche Intelligenz*“ / Hanser / München / S. 253

³⁶ <http://www.cse.unsw.edu.au/~achim/Research/Philosophie/node15.html>

Leistungen nachzubilden. Das gesamte menschliche Gehirn zu simulieren ist hingegen eine Aufgabe, die sich aktuell noch im Stadium der Theorie befindet.³⁷

Wir wollen zunächst ein Beispiel einer partiellen Simulation ansehen, das Beispiel der „Mustererkennung“³⁸. Es findet heute bereits vielfach Anwendung, etwa bei Überwachungssystemen an Flughäfen, Texterkennungssoftware, Iris-scannern, etc. Ein KNN wird „trainiert“, etwa Buchstaben zu erkennen, sowie Zahlen, Gesichter, Fingerabdrücke, usw. – indem man es zunächst mit großen Quantitäten solcher Muster „füttert“, die es abarbeiten muss. Dabei werden automatisch jene Strukturen im KNN verstärkt, die der Repräsentation der „erlernten“ Muster entsprechen (Hebb).

Die Herausforderung besteht nun darin, dass über die geschilderte Vernetzung und die enthaltenen Schwellenwerte und deren Plastizität³⁹ im KNN, die dargebotenen Muster einen „bleibenden Eindruck“ im KNN erzeugen. Wenn etwa nach erfolgtem Erlernen der Muster von „Augenpartien“, die Erweiterung auf „Mundpartien“ erlernt werden soll, dann dürfen die neu erlernten Muster im KNN die alten nicht „überlagern“.

Diese gewünschte Eigenschaft wird als „Stabilität“⁴⁰ bezeichnet. Zwischen den beiden erwünschten Eigenschaften der Plastizität und Stabilität herrscht ein Dilemma, man kann oft nicht trennscharf zwischen einem neu erkannten Muster und einem „verrauschten“ alten Muster differenzieren. Um dieses Dilemma zu lösen, wurde die sog. „Adaptive Resonanz Theorie“ (ART)⁴¹ entwickelt, sie bietet hier einen Lösungsansatz. Über die Einführung eines „Ähnlichkeitsparameters“ werden die rezipierten Muster in „Klassen“ differenziert. In einem n-dimensionalen Vektorraum werden dann „Klassifikationsräume“ entlang jeweils eigener Koordinatenachsen abgebildet, anhand derer ein „ART“ Netz dann differenziert, speichert, selektiert und lernt. Zur Vertiefung dieser Thematik sei hier an die Fachliteratur verwiesen. Wie sieht etwa ein KNN zur Mustererkennung typischerweise aus?

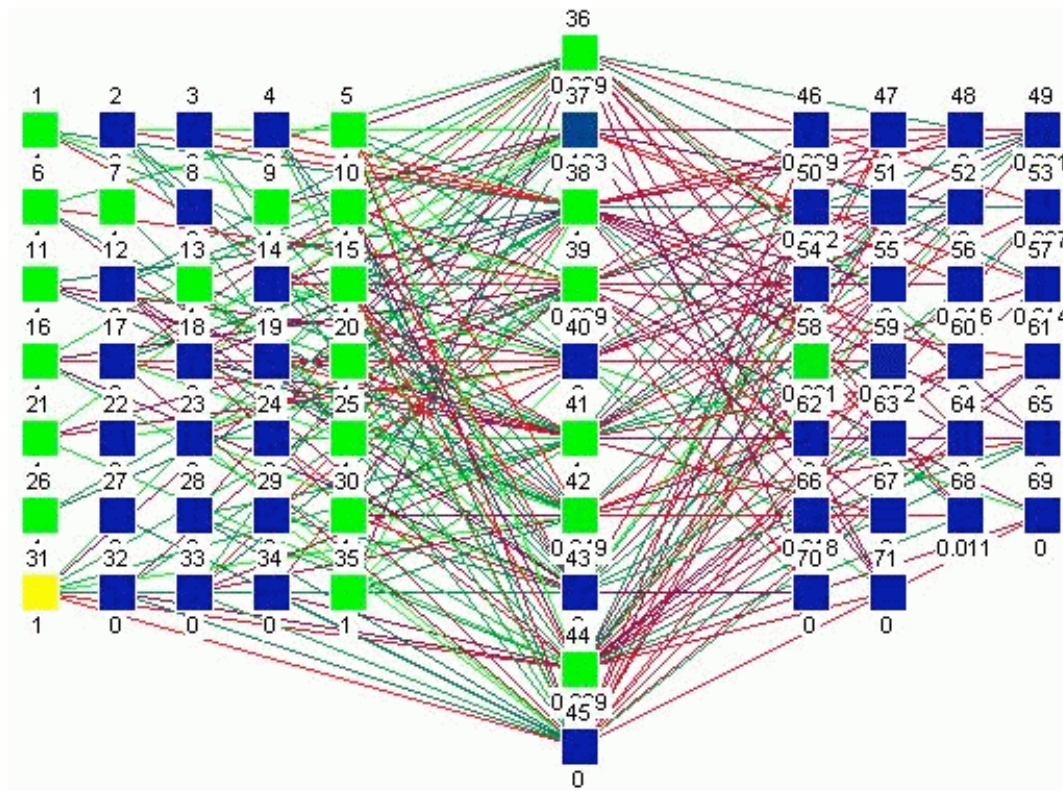
³⁷ Das Unternehmen IBM hat aktuell (2005) ein derartiges Projekt initiiert. Die Supercomputer „Blue Gene“ & „Blue Brain“ sind dazu konzipiert, das menschliche Gehirn zu simulieren. Allerdings ist die komplette Simulation nicht nur technisch anspruchsvoll sondern auch finanziell aufwändig. Es wird daher an einer distributiven Lösung zur Verteilung der Rechenlast auf multiple Prozessoren und Supercomputer gearbeitet.

³⁸ den aktuellsten Stand der deutschen Forschung im Fachgebiet Mustererkennung bzw. „Image Understanding and Pattern Recognition“ – kurz: **IUPR**, findet man bei dem Ableger <http://www.iupr.org/> des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz – DFKI – <http://www.dfki.de/web/index.de.html>

³⁹ Lämmel, Uwe / Cleve, Jürgen (2004): „*Künstliche Intelligenz*“ / Hanser / München / S. 253

⁴⁰ s.o. S. 253

⁴¹ s.o. S. 254



Dieses typische künstliche Neuronale Netz (KNN) zeigt die Anordnung allein zur Mustererkennung des Buchstabens „M“. Es zielt die Startseite der FH Landshut, und demonstriert die Komplexität der Vernetzung der an der Berechnung beteiligten Neuronen in deren Anordnungsschichten⁴²

Um die Fehlertoleranz eines KNN zu erhöhen, hat man eine „tolerante“ Logik implementiert. Muster dürfen auch „unscharf“ oder mehrdeutig sein und werden dennoch nicht einfach ignoriert, sondern „probeweise“ interpretiert. Man spricht hier von sog. „Fuzzy Logik“⁴³. Durch die *relationale* Verbindung aller einzelnen Feldwerte – etwa bei der OCR⁴⁴ - Zeichenerkennung – liegt die Stärke eines KNN gerade in der Fähigkeit der „Toleranz“. Das Prinzip basiert auf der sog. *Merkmalsextraktion*⁴⁵ – zur Definition eines *Merkmalsvektors*. Die Information wird aus der *gesamten* Auswertung aller *Korrelationen* aller Feldwerte ermittelt, dies macht das System plastisch, flexibel, fehlertolerant und damit auch lebensweltlich praxistauglich. Die Fuzzy Logik, diese relativ junge Disziplin der Informatik, beherrscht etwas sehr entscheidendes für jede neuronale Simulation. Informationen können zusätzlich zu den Werten 0 und 1 auch den Wert „sowohl als auch“ annehmen. Ist eine Information nicht eindeutig, so wird sie nicht verworfen, sondern mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zugeordnet, bzw. beiden möglichen Werten zugeordnet.

⁴² http://www.fh-landshut.de/~harasim/knn/knn_startseite.htm

⁴³ Lämmel, Uwe / Cleve, Jürgen (2004) „Künstliche Intelligenz“ / Hanser / München / S. 92

⁴⁴ http://www.sanskritreader.de/Inhalt/ocr_details_zeichenerkennung.htm

⁴⁵ www.ti.uni-bielefeld.de/html/people/froeben/talks/agti/merkmalsextraktion.pdf

Lange Zeit galt die Unfähigkeit logischer Schaltungen zu dieser mathematischen Operation als ein Ausschlusskriterium für deren Befähigung jemals annähernd das natürliche neuronale Substrat zu simulieren. Zur Mustererkennung etwa, beim Scan von Gesichtern⁴⁶ an z.B. einer Sicherheitsschleuse an Flughäfen, waren so Menschen stets KNN's bei weitem überlegen. Die unvermeidbare „Unschärfe“ der Bilder, deren Bewegung und die temporale Veränderlichkeit als Eigenschaft menschlicher Physiognomie (Bartwuchs, Hut bzw. Brille, etc...) waren bis dato geradezu unüberwindliche Hindernisse, für alle verfügbaren KNN Architekturen, die lediglich gespeicherte Datensätze mit den jeweils optisch präsenten abglichen.

Dies hat sich durch „ART-Netze“ (s.o.), „Fuzzy Logik“ und deren Weiterentwicklung⁴⁷ grundlegend gewandelt. Über redundante Feedbackschleifen, die Erfolg oder Misserfolg an die Bindungsintensität der Neuronen in einem KNN koppeln, kann Fehlertoleranz „trainiert“ werden.

Dabei wird das KNN mit jedem Durchlauf in einer Trainingsphase, auch bei Veränderung signifikanter Merkmale, wie etwa „Zielperson trägt Bart oder Hut“, stetig treffsicherer. „Unschärfe“ Information wird so „berechenbar“. Die Erkennungsrate solcher technischer Systeme liegt mittlerweile auch unter schwierigsten Bedingungen zwischen 95%⁴⁸ und 99%. Dies ist ein zumeist besserer Wert, als ihn biologische Systeme bei gleichem Schwierigkeitsgrad der Gesichtserkennung erreichen. Ein erster Teilerfolg des Forschungszweiges der Neuronalen Netze, in dem das natürliche Vorbild bereits technisch überflügelt wurde.

Dabei verfährt jedes KNN nach dem Vorbild der Natur, die all die genannten Lösungswege mittels der Evolution bereits seit Jahrmillionen in Natürlichen Neuronalen Netzen (NNN) „realisiert“ hat. Ingenieure der KI begrüßen dies, es wird gesagt man braucht nicht „*from scratch*“ KI zu entwerfen, sondern die „Vorlage der Natur“ muss nur adäquat technisch simuliert werden. Ingenieure und Fachleute der KI nennen dieses Verfahren „*reverse engineering*“⁴⁹.

Es gilt gemeinhin die Natur als ebenbürtig „kopiert“ wenn die Adaptionen das Original wenigstens gleichwertig simulieren. Für Aspekte von Fähigkeiten natürlicher Intelligenz gilt somit bereits heute – Intelligenz ist partiell simulierbar – sogar technisch zu übertreffen.

⁴⁶ <http://www.markus-hofmann.de/neuronal.html>

⁴⁷ vgl. Petry, Nikolaus (1999): „*Fuzzy Logik und neuronale Netze*“/ JurPC Web-Dok. 187/1999, Abs. 1 – 54

⁴⁸ <http://www.neuroinformatik.ruhr-uni-bochum.de/ini/ALL/PUBLICATIONS/IRINI/irinis98.html>

⁴⁹ http://www.edge.org/3rd_culture/biocomp05/biocomp05_index.html

Wir halten fest:

Aspekte der Arbeit von natürlichen Neuronen können mit *überzeugendem* Erfolg technisch simuliert werden. *Dazu ist es nicht notwendig*, natürliche Neuronen *vollständig zu verstehen*, oder vollständig zu simulieren.

Warum gelingt dies überhaupt und wie kann man diese Erfolge weiter perfektionieren?

Die Frage nach dem Prinzip der „*Informationsverarbeitung*“ von NNN's und KNN's, sowie Parallelen deren physikalisch grundlegender Arbeitsweise zu verdeutlichen, wird bei dem Versuch der Klärung dieser Frage in den folgenden Kapiteln ein zentrales Motiv sein.

„Informationsverarbeitung erfolgt durch Wechselwirkung vieler einfacher, uniformer Einheiten, die anregende und hemmende Signale an andere Einheiten schicken.“⁵⁰

So oder ähnlich naiv zirkulär lesen sich viele Versuche, das Rätsel der neuronalen Verarbeitung von Information einzugrenzen. Wir wollen uns dem annähern, indem wir zunächst weiter theoretische Vorarbeit leisten, um über den Weg der Mathematik und Physik einen präziseren Begriff von Information zu erlangen. Die moderne „Wissensgesellschaft“⁵¹ ist in hohem Maße geprägt vom Begriff der Information – ohne, dass bislang ein wirkliches Verständnis über die Dimensionen des Begriffes der Information in Reichweite wäre.

⁵⁰ http://www.geist-oder-materie.de/Informatik/KI/KI_Praxis/ki_praxis.html

⁵¹ <http://www.wissensgesellschaft.org/>

2.1.2 Was „macht“ Software „intelligent“?

„A possible world is as real, and only as real, as conscious observers, especially inside the world, think it is!“⁵²

Hans Moravec

Nachdem wir nun eine präzisierte Vorstellung davon haben, wie neuronale Netzwerke in Menschen - in natürlicher Form / und als Simulation - in künstlicher Form funktionieren, wollen wir hier nun speziell die *Software* der modernen KI selbst besser verstehen.

Dieses Prinzip soll dann mit theoretischen Mitteln in einen Abgleich zu den bislang denkbaren technischen Wegen der Realisation von Intelligenz gestellt werden.

Wir haben gesehen, dass bereits ein sehr stark abstrahierter Teil eines Verständnisses der Funktionsweise eines Neurons es gestattet, seine Tätigkeit in gewissen Aspekten zu simulieren. Die Arbeit der Softwareentwickler der KI ist darauf konzentriert, gerade diese Aspekte noch auszubauen. Die Hardware gestattet nicht oder nur sehr schwer die Anpassung von so multiplen Parametern, wie dies in der Disziplin der KI erforderlich ist. Software ist „plastischer“, um in der Terminologie der Neurophysiologen und KI Forscher zu sprechen.

„Es gilt heute als gesichert, dass auf höheren Verarbeitungsstufen die Effektivität neuronaler Verbindungen während des gesamten Lebens modifizierbar bleibt.“⁵³

Gibt es berechtigte Gründe anzunehmen, dass die erwünschte Anpassung der Technologie an diese Plastizität der Biologie gelingt? – Mit welchem Ziel wird dabei gearbeitet?

Die Vision der Entwickler von KI Software ist eine „intelligente“ Maschine.

Dabei wäre jedoch zunächst die Frage zu klären was *Intelligenz* denn eigentlich ist - oder *ab wann* wir von ihrer erfolgreichen Simulation sprechen wollen. Es existiert nach vorherrschender Meinung keine klare Grenze zwischen intelligentem und nicht intelligentem System. Hofstadter bemerkt dazu:

„Niemand weiß, wo die Grenze zwischen nichtintelligentem Verhalten und intelligentem Verhalten liegt; wahrscheinlich ist es sogar töricht zu sagen, dass eine scharfe Grenze existiert.“⁵⁴

⁵²

<http://www.frc.ri.cmu.edu/~hpm/project.archive/general.articles/1998/SimConEx.98.html>

⁵³ Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn*“ / Suhrkamp / FFM / S. 140

⁵⁴ Hofstadter, Douglas R. (1999): „*Gödel, Escher, Bach*“ / dtv / München / S. 29

Es stehen uns bislang nur praktische Definitionen als Zwischenziele der Realisation einer umfassenden Definition zur Verfügung. Wenn man sich mit der „intelligenten“ Maschine unterhalten könnte, und diese würde „klug“ antworten, dann wäre dies in den Augen vieler Skeptiker ein überzeugender Beweis. Dieses Ziel jedoch liegt jedoch in seiner Realisation viel näher als vermutet und es greift höchst wahrscheinlich in seinen Ansprüchen sogar noch zu kurz.

Etwa ein leistungsfähiges Spracherkennungsprogramm, zur Erkennung von Phonemen⁵⁵, Worten, Sätzen, Syntax und Semantik – ist heute bereits in der Lage zu „intelligenten“ Antworten. Die KI namens „Ramona“⁵⁶ z.B., ist ein in vieler Hinsicht gebildeter und sogar witziger Gesprächspartner (testen Sie bitte selbst unter voran stehendem Link), würden wir aber deswegen dieser Sammlung sehr beeindruckend korrelierter Algorithmen bereits das Prädikat „intelligent“ verleihen? Die Frage hat letztlich philosophische Dimension.

Wir wollen uns zunächst durch Anwendungsbeispiele den softwaretechnischen Möglichkeiten der Simulation von „Aspekten“ von „Intelligenz“ nähern:

Das amerikanische FBI hat mit immensen finanziellen Anstrengungen ein Programm initiiert, das unter dem Namen „Carnivore“⁵⁷ bekannt geworden ist. Es erregte internationales Aufsehen, weil diese Software so leistungstark war, dass sie Millionen E-Mails gleichzeitig auslesen und auswerten konnte, um verdächtige Inhalte die Sicherheit des Landes betreffend, zu melden. Bezeichnenderweise heißt Carnivore übersetzt „Fleischfresser“. Neuesten Meldungen zufolge, wurde das Projekt gestoppt⁵⁸, ob dies geschah, aufgrund ethischer Erwägungen gegenüber der Persönlichkeitsrechte der Bürger die protestierten, oder schlicht, weil die Software nun durch ein effizienteres Update ersetzt wird, dies hat das FBI bis dato noch nicht publiziert.

Solche Projekte der Texterkennung, oder der Gesichtserkennung⁵⁹ - wie weiter oben bereits erwähnt - sind staatlich finanziert aufgrund konkreten praktischen Nutzens, der sicherlich auch streitbar ist. Das immense heute bereits realisierte Potential solcher Software wird aber sehr gut deutlich an ihrem bereits realisierten Erfolg.

Viele privat finanzierte Projekte weisen sogar noch bessere Ergebnisse auf, was Effizienz und Leistungsstärke ihrer Software angeht, man denke etwa an „Graig Venter“ mit seiner Firma

⁵⁵ <http://www.sil.org/linguistics/GlossaryOfLinguisticTerms/WhatIsAPhoneme.htm>

⁵⁶ <http://www.kurzweilai.net/index.html?flash=1>

⁵⁷ <http://kai.iks-jena.de/miniwahr/carnivore.html>

⁵⁸ <http://www.heise.de/newsticker/meldung/55174>

⁵⁹ <http://www.de.nec.de/productdetail.php/id/1071>

„Celera Genomics“⁶⁰, und der Entschlüsselung der humanen DNA durch „intelligente“ Algorithmen und fortschrittliche Hardware DNA-Sequenzierungsapparaturen. Auch wenn der Erfolg der reinen Entschlüsselung zu Unrecht als der entscheidende Meilenstein der Genforschung gefeiert wurde, war er doch der bedeutende und notwendige Durchbruch zum großflächig angelegten Einsatz von Computern bei der Arbeit mit Genen. Die wirkliche Herausforderung hat heute erst begonnen, mit der Erforschung der sog. „*Faltungsstruktur*“⁶¹ der Proteine, die sich in der nächsten Komplexitätsstufe nach der Translation der DNS in Aminosäuren ergeben. Die Stanford Universität hat zu dieser enormen Aufgabe des sog. „*Protein Folding*“⁶², ein weltweites Forschungsprojekt⁶³ initiiert, dass die Methode des bereits angesprochenen „*distributed computing*“ nutzt. In ihrer FAQ Seite geht die Stanford Uni auf die Frage ein, warum man nicht einfach einen Supercomputer benutzt, statt der vielen Millionen Heimrechner von Privatanutzern – die Antwort lautet:

„*Why not just use a supercomputer?* Modern supercomputers are essentially clusters of hundreds of processors linked by fast networking. The speed of these processors is comparable to (and often slower than) those found in PCs! Thus, if an algorithm (like ours) does not need the fast networking, it will run just as fast on a supercluster as a supercomputer. However, our application needs not the hundreds of processors found in modern supercomputers, but *hundreds of thousands* of processors. Hence, the calculations performed on Folding@Home *would not be possible by any other means!* Moreover, even if we were given exclusive access to all of the supercomputers in the world, we would still have fewer cycles than we do with the Folding@Home cluster! This is possible since PC processors are now very fast and there are hundreds of millions of PCs sitting idle in the world.“⁶⁴

Es zeigt sich also, dass für diese Aufgabe einmal mehr, die Parallelisierung auf *hunderttausende Prozessoren* der einzige gangbare Weg zur Lösung der Aufgabe darstellt. Der Weg führt also über die Imitation der hochgradig parallelen Verarbeitung wie sie auch

⁶⁰ <http://www.celera.com/>

⁶¹ vgl. Drenth, J. (1994): „*Principles of Protein X-ray Crystallography*“/ Springer Verlag

⁶² <http://folding.stanford.edu/>

⁶³ Die Möglichkeiten zur unterschiedlichen dreidimensionalen Faltung der Proteine sind exorbitant groß aber unabdingbar für ihre Funktion zugleich. Das Chlorophyll Molekül etwa funktioniert nur genau dann, wenn seine Mangan und Sauerstoffatome in einer exakten dreidimensionalen geometrischen Anordnung zueinander stehen. Mehrere Gruppen Wissenschaftler am Max Planck Institut für Bioanorganische Chemie in Mühlheim an der Ruhr haben über Jahre hinweg an dieser Aufgabe gearbeitet, und die Lösung erst mittels enorm leistungsfähiger Computer in 2006 gefunden. Siehe dazu: <http://www.n-tv.de/728435.html>

⁶⁴ <http://folding.stanford.edu/faq.html#project.supercomputer> (Hervorhebung nicht im Original)

das biologische Gehirn aufweist. Es ist jeder dazu eingeladen mitzumachen, den entsprechenden „Client“ kann man bei der genannten Seite kostenlos downloaden und er beansprucht lediglich als „Bildschirmschoner“ jene Rechenkapazität, die sonst „brachliegen“ würde. Die spannenden Fragen sind jedoch: Wie lange wird es wirklich dauern, bis man komplexe Moleküle technisch falten kann? Und wer hat das Eigentum an dem Wissen um diese Technik?

Dass sich aus solcherlei Entwicklungen in unmittelbarer Zukunft enorm brisantes politisches Material ergeben wird, gilt als sehr wahrscheinlich – und wird thematisch im Punkt 4.1.2 des Kapitels über politische und soziale Implikationen der KI aufgegriffen.

Was aber ist an solchen Softwareprojekten „intelligent“? – Welcher Begriff von Intelligenz schwebt Softwareingenieuren bei ihrer Arbeit vor? – Die Antwort ist bislang ernüchternd: *Eine allgemeine Definition für "Intelligenz" als solche gibt es nicht.*

Für "Intelligenz" gibt es bislang keine universal gültige Definition oder Messmethode. Es werden damit allgemein die kognitiven und psychischen Fähigkeiten eines Menschen bezeichnet. Dazu gehören unter anderem:

- Konzentration
- Vorstellung
- Gedächtnis
- Denken
- Lernen
- Sprache
- Fähigkeit zum Umgang mit Zahlen und Symbolen⁶⁵

Diese Umschreibung natürlicher Intelligenz stammt aus dem Bereich der Medizin, eine Umschreibung zu künstlicher Intelligenz aus der Informatik klingt z.B. so:

„Artificial Intelligence is the study of ideas which enable computers to do things, that make people seem intelligent. [...] The central goals of Artificial Intelligence are to make computers more useful and to understand the principles which make intelligence possible.“⁶⁶

Was haben insofern KI und natürliche Intelligenz gemeinsam?

Es wurde eine relativ hilfreiche Abstufung unter anderem von Roger Penrose vorgeschlagen,

⁶⁵ http://www.medizinfo.de/kopfundseele/alzheimer/intelligenz_definition.shtml

⁶⁶ <http://www.iicm.edu/greif/node5.html>

um KI differenzierter zu betrachten. Man kann sog. „Starke und schwache KI“ unterscheiden. Diese Einteilung macht zugleich auf einen weiteren wichtigen Punkt aufmerksam, nämlich die Frage nach der Berechenbarkeit. Penrose nennt vier Standpunkte bzw.

Grundauffassungen, die bezüglich der KI möglich sind:

A. Alles Denken ist Berechnung; insbesondere wird der Eindruck, etwas bewußt wahrzunehmen, schon durch die Ausführung geeigneter Berechnungen geweckt.

B. Bewußtsein ist eine Eigenschaft physikalischer Vorgänge im Gehirn. Zwar läßt sich jeder tatsächliche Prozeß rechnerisch simulieren, aber eine Computersimulation allein schafft kein Bewußtsein.

C. Es gibt im Gehirn physikalische Prozesse, die zu Bewußtsein führen, aber sie lassen sich rechnerisch nicht angemessen simulieren. Die Simulation dieser physikalischen Vorgänge erfordert eine neue Physik.

D. Bewußtsein läßt sich überhaupt nicht wissenschaftlich erklären, weder in der Sprache der Physik noch in der Sprache der Computer.⁶⁷

Jede dieser Vier Grundhaltungen gegenüber KI hat zahlreiche Fürsprecher, und es gibt wohl erwogene Argumente für und gegen jede dieser denkbaren Positionen. Wir werden uns im Bewusstsein halten, dass diese Unterteilung existiert, aber zugleich auch, dass keine Haltung bislang experimentell vor den anderen eine Sonderstellung einnehmen kann. Die Unterteilung in starke und schwache KI, macht es ein wenig einfacher, denn nach dieser Auffassung, kann starke KI den menschlichen Geist „umfassend“ technisch nachbilden, die schwache KI kann alles nachahmen bis auf die dem Menschen vorbehaltene Domäne der Erfahrung von echten „Qualia“⁶⁸.

Ein Pionier der Computerforschung und der KI hat einmal einen nach ihm benannten Test vorgeschlagen, der ob seiner Publizität noch heute gerne als „mögliches Ziel“ einer Forschung der Entwicklung zu Software der KI angegeben wird – der *Turing Test*.⁶⁹

Dabei geht es wesentlich darum, dass ein zuvor benannter „Richter“ einen Dialog von zwei verborgenen Gesprächspartnern mithört, und anhand des Gehörten allein entscheiden soll, auf

⁶⁷ Penrose, Roger (1995): „*Schatten des Geistes – Wege zu einer neuen Physik des Bewußtseins*“ / Übersetzung der englischen Originalausgabe - „*Shadows of the Mind*“/ Heidelberg / S. 171

⁶⁸ vgl. Churchland, Paul M. (1988): „*Matter and Consciousness: A Contemporary Introduction to the Philosophy of Mind*“ / MIT Press

⁶⁹ Wiener, Oswald (1998): „*Eine elementare Einführung in die Theorie der Turingmaschinen*“ / Springer / Wien – oder siehe dazu auch online: <http://plato.stanford.edu/entries/turing-test/>

welcher Seite des Dialogs sich der artifizielle Gesprächspartner verbirgt und auf welcher Seite der echte menschliche. Gelingt ihm das nicht, dann hat der „artifizielle Proband“ den Turingtest bestanden. Alan Turing wurde nicht nur durch seinen Test berühmt, den bis dato noch keine KI zur völligen Zufriedenheit bestanden hat, sondern auch durch seinen Entwurf einer universalen Turingmaschine⁷⁰, bevor der erste Computer tatsächlich physisch existierte. Eine universale Turingmaschine ist laut Definition in der Lage, eine Beschreibung *von sich selbst anzufertigen* und sich selbst zu simulieren bzw. sich selbst zu replizieren.

In expliziter Lesart muss man also konstatieren, dass Turing eine *autopoietische* Turingmaschine intendiert hat. (*autopoietische Selbstreplikation ist übrigens zugleich die das erklärte Ziel der jüngsten Fortschritte der Nanotechnik*⁷¹)

Diese visionäre Formulierung legte Alan Turing bereits 1936⁷² in einer zu ihrer Veröffentlichung als revolutionär bezeichneten Arbeit der Fachwelt vor, seitdem beflügelt seine Vision Generationen von Programmierern. Allerdings hat sich seither über die möglichen Wege zur Realisation der KI ein gewisser Dissens ergeben. Verschiedene Lager der Fachwelt favorisieren zwei elementar divergierende Lösungsansätze, die wir im Fortgang näher untersuchen wollen:

- *Top Down* (Herangehensweise an KI erfolgt deduktiv)
- *Bottom Up* (Herangehensweise an KI erfolgt induktiv)

In den Top Down Ansätzen wird von allgemeinen Prinzipien ausgegangen, und Algorithmen werden konzipiert, um aus diesen vorab definierten „Axiomen“ Intelligentes Verhalten zu „deduzieren“. Diese Methode wird auch als der klassische symbolistische Ansatz der KI bezeichnet.

In den Bottom Up Ansätzen geht man vom Einfachen und Speziellen aus, z.B. einem einzelnen Neuron. Die entsprechenden Algorithmen setzen eine Entwicklungsfähigkeit in Software um. Ein Computer mit einem solchen Programm kann so selbst „induktiv“ von speziellen zu allgemeinen „Erkenntnissen“ gelangen, die zuvor nicht „programmiert“ werden müssen, indem etwa neues Wissen aus der Umwelt gewonnen wird. Forscher haben so z.B. einer Software beigebracht, selbst die Grammatik von Sprachen zu erlernen, anhand selbst

⁷⁰ Weizenbaum, Joseph (1978): „*Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft*“ / Suhrkamp / Frankfurt am Main / S. 92

⁷¹ <http://www.foresight.org/>

⁷² <http://www.turing.org.uk/philosophy/lecture1.html>

erzeugter statistischer Muster, ohne dafür einen Lehrer zu benötigen.⁷³ Es bleibt festzuhalten, dass nicht die Hardware heute den elementar begrenzenden Faktor darstellt, sondern die Software selbst. Hier liegt die größte Herausforderung und das größte Potential zugleich:

„For computers to become smarter than us is not really a hardware problem; it's more a software issue. Software evolves much more slowly than hardware, and indeed much current software seems to be designed to junk up the beautiful machines that we build. The situation is like the Cambrian explosion, a rapid increase in the power of hardware. Who is smarter, humans or computers, is a question that will get sorted out some million years hence, maybe; maybe sooner.“⁷⁴

⁷³ <http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/102/33/11629>

⁷⁴ Lloyd, Seth – Professor am MIT – im Interview mit „Edge.org“ – einem renommierten Denkerzirkel – siehe auch: http://www.edge.org/3rd_culture/lloyd06/lloyd06_index.html

2.1.3 Bottom Up vs. Top Down Modelle und Rechenexempel

*„Alles ist einfacher als man denken kann,
zugleich verschränkter,
als zu begreifen ist.“⁷⁵*

Goethe

In dieser scheinbar trivialen Differenzierung liegt in der modernen KI Forschung ein ganzes Paradigma des Verständnisses der Simulation von Intelligenz. Der *Top Down* Ansatz geht von der Annahme aus, die menschliche Intelligenz beruht auf dem Vermögen, die Komplexität der rezipierten Information, dadurch adäquat zu „verarbeiten“, dass die menschliche Physiologie mit ebensolcher Komplexität wie die durch sie zu verarbeitende Information beschaffen ist.

Kurz: Komplexität muss zur Verarbeitung reduziert werden, doch dazu muss die Komplexität zunächst bewältigt werden – daher ist das menschliche Hirn komplex.

Der Begriff der Komplexität erhält in diesem Kontext einen zentralen Stellenwert.

Der *Bottom Up* Ansatz hingegen, macht eine inverse Grundannahme. Die rezipierte Komplexität wird dadurch verarbeitet, dass sie *nicht* auf komplexe Strukturen trifft, sondern quasi per Simplizität der resorbierenden Struktur bereits herabskaliert wird.

Wobei Skalierung hier im rein mathematischen Sinne benutzt wird, dass also eine Größe sich proportional verändert bei Erhaltung der strukturellen Eigenschaften. Komplexität wird also durch die Verarbeitung des Gehirns modellhaft hier reduziert, weil durch die „Filterung“ der Struktur des Gehirns nur „einfache“ Informationen - mit reduzierter Komplexität – hindurch „prozessiert“ werden können. Das Gehirn fungiert bildhaft als ein „Sieb“.

Mathematisch liegt diesem Prozess die Überlegung zu Grunde, dass Komplexität durch wiederholte Rekursion⁷⁶ auf einfachste Strukturen erzeugt werden kann. Information die also sehr oft durch Iteration auf sich selbst zurückwirkt, so dass schließlich „komplex wirkende“ Information resultiert. Die Summe der Komplexität des ganzen Systems ist / erscheint komplexer als die Teilsummen der Komponenten.

Wir werden noch öfter auf Prozesse der „Skalierung“ zurückkommen.

⁷⁵ Goethe, Johann Wolfgang / II. Abtlg. Bd 11 / „Über die Naturwissenschaften im Allgemeinen, einzelne Betrachtungen und Aphorismen“ / Weimarer Sophien Ausgabe

⁷⁶ Hofstadter, Douglas R. (1999): „Gödel, Escher, Bach“ / dtv / München / S. 161

Diese Beobachtung wird gemeinhin auch mit dem Schlagwort „Emergenz“⁷⁷ bezeichnet. Standardbeispiel der Systemtheoretiker ist etwa eine Uhr, die zwar nur aus Zahnrädern besteht, aber als emergente Eigenschaft die „Zeit“ anzuzeigen vermag.

Ein weiteres Beispiel ist der binäre Code der Informatik, der den denkbar effizientesten Modus von Komplexitätsreduktion darstellt – jede erdenklich komplexe Sequenz von Information – Bilder, Musik, Texte, Filme – alle digitalisierte Information, basiert lediglich auf einer Folge von „0 und 1“ – auch wenn diese Folgen zuweilen recht lang sind.

Ein Bild, ein Text oder ein Video auf einem Computerbildschirm, kann somit als emergente Eigenschaft der auf der Festplatte magnetooptisch codierten Information aus Myriaden Nullen und Einsen interpretiert werden.

Ebenso kann beispielhaft die menschliche neuronale Architektur herangezogen werden: die stets gleiche Zelle - das Neuron⁷⁸ - mit nahezu identischer Ausstattung an Organellen etc. wird ca. 100.000.000.000 (100 Milliarden) – fach iteriert. Es resultiert offenbar aus der Kooperation von sehr vielen „einfachen“ Einheiten das Zusammenspiel des sehr „komplexen“ Konglomerats „Gehirn“. Das singuläre Neuron ist dabei systemisch ähnlich „einfach“ wie eine physikalisch codierte 0 oder 1 auf einer Festplatte, auch wenn ein Neuron eine viel komplexere Substruktur besitzt als ein Datenbit. Die relevante Komplexität steckt in beiden Fällen jedoch in der *Metastruktur*, nicht in der Substruktur. Es emergiert „Intelligenz“ und Information – sowohl aus dem binären Code als auch aus dem Neuronen Konglomerat. Streiten lässt sich nicht über dies Faktum, sondern allein über deren graduelle Qualität. Komplexität und Emergenz sind somit als Phänomene eng verwoben und interdependent. Moderne Software zur Simulation von neuronalen Aktivitäten versucht heute den Effekt der Emergenz zu nutzen – hierzu ein Zitat aus der Neurophysiologie:

„Das Gehirn des Menschen unterscheidet sich von den Gehirnen anderer Säugetiere lediglich durch die gewaltige Zunahme des Volumens der Großhirnrinde und der mit ihr in Beziehung stehenden Strukturen. Selbst die Binnenorganisation der Großhirnrinde wurde seit ihrem ersten Auftreten im Wesentlichen beibehalten. Dies weist darauf hin, dass in der Hirnrinde pluripotente Verarbeitungsalgorithmen realisiert sind, die für eine Vielzahl verschiedener Funktionen verwendet werden können und deren Iteration allein zur

⁷⁷ vgl. Fliedner, Dietrich (1999): *„Komplexität und Emergenz in Gesellschaft und Natur“*. Frankfurt/Main; Berlin; Bern; Brüssel; New York : Europäischer Verlag der Wissenschaften Peter Lang GmbH

⁷⁸ Neuronen treten in verschiedenen Typen auf, die unterschiedliche Merkmale tragen. Die zahlenmäßige Majorität gleicht sich jedoch in nahezu isomorpher Weise. Vgl. dazu: Roth, Gerhard (2003): *„Fühlen, Denken, Handeln – Wie das Gehirn unser Verhalten steuert“* / Suhrkamp / FFM

Emergenz qualitativ neuer Leistungen führen kann.“⁷⁹

Die Struktur zur Verarbeitung von Komplexität soll der Annahme zur Folge auf basaler Ebene hochgradig *einfach* sein – die idealisierte Version ist *ein einziger zentraler mächtiger Algorithmus*⁸⁰ der alle Einzelleistungen von Intelligenz inkorporiert. Der sog. „*universal neural algorithm*“ wird inzwischen jedoch kritisch betrachtet, und man vermutet ihn nicht länger auf Ebene der Neuronen zu finden, sondern in ihrer Substruktur. Diese werden wir später noch detailliert beleuchten unter dem Aspekt der Quantenaspekte der neuronalen Funktionen in Kapitel 3.2.3 und 3.2.4.

Durch eine basale neuronale Funktion wird laut Modell die eintreffende Information bereits bei der Rezeption herab transformiert, so argumentiert die Bottom Up Theorie⁸¹, und die Transformation selbst stellt somit bereits eine Informationsverarbeitung dar. Die Skalierung der Komplexität der eintreffenden Information ist der „Dreh & Angelpunkt“ der Simulation von Intelligenz.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Bottom Up Variante ist deren „zeitlichen Ordnung“ und die Weise der Erzeugung von Komplexität. Es wird so respektiert, dass man sich dem Ziel der „Intelligenz“ zwar annähern kann, aber offenbar leichter sukzessive in einer konformen Weise zur evolutionären natürlichen Lösung, statt durch einen gewaltigen Schritt in kürzester Zeit durch schiere technische Rechenkraft, bei gleichzeitiger Missachtung der temporalen Ordnung der Evolution – wie der Top Down Ansatz dies versucht.

Der eine Weg ist dabei bildhaft etwa die „Dampfhammer-Methode“ – der andere Weg hingegen ist eher mit der „Uhrmacher-Methode“ vergleichbar.

Welche wissenschaftliche Herangehensweise resultierte nun bislang aus diesen fundamentalen Überlegungen?

Die Vertreter der Top Down These konstruieren Maschinen, die menschliche Intelligenz dadurch zu simulieren versuchen, dass sie sehr komplexe Algorithmen entwerfen, um etwa Fertigkeiten wie Speicherung, Verarbeitung und Ausgabe von Information in Hard- und Software zu implementieren – die durch Rechenkraft und geeignete Architektur zum Ziel führen sollen. Dabei wird fundamental auf eine Kraft gesetzt, die eine Maschine bislang als einzige dem Menschen voraus hat – die *Geschwindigkeit* der Verarbeitung. Hierin liegt zugleich die Chance aber auch das Problem der Technologie, bei der Simulation von

⁷⁹ Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn*“ / Suhrkamp / FFM / S. 146

⁸⁰ http://www.scientific-computing.com/scwmarapr03review_neurosolutions.html

⁸¹ Komplexität erreicht man auch mit der milliardenfachen Iteration einfachster Strukturen ohne „Vermessenheit“, durch den Effekt der Emergenz, bzw. –den “Bottom UP” Ansatz.

Intelligenz. Es reicht für viele Aufgaben nicht aus „nur“ schnell zu sein – diese Methode wird daher heute oft auch ein wenig despektierlich „*brute force*“⁸² benannt.

Zur Dechiffrierung von Codes, zur Berechnung von Primzahlen oder auch zu statistischen Kalkulationen etwa, ist dieser Ansatz jedoch bis heute sehr gut geeignet und weit verbreitet. Alle heutigen PC's, die handelsüblich verkauft werden, beruhen auf diesem Konzept. Man kann es das Paradigma der Computer Pioniere nennen – Komplexität wird durch hohe Geschwindigkeit der Verarbeitung beantwortet. Im Angelsächsischen Sprachraum wird zur Veranschaulichung dieses Verhältnisses oft der Computer als „*Number Cruncher*“ tituiert. Es ist aber in klassischen Top Down - von Neumann⁸³ – Computern - lediglich ein Prozessor, eine Datenverarbeitungseinheit (CPU = Central Processing Unit) mit aller Arbeit allein beschäftigt, wenn diese Prozessoreinheiten auch heutzutage (2005) beachtliche ca. 4 - 5 GHZ Taktfrequenz leisten. Der Strategie immer weiter zu folgen, würde also verlangen, diesen singulären Prozessor zu immer höheren Frequenzen zu treiben. Dies wird praktisch auch verfolgt, mit teilweise drastischen Methoden, etwa in dem man den Prozessor mit flüssigem Stickstoff auf ca. -196 °C kühlt, damit er nicht schmilzt oder durchbrennt, um extreme Frequenzen und somit Performance zu realisieren. In einzelnen als Versuch zu wertenden Tests, wurden so bereits bis zu 7GHZ⁸⁴ mit einem einzelnen handelsüblichen Prozessor realisiert – der „normal“ lediglich 3,8 GHZ leistet. Die oft befürchtete „Grenze des Machbaren“ bleibt also offensichtlich allen „Unkenrufen“ zum Trotz nach oben hin offen. Auch der Schachweltmeister Kasparov, wurde in dem legendären Spiel gegen „Deep Blue“⁸⁵ von IBM von diesem Paradigma der Prozessorarchitektur geschlagen. Womit ein zweites Beispiel genannt wird, in dem Technologie Aspekte menschlicher Intelligenz durch Simulation des natürlichen Vorbilds überflügelt. Das erste Beispiel war weiter oben die Mustererkennung z.B. bei Gesichtserkennungs KNN's an Flughäfen o.ä.

Was ist an diesem Paradigma also verbesserungswürdig – bei nachweislichen Erfolgen?

Die hier gezeigte *Strategie* der Simulation des natürlichen Vorbildes berücksichtigt nicht die „Weise“ bzw. die „temporale Ordnung“⁸⁶ der Informationsverarbeitung – sondern lediglich deren numerische Parameter. Das ist ein sehr gravierender Faktor, vergleichbar so elementar

⁸² <http://www.netzwelt.de/lexikon/Brute-Force-Methode.html>

⁸³ vgl. von Neumann, John (1991): „*Die Rechenmaschine und das Gehirn*“ / Oldenbourg

⁸⁴ <http://www.golem.de/0508/39814.html>

⁸⁵ <http://www.academicchess.com/Focus/DeepBlue/Deepbluebiomatch.shtml>

⁸⁶ vgl. Singer, Wolf (1994): „*Putative functions of temporal correlations in neocortical processing*“ / in: C. Koch, J. L. Davis (Hrsg.), *Large Scale Neuronal Theories of the Brain*, Cambridge, Mass. 1994a, S. 201 - 237

entscheidend, als sollte man wählen, eine 100 stellige Primzahl mit dem Taschenrechner oder mit einem Abakus zu zerlegen. Wir wollen daher diesem Unterschied ein wenig nähere Beachtung schenken.

Ein einzelner Prozessor kann mit nahezu beliebiger Geschwindigkeit Daten verarbeiten – er könnte mit 10 GHZ, mit 100 GHZ oder mit 10.000 Gigahertz getaktet sein, er kann dadurch jedoch die strukturell fehlende Äquivalenz von *massiv parallel verarbeitenden Milliarden von Einheiten* prinzipiell kaum jemals⁸⁷ kompensieren, auch wenn diese Parallelprozessoren vergleichsweise sehr langsam arbeiten, gegenüber extrem übertakteten singulären Prozessoren. Das hat einfache mathematische und pragmatische Gründe:

In einem Netzwerk von Prozessoren, können Aufgaben *arbeitsteilig* erledigt werden. Ein einzelner Prozessor muss hingegen *sequentiell* alle Aufgaben nacheinander abarbeiten. Die Arbeitsteilung ist seit Henry Ford ihrer Effizienzsteigerung wegen berühmt, denn zum Schluß der Einzelaufgaben, die man an Spezialisten delegieren kann, werden die Einzelprodukte nur noch zusammengefügt. So ist eine gewisse Mindestgröße z.B. einer Manufaktur für Automobile optimal für den Arbeitsteilungsprozeß, denn zumindest benötigt man je einen Spezialisten für jedes Werkstück plus einen Endmonteur. Möchte man die Effizienz erhöhen, so erhöht man die Zahl der parallel ausgeführten gleichen Arbeitsschritte, so dass schließlich die Zahl der Endprodukte steigt – man würde aber nicht noch einmal eine ganze zweite Fabrik bauen, wenn sich billiger die ersten Hallen erweitern lassen, denn man spart an Infrastruktur, Verwaltung, Logistik etc. beträchtliche Summen ein. Aus den gleichen pragmatischen Gründen ist ein Netzwerk von Prozessoren so viel leistungsfähiger, als ein enorm starker Einzelprozessor, 2 Schiffsschrauben effizienter als eine gigantische Schraube, 4 Turbinen an einem Passagierflugzeug zuverlässiger als eine einzige Große Turbine, ein 12 Zylinder Verbrennungsmotor mit 6 Litern Hubraum praktikabler als ein 2 Zylinder mit je 3 Litern, und 100 Milliarden Neuronen besser als ein einzelnes „dickliches Meganeuron“.

Die intendierte „Übertreibung“ dient allein der Verdeutlichung des Arguments.

Effizienz und Störungssicherheit sind die Kernfaktoren bei der Steigerung von Leistung, in der Natur genauso wie in der Technologie. Der Fachterminus dieser Steigerung der Gesamtleistung durch Vergrößerung der Zahl der Einzelkomponenten bei Erhaltung der Struktureigenschaften wird in der IT „*Skalierung*“ genannt.

Die „Schere“ zwischen diesen beiden Modellen der Leistungssteigerung – *Top Down* und

⁸⁷ Das gilt streng genommen, nur bis zu einer extremen theoretischen Grenze, wo parallele und sequentielle Geschwindigkeit identisch werden – im Extrem einer mathematischen Singularität – oder physikalisch – einem schwarzen Loch. Dies wird im Kapitel über Physik noch näher untersucht werden.

Bottom Up - klafft also umso weiter auseinander, desto höher man skaliert. Ganz abgesehen davon würde weder ein 2 Zylinder 6 Liter Motor noch ein 1-Neuron Gehirn überhaupt funktionieren – zumindest nicht in einem funktional sinnvollen Bereich.

Diese obige Differenz ist als fundamental logisch notwendiges Argument zu werten – da es mathematisch evident ist⁸⁸ und vielfach praktisch nachgewiesen wurde – parallele und sequentielle Informationsverarbeitung entfernen sich in ihrem Funktionsgraphen umso stärker voneinander, desto größere Mengen Information man als Input Größe wählt.

Biologische Neuronen können jedoch Information aufgrund ihrer hybrid elektromagnetisch / chemischen Verarbeitungsweise nur relativ *langsam* verarbeiten, es müssen Ladungen und materielle Partikel Neurotransmitter, Neuropeptide⁸⁹, Hormone, usw. „strömen“ für eine „Verarbeitungssequenz“.

Die kumulierte Reaktionszeit zwischen Reiz und Reaktion kann bekanntlich beim Menschen mehrere Sekundenbruchteile dauern – was im Vergleich zu einer Silizium CPU geradezu astronomisch lange Zeiträume darstellt. Transistoren erreichen heute Schaltzeiten im Nanosekunden⁹⁰ Bereich, arbeiten also wenigstens etwa um den *Faktor eine Milliarde* schneller als biologische Neuronen, wenn man die Verarbeitungsgeschwindigkeit allein mit den jeweiligen elektrischen bzw. elektrochemischen Reaktionszeiten korreliert.

Auch wenn dies subjektiv zunächst wirkt, als könne diese *enorme* Schaltgeschwindigkeit der Technik, die fehlende schier Zahl der Einheiten gegenüber der Biologie aufwiegen, so ist dies – wie heute vielfach anerkannt wird - der zentrale und dogmatische *Trugschluss*, der mehrere Generationen von Programmierern, Hardwareentwicklern und Wissenschaftlern davon abgehalten hat, dem Ziel einer adäquaten Simulation näher zu kommen. Diese obige Folgerung liegt so nahe – und ist doch so falsch!

Schier Zahl von Verarbeitungseinheiten ist mit *nichts* zu kompensieren – außer ebenfalls mit schierer Zahl. So gibt es ein geflügeltes Wort in der Automobilbranche, das besagt: Viel „Hubraum ist mit nichts zu kompensieren, außer mit Hubraum“. Darin verbirgt sich ein mathematisches Prinzip⁹¹, dass eigentlich recht trivial ist: Die Zahl der Informationsverarbeitungen pro Zeiteinheit potenziert sich *exponentiell* bei gleichzeitiger

⁸⁸ Lloyd, Seth / „*Ultimate Physical Limits to Computation*“ / MIT Department of Mechanical Engineering / MIT 3-160 / Cambridge, Mass. 02139

⁸⁹ Roth, Gerhard (2003): „*Fühlen, Denken, Handeln – Wie das Gehirn unser Verhalten steuert*“ / Suhrkamp / FFM / S. 313

⁹⁰ <http://www.iicm.edu/greif/node10.html>

⁹¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Reed's_law

Skalierung der Zahl der Verarbeitungseinheiten und einer funktionalen Kopplung der Intensität der *Vernetzung* durch Verbindungselemente. Demgegenüber steigt die Zahl der Informationsverarbeitungen pro Zeiteinheit lediglich *linear*, wenn eine einzige Einheit ihre Taktfrequenz mit voranschreitender „Evolution“ skaliert (erhöht). Für singuläre systemische Einheiten gibt es immer „Null“ interne Verbindungselemente.

Die *Vernetzung* ist der Entscheidende Unterschied, wie wir gleich noch an einem Beispiel zeigen wollen.

Nachdem dies etwa seit den achtziger Jahren so bekannt wurde, dass man parallel zu der Strategie der Effizienzsteigerung auch den Aspekt der Vernetzung⁹² der Einheiten mit berücksichtigte, war zugleich das neue Paradigma des *Bottom Up* Ansatzes vielerorts ein neuer Hoffnungsschimmer und die zu neuer Beliebtheit avancierende Strategie der Wahl der Architektur moderner Prozessoren – als auch der Topologie von Neuronalen Netzen.

Die Programmierer der Algorithmen für KI, konnten bis dato ihre Fertigkeiten gar nicht voll umsetzen, die verfügbare Hardware der TOP DOWN Strategie hatte bei der Wahl der Skalierungs-Strategie offenbar auf das „falsche Pferd“ gesetzt.

Es soll hier nicht im mathematischen Sinne der Beweis nachvollzogen werden, dass die Bottom Up Strategie der Top Down Strategie prinzipiell vorzuziehen ist, es empfiehlt sich sogar eine gleichzeitige Anwendung beider Strategien, jedoch soll ihr Unterschied verdeutlicht werden, und die Resultate der in vielerlei Hinsicht falschen Annahme, allein die Top Down Strategie führe die KI Forschung zu einer Lösung. Die These dieser Dissertation ist vielmehr, dass dieser „Irrglaube“ an die „Methode Dampfhammer“ lange Zeit ein enormes Hemmnis für die erfolgreiche Weiterentwicklung der KI dargestellt hat.

Um ein Bild von dem *eklatanten* Unterschied zwischen linearer und exponentieller Skalierung zu bekommen, soll hier eine etwas *ausführlichere exemplarische Rechnung* dienen, die uns den Kernpunkt der Rolle der Skalierung der „Verbindungen“ zwischen den „Rechen-Einheiten“ verdeutlicht:

Ca. 100 Milliarden Neuronen (oder: 10^{11} Neuronen)⁹³ im humanen Kortex sind verschaltet mit ca. 100 Billionen (oder: 10^{14}) Synapsen⁹⁴ – denn jedes Neuron verfügt im Schnitt über

⁹² vgl. Singer, Wolf (1994): „*Putative functions of temporal correlations in neocortical processing*“ / in: C. Koch, J. L. Davis (Hrsg.), *Large Scale Neuronal Theories of the Brain*, Cambridge, Mass. 1994a, S. 201 - 237

⁹³ Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn*“ / Suhrkamp / FFM / S. 123

⁹⁴ Petry, Nikolaus (1999): „*Fuzzy Logik und neuronale Netze*“ / JurPC Web-Dok. 187/1999, Abs. 1 – 54 / - oder online verfügbar unter: <http://www.jurpc.de/aufsatz/19990187.htm>

ca. 10.000 Dendriten bzw. Verbindungen zu anderen Neuronen⁹⁵. Man kann also ausmultiplizieren, wie viele *Verbindungsfasern* im Gehirn angelegt sein müssten, wenn man jedes *Neuron* mit jeder *Synapse*, die in vielerlei Weise einen „Knotenpunkt“ der Verbindungsfasern darstellt, verknüpfen wollte. Dazu ein „konservativ“ rechnendes Zitat:

„Mit rund 50 Milliarden Cortexneuronen würden wir bei einer Vollverknüpfung rund $2,5 \times 10^{21}$ Verbindungsfasern erhalten, eine unvorstellbar große Zahl.“⁹⁶

Was kann man mit so einer extremen Zahl aussagen? Obiges Zitat von Roth berücksichtigt lediglich die Möglichkeit einer Vollvernetzung aller Neuronen, aber sagt nichts über die verfügbare Rechenleistung die so möglich wird. Mathematisch ergibt sich jedoch die Überlegung, dass jede Signalverarbeitung an jeder Synapse einen elementaren „Rechenschritt“ repräsentiert: Signal Weiterleitung - Ja oder Nein bzw. 1 oder 0. So könnten alle 10^{11} Neuronen mit ihren 10^{14} Synapsen gemeinsam pro Verarbeitungsschritt das *Produkt* der beiden Zahlen $10^{11} \times 10^{14}$ an Rechenoperationen repräsentieren.

Noch einmal etwas einfacher formuliert, kann man überlegen, dass die Signale prinzipiell jeden der oben berechneten „Wege laufen“ könnten, allein der „Schaltvorgang“ der Synapsen bewirkt, dass dies in „geordneten Bahnen“ steuerbar ist. Ohne die elektrochemische Steuerung der Synapsen, würden die Neuronen nur ein „irrlichterndes Gewitter“ von Entladungen produzieren, dessen Informationswert nicht höher wäre als das „Rauschen“ eines freien Radiosenders.

Diese Hypothese dient lediglich der Argumentation die Grundlage zu nehmen, man könne dem Gehirn prinzipiell „unendliche“ Verarbeitungskapazität zurechnen, denn das „Wunderwerk der Natur“ ist technisch „niemals“ zu überbieten. Man kann im Gegenteil sehr exakt die maximale mathematisch denkbare Leistung des biologischen humanen Gehirns bestimmen, und sie ist in der Tat extrem hoch – aber dennoch technisch zu erreichen – das soll hier gezeigt werden.

Obige „Steuerung“ der „Bahnen“ der Information, ist somit laut dieser Beispielrechnung der theoretische Moment der „Berechnung“ der Information. Praktisch geschieht dies durch die saltatorischen Reizweiterleitung der elektrochemische Aktionspotentiale entlang der

⁹⁵ Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn*“ / Suhrkamp / FFM / S. 123

⁹⁶ Roth, Gerhard (2003): „*Fühlen, Denken, Handeln – Wie das Gehirn unser Verhalten steuert*“ / Suhrkamp / FFM / S. 131 (Roth berechnet diese Zahl anhand der konservativ geschätzten 50 Mrd. Neuronen, die Fachwelt zitiert heute jedoch mehrheitlich Berechnungen von ca. 10^{11} bzw. 100 Mrd. Neuronen, wodurch wir obige Zahl nicht weiter rechnerisch verwenden können – da sie trotz ihrer „unvorstellbaren“ Größe zu klein ausfällt – und wir statt dessen mit den Zahlen der anderen Quellen die Berechnung fortsetzen.)

Neuronenverbindungswege, bzw. differenzierter: „der lokalen Depolarisation der Membran in Form eines *exzitatorischen* (erregenden) *postsynaptischen Potentials* (abgekürzt *EPSP*).“⁹⁷ In einfacheren Worten, ist in der Synapse wie im Neuron selbst ist ein elektrochemischer „Sollwert“ eines Ladungspotentials molekular einprogrammiert, den das Aktionspotential erreicht oder eben nicht, und dadurch eine molekulare Reaktion auslöst. Im Grunde ist ein Neuron laut diesem Modell ein einfacher biologischer „Schalter“, der betätigt werden kann oder nicht. Allein aufgrund dieser Elektromechanik „feuert“ das Neuron, oder es bleibt stumm. Für uns heißt das, es „rechnet“ indem es einen „Messvorgang“ ausführt. Auf diesem Prinzip der elektrochemischen Informationsverarbeitung der Neuronen basiert quasi unsere gesamtes „Schulwissen“ über das menschliche Gehirn. Man kann es das „Paradigma“ der Gehirnforschung unserer Epoche nennen. Es soll in dieser Arbeit zur Verdeutlichung der Möglichkeit der Erzielung von *Künstlicher Intelligenz* gezeigt werden, dass diese Paradigma im Begriff ist, sich zu transformieren, hin zu einem Modell, dass auch die „*neuronal substructure*“⁹⁸ berücksichtigt. Das alte Paradigma der klassischen rein elektrochemischen Neurophysiologie ist dabei sich zu überholen, und die „Methode Dampfhammer“ wird dabei einer grundlegenden Revision unterzogen.

Davon auszugehen, Neuronen seinen „elektrochemische Schalter“, ist ein „nettes“ Modell zur Vereinfachung der Komplexität der neuronalen Funktionen, doch es ist bei weitem zu primitiv um länger fälschlicherweise für die einzige Tätigkeit des Gehirns Modell zu stehen. In der Wissenschaft herrscht allgemein die Tendenz⁹⁹, Modellen die sich lange Zeit als praktikabel erweisen, irrtümlich eine Art „Realität“ zuzuschreiben. Dies ist menschlich verständlich, aber wissenschaftlich fatal.

Nach allem gesagten, wollen wir nun das Ergebnis der Rechenleistung ausmultiplizieren, wenn man rein theoretisch annehmen möchte, das eine Vollverknüpfung wie oben von Gerhard Roth beschrieben möglich wäre, und zu jeweils zurechenbaren

Informationsverarbeitungen aller beteiligten Elemente herangezogen werden kann.

Das Ergebnis ist also das Produkt von 10^{11} Neuronen multipliziert mit ihren 10^{14} Synapsen. Diese theoretische Maximalleistung von *100.000 Milliarden Billionen* (oder auch 10^{25} bzw.

⁹⁷ Roth, Gerhard (2003): „*Fühlen, Denken, Handeln – Wie das Gehirn unser Verhalten steuert*“ / Suhrkamp / FFM / S. 115

⁹⁸ Goswami, Amit (2000): „*The Physicists' View of Nature*“ / Springer / S. 156

⁹⁹ vgl. Kuhn, Thomas S. (1996): „*The Structure of Scientific Revolutions*“ / University of Chicago Press

10 Quattrilliarden¹⁰⁰) elementaren Rechenoperationen bei einem Schaltvorgang aller Elemente parallel, muss man allerdings etwas einschränken. Es ist nicht praktisch anzunehmen, dass *alle* Neuronen gleichzeitig arbeiten, sondern es finden sowohl parallele als auch sequentielle Abläufe koordiniert statt. Einige Neuronen warten auf Erregung ihrer Nachbarn, bevor sie selbst agieren können. Dennoch haben wir mit dieser Berechnung gezeigt, dass es definitiv eine mathematisch bestimmbare Obergrenze für die Leistungsfähigkeit des menschlichen Gehirns gibt – das menschliche Gehirn ist trotz seiner Komplexität „berechenbar“.

In der späteren Diskussion werden wir einen Wert von ca. 10^{15} elementaren Rechenoperationen des menschlichen Gehirns pro Sekunde etablieren, der aktuell große Fürsprache¹⁰¹ genießt. Wir müssen also aus rein praktischen Erwägungen ca. einen Faktor 10 aus dem Exponenten unserer „Idealtypischen“ Rechnung herauskürzen, und wir sind in etwa bei einem heute als „realistisch“ eingestuften Wert. Die obige Rechnung dient dennoch als wertvoller Vergleich, mit den später noch diskutierten Leistungsdaten von technischer Hardware, um in Größenordnungen einzuordnen was zu leisten maximal nötig wäre, sollte das Gehirn aus noch ungeklärten Gründen etwa bei „Genies“ in der Lage sein, wesentlich stärker parallel zu arbeiten als allgemein als „normal“ erachtet wird. Selbst das größte Genie, müsste bei *totaler Parallelität* aller seiner neuronalen Ressourcen bei 10 Quattrilliarden Berechnungen pro Sekunde eine natürliche mathematische „Grenze“ seiner Intelligenz finden. Moderne IQ Tests, wie sie etwa vom Verein der Hochbegabten „Mensa“¹⁰² erarbeitet wurden, zeichnen sich durch eine reine Messung der Mustererkennungsgeschwindigkeit aus, und können daher vom Allgemeinwissen völlig unabhängig dennoch sehr exakt den „Grad“ der Intelligenz abbilden. Diese Ergebnisse untermauern die These, dass Intelligenz unmittelbar korreliert ist, mit dem Grad der *Parallelität* der Berechnung von Information.

Mensa legt keinerlei Wert, auf „auswendig gelernte“ Schulhalte wie Jahreszahlen oder mathematische Formeln, sondern misst IQ sehr effizient ausschließlich mit „*Pattern Recognition*“¹⁰³ Tests. Das ist exakt der Ansatz den technische neuronale Netze verfolgen. Wir haben diese Rechnung hier durchgeführt, um die prinzipielle Vergleichbarkeit der Arbeit eines biologischen neuronalen Netzes mit der Arbeit eines Computers zu plausibilisieren – nicht wegen der Zahlenakrobatik. Es ist dennoch erstaunlich, wie verhältnismässig nahe man

¹⁰⁰ <http://www.wired.com/wired/archive/13.02/brain.html>

¹⁰¹ vgl. Lloyd, Seth (2006) „*Programming the Universe*“ / Random House / New York

¹⁰² <http://www.mensa.de/>

¹⁰³ Pal, Sankar K. (2001): „*Pattern Recognition: From Classical to Modern Approaches*“ / World Scientific

realistischen Werten mit einer einfachen „Überschlagsrechnung“ kommen kann. Wir können so davon ausgehen, dass wir nicht mehr länger einen ominösen Raum der unbekanntenen „Tiefen“ der menschlichen Intelligenzleistung sondieren, sondern wir haben mathematisch begründet einen praktikablen Weg aufgezeigt, diese Arbeit des Gehirns in „Zahlen“ auszudrücken. Damit ist ausdrücklich nur die Rechenleistung gemeint. Es wird so auch plausibilisiert, dass Menschen bei nahezu identischer Genetik dennoch erheblich divergente IQ's aufweisen können, denn die Parallelität der Verarbeitungsleistung ihrer Neuronen ist ein Erwerb des Gehirns in der postnatalen frühkindlichen Phase. Die allgemein favorisierte Theorie¹⁰⁴ besagt, dass die Plastizität der *Vernetzung* in dieser Phase am höchsten ist, und sich abhängig von den Umweltreizen verschieden ausgeprägt entwickelt.

Also vereinfacht – spiele viel, früh und steil ansteigend komplex mit Kindern, um ihre Intelligenz in der plastischsten Phase ihrer neuronalen Entwicklung zu fördern.

Wir wollen, ausgehend von dieser empirisch gut plausibilisierten These annehmen, dass Intelligenz direkt korreliert ist mit dem Grad der Vernetzung der Neuronen und der somit erzielbaren Parallelität der Verarbeitungsleistung. Aufgrund der somit von Individuum zu Individuum stark variierenden IQ's, wollen wir bei menschlicher Intelligenz den Begriff des „Kontinuums“ verwenden, um dies zu verdeutlichen.

Im Falle der Computer - Prozessoren gibt es ein ähnliches Phänomen, wie oben bei den Neuronen und Synapsen geschildert, wenn diese untereinander auf Ergebnisse ihrer „Kollegen“ „warten“ müssen. Man spricht von sog. „Idle Time“¹⁰⁵ – mit der sowohl technische wie auch biologische Systeme umgehen müssen, und die als Hauptfaktor, der Verzögerung aller Rechenprozesse angesehen wird.

Dieser Umstand sowie weitere Feinheiten des Modus der hybrid chemisch und elektronischen Signalübermittlung reduzieren die theoretische „Peak Performance“¹⁰⁶ also ganz erheblich. Wichtig ist zudem, es geht hier um absolut elementare Rechenoperationen. Eine Potentialdifferenz an neuronalen Bahnen wird als Information interpretiert und eine Konjunktion zweier solcher Informationen entspricht einer Berechnung – einer absolut elementaren Berechnung. Man darf nicht etwa dem Gedanken verfallen, eine solche Berechnung repräsentierte etwa einen kompletten „Gedanken“, oder dessen physiologisches

¹⁰⁴ vgl. Gould, Stephen Jay (1977): „*Ontogeny and Phylogeny*“ / Harvard University Press / Cambridge, Massachusetts

¹⁰⁵ vgl. Dreyfuss, Hubert (1989): „Was Computer nicht können. Die Grenzen künstlicher Intelligenz“ / Beltz Athenäum / FFM

¹⁰⁶ vgl. Zell, Andreas (1997): *Simulation neuronaler Netze*“ /R. Oldenbourg Verlag/ München

Pendant. Ein Gedanke setzt sich, wenn man so konstruktivistisch sprechen darf, sozusagen theoretisch aus sehr vielen Einzeloperationen solcher elementaren neuronalen Informationsverarbeitungen¹⁰⁷ „zusammen“, wenn wir den medizinisch physiologischen Interpretationen der empirischen Studien mit den neuen Bildgebenden Verfahren, wie CRT oder PET Scans folgen wollen.

Erst die Berechnung von Millionen dieser elementaren Operationen gestatten den mentalen Zustand etwa des „Erlebens eines Gedankens“, wie es empirische Studien nahe legen. PET Scans¹⁰⁸ haben inzwischen eindeutig belegt, dass jeweils nur bestimmte Areale und Neuronen an bestimmten Prozessen des Gehirns (etwa einer singulären Erinnerung) beteiligt sind. Alle Neuronen gleichzeitig sind daher praktisch niemals aktiv. Dafür sind im Gegenzug auch im Traum oder im tiefen Koma immer noch eine hohe Zahl Neuronen aktiv, auch wenn dies nur zu Leistungen von mentalen Repräsentationen hinreicht, die wir in der Retrospektive als „schemenhaft“ oder nur „verschwommen“ erinnerbar wahrnehmen.

Man gewinnt also aus dieser Überlegung der sog. „funktionalen Äquivalenz“ von technischer und natürlicher Informationsverarbeitung erste „brauchbare“ Zahlen, sowie auch den später noch zu diskutierenden Wert von 20 Petaflops¹⁰⁹, der aktuell als maximale „Rechenleistung“ des menschlichen Gehirns und zugleich als die technisch zu realisierende „Zielmarke¹¹⁰“ der KI angesehen wird. Der Wert von 10^{15} Rechenoperationen stellt pro Zeitfenster der physiologischen „Schaltzeit“ eines Neurons, die Literatur¹¹¹ nennt hier etwa 20 – 40 Millisekunden, somit die eingeschränkte theoretische Obergrenze dar. Der heute mehrheitlich genannte Wert von 20 Petaflops stammt aus der Terminologie der Informatik, und referenziert auf die Verarbeitungsleistung pro Sekunde. Dies gilt es sorgfältig zu unterscheiden. Man hat den Wert über Experimente mit Proben von Retina Neuronen in Vitro ermittelt¹¹², und von einem guten Quadratzentimeter Gewebe auf das gesamte Gehirn extrapoliert, mit sehr vorsichtiger und zurückhaltender Schätzung. Der aufsehenerregende Part dabei ist, dass unsere heutigen Computer trotz ihrer ungeheuren Komplexität und Größe, gerade einmal etwa die vergleichbare Leistung der neuronalen Kapazität eines *Insekts* leisten. Erst mit den avisierten Computern im Petaflop Bereich, wird man in die Sphären der

¹⁰⁷ vgl. Haykin, Simon (1994): „*Neural Networks, A Comprehensive Foundation*“ / Macmillan College Publishing Company / New York

¹⁰⁸ <http://www.petscaninfo.com/>

¹⁰⁹ Ein **FLOPS** ist das international gebräuchliche Acronym für: **F**loating **P**oint **O**perations per **S**econd

¹¹⁰ <http://www.kurzweilai.net/index.html?flash=1>

¹¹¹ Dudel, J., Menzel, R. und Schmidt, R.F. (Hrsg) (1996): „*Neurowissenschaft. Vom Molekül zur Kognition*“ / Springer / Heidelberg / S. 115-144

¹¹² vgl. Kurzweil, Ray (2005): „*The Singularity is near*“ / Penguin Books / New York

Gehirnleistung einer *Maus* vordringen. Trotz dieser zur Demut mahnenden Ergebnisse, bei der Investition von mehreren Hundert Millionen \$, und der Verwendung der höchsten verfügbaren heutigen Technologie, sagt uns die weitere Extrapolation der Leistung der übernächsten Computergeneration bereits voraus, dass wir die Zielmarke der humanen Informationsverarbeitungskapazität bereits in ca. 15 Jahren¹¹³ erreichen können. Es bleibt festzuhalten, dass es bislang keinen einzigen „Beweis“, dafür gibt, dass ein biologisches neuronal arbeitendes Gehirn überhaupt „rechnet“. Jedoch liegt es aufgrund der Studien mehr als Nahe, einen solchen Zusammenhang zu folgern, wie der intersubjektiv gebildete Konsens der Forschergemeinde in dieser Frage belegt. Was „Berechnung“ eigentlich ist, in Begriffen der reinen Informatik und Physik betrachtet, werden wir später noch detailliert erörtern. Zunächst soll uns die Weise der Realisation dieses Phänomens in der Methode biologischer neuronaler Netze interessieren, ebenso wie seine Rezeption und die Wandlung dieser Rezeption. Nach den vorliegenden physiologischen Studien und der Meinung des Neurospezialisten Gerhard Roth z.B., wächst die Zahl der Verknüpfungen zwischen den Neuronen gegenüber der Zahl der Zellen „*mehr oder weniger quadratisch*“¹¹⁴. Solche und viele derartige Auffassungen, von Individuen der Forschergemeinde geäußert und auf vielerlei Kritik hin immer wieder verteidigt, tragen zur Plausibilisierung der Theorie bei, dass es im Gehirn mit den exakt gleichen mathematischen Bedingungen zugeht, die sich auch sonst in Natur und Technik finden lassen. Der Geltungsbereich der Mathematik macht vor dem „Hoheitsraum“ des Geistes nicht Halt. Man kann dies kritisch als theoretisch spekulativen Konstruktivismus betrachten, oder aufklärerisch mit der „entmystifizierenden“ Funktion der Postmoderne. Vattimo würde diesen Prozeß umschreiben mit seinem Terminus der „Verwindung der Moderne“¹¹⁵, was eher einen „integrativen“ Charakter des Prozesses kennzeichnet, als einen „verdrängenden“. Wenn die Aufnahme des Begriffes der Information in den Diskurs um Geist, Intellekt und Bewusstsein jedoch einen aufklärerischen Moment hat, dann muss man, um mit Capurro zu sprechen, den metaphysischen Gedanken eines „Fortschritts der Geschichte“ aufgeben zu Gunsten einer Einsicht in dessen Ablöse:

„Aufklärung am Ende der Moderne bedeutet dann Einblick in die Ereignishaftigkeit des Geschichtlichen.“¹¹⁶

¹¹³ <http://www.dartmouth.edu/~ai50/homepage.html>

¹¹⁴ Roth, Gerhard (2003): „*Fühlen, Denken, Handeln – Wie das Gehirn unser Verhalten steuert*“ / Suhrkamp / FFM / S. 131

¹¹⁵ vgl. Vattimo, G. (1989): „*Das Ende der Moderne*“. Übers. u. Einl. R. Capurro, Stuttgart.

¹¹⁶ Capurro, Rafael (1991): „*Aufklärung am Ende der Moderne*“ / Berlin / Freie Akademie, S.129-138.

Wenn wir dem „Ereignis“ eine elementare Rolle zugestehen wollen, dann impliziert dies offenbar auch eine „Öffnung“ aller Disziplinen des Denkens sowohl gegenüber den Methoden der Mathematik als auch deren möglichen Ergebnissen. Wenn eine „Verwindung der Moderne“ in eine Postmoderne hinein, diesen Prozeß kennzeichnet, dann wäre mit Vattimo gesprochen, am "Ende" der Moderne zugleich eine alte Botschaft zu vernehmen, die uns helfen kann, Herkunft und somit auch Zukunft unseres Zeitalters zu entziffern?¹¹⁷

Auch wenn es immer noch schwer fällt zu veranschaulichen was diese Zahl aus der obigen Rechnung bedeutet, so wird doch gut begreifbar, dass eine relativ simple Basisstruktur – wie die eines Neurons - auch bei vergleichsweise moderater Einzelleistung, geradezu *extremes* leistet, wenn sie geeignet mit zahlreichen Einheiten ihresgleichen interagiert. Die Strategie¹¹⁸ der Natur - in Bezug auf die Leistungsfähigkeit des Gehirns könnte daher pointiert mathematisch gesprochen so lauten:

*Strukturelle Simplizität wird kompensiert mit **großen** Quantitäten und **massiver** Korrelation.*

Was durch obiges Rechenbeispiel wenigstens deutlich wurde – auch wenn die Fülle der Zahlen unseren Vorstellungsrahmen evtl. strapaziert hat – ist die zentrale Folgerung: Mathematisch betrachtet, hat die Evolution mit der Wahl der *Strategie der Vernetzung* der Neuronen zur Berechnung komplexer Anforderungen der Lebenswelt, bereits die *einzig* praktikable Lösung gefunden, die sich auch auf dem Weg der technischen Imitation finden lässt. Es ist bis heute kein anderer Weg zur Erreichung dieses Ziels auch nur theoretisch diskutiert worden.

Es ist mathematisch betrachtet *unmöglich*, anders als mit dieser Methode der *Vernetzung und Parallelisierung zugleich*, zu solch astronomischer Leistungsfähigkeit zu gelangen, wie sie das menschliche Gehirn offenbar aufweist.

Insofern bleibt bei allem technischen Erfindungsgeist nur ein einziger gangbarer Weg zur Simulation von Intelligenz, *man muss der Lösung der Natur folgen*. Der Weg der *massiven Vernetzung* simpler Einheiten ist der einzige der Wissenschaft bislang bekannte Weg zur Erzeugung derart astronomischer Leistungskennziffern und Komplexität.

Wenn immer wieder von *der „Natur“* als einem Vergleich für *die „Technologie“* die Rede ist, dann geschieht dies aus Gründen der besseren Leserlichkeit und sehr wohl in dem

¹¹⁷ Vattimo, G. (1990): „*Das Ende der Moderne*“. Stuttgart, Reclam, S. 188

¹¹⁸ vgl. Rechenberg Ingo (1973): „*Evolutionsstrategie: Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution*“ / Frommann-Holzboog / Stuttgart

Bewusstsein, dass hier ein anthropozentrisches Missverständnis provoziert werden kann. Die Natur als solche ist keine Entität und hat selbstverständlich weder Strategie noch Intention, genauso wenig lässt sie sich streng genommen von der Technologie abgrenzen, denn auch Technologie ist nicht unnatürlich. Die Weise der Rede, der Natur eine oder bestimmte Strategien zu unterstellen, beziehen sich auf deduktive Schlüsse menschlicher epistemologischer Bemühungen, als seiner selbst reflektierend und wahrnehmend als Teil ebendieser Natur.

Die Natur – um so nun reden zu dürfen – *verwendet* die Emergenz von Komplexität¹¹⁹ aus massiver Iteration simpler Strukturen offensichtlich ubiquitär:

- *alles* organische Leben - von der Amöbe bis zum Blauwal - basiert auf Zellen
- *alle* Zellen verwenden DNS als ihre Bausteine zur autopoietischen Reproduktion
- *alle* DNS basiert auf 4 elementaren Nukleinsäuren: Adenin, Guanin, Thymin, Cytosin
- *alle* Nukleinsäuren, Enzyme, Proteine, usw. – alle Moleküle basieren auf Atomen
- *alle* Atome basieren auf 3 Nukleonen – Proton, Neutron, Elektron
- *alle* Nukleonen basieren auf 6 Quarks
- *alle* Quarks basieren auf Quanten
- *alle* Quanten basieren auf Superstrings? –oder sog. „Loops“ der Raumzeit?
- *alle* Strings bzw. Loops basieren auf reiner Energie bzw. Information? - *etc...*

Eine Galaxie, eine Sonne, ein Planet, ein Mensch – alle bestehen aus dieser Hierarchie der stets gleichen Komponenten. Was wirklich einen Unterschied macht, ist allein die Weise deren Zusammensetzung und der daraus resultierenden Komplexität. KI Forschung ist daher dazu aufgefordert, diese Zusammenhänge zu respektieren, wenn sie der Natur auf ihrem „Weg der Erzeugung von Komplexität“ folgen will.

¹¹⁹ vgl. Wheeler, J.A. (1990): “Information, physics, quantum: The search for links, In *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*”, W. Zurek, ed., Addison-Wesley.

2.1.4 Strategie Synopsis - Evolution vs. Technologie und Hardware vs. Software

„Die Zeit ist die Art und Weise, mit der die Natur verhindert,
dass alles auf einmal geschieht.“

Graffito

Um obige Reihe der iterativen Schachtelung von Komplexitätsstufen für unsere Untersuchung zu respektieren, kann man folgendes festhalten:

Über den gesamten Bereich der Größenordnungen der bislang beobachtbaren Natur, vom Mikrokosmos bis zum Makrokosmos und vom Quant bis zur Galaxie – findet sich ubiquitär das Prinzip der Verwendung *einfachster* Bausteine, um Komplexität durch zumeist astronomische und nahezu groteske Zahlen von Iterationen, des immer und stets gleichen zu realisieren. Einige Beispiele: Die Weltgesellschaft besteht aus 6 Milliarden Individuen, ein menschliches Gehirn basiert auf 100 Milliarden Neuronen, der menschliche Körper basiert auf 100 Billionen Zellen und das Universum beherbergt ca. 1000 Milliarden Galaxien.

Dieses somit offensichtlich enorm erfolgreiche Konzept, verdient nähere Untersuchung. *Vernetzung* ist mathematisch ein so extrem leistungsfähiger¹²⁰ Katalysator - wie oben an Rechenbeispielen belegt – dass wir begründet von einer *paradigmatischen Größe* sprechen können.

Um Vernetzung topologisch effektiv zu nutzen, werden Computer kontinuierlich *schneller*, was dem *Top Down* Ansatz Rechnung trägt – und zudem werden Prozessoren immer stärker *massiv parallel* betrieben, was dem *Bottom Up* Ansatz Rechnung trägt. Als dritter Aspekt kommt hinzu, dass die benutzten Substrate permanent in ihrer physischen Ausdehnung minimiert werden. Computer werden *schneller*, *vernetzter* und *kleiner* zugleich!

Um diese drei Ansätze nun synergetisch zu nutzen und so das menschliche Gehirn bezüglich seiner deduzierten theoretischen Strategie in Technik umzusetzen und zu simulieren, ist folgende Erkenntnis zentral:

Obwohl also, wie in obiger Rechnung gezeigt, die theoretische Leistungsfähigkeit eines Gehirns astronomisch hoch ist, ist sie nach aller Mathematik *nicht* unendlich!

Jede nicht unendliche Zahl oder mathematische Funktion kann in *endlicher Zeit* durch

¹²⁰ Wir werden in Punkt 3.1.3 eine Rechnung anstellen für die theoretisch absolut maximale Leistung eines technischen Gerätes – *the ultimate laptop* - anschließend werden wir die Zahlen vergleichen mit den theoretischen Maximalwerten für ein organisches Gehirn um daraus aufschlussreiche Ergebnisse zu folgern.

geeignete Methoden¹²¹ berechnet werden. Wenn sich die Leistung des Gehirns über obige verstandenen mathematische Prinzipien generiert, dann kann diese Leistung auf technischem Wege nach gleichen mathematischen Prinzipien simuliert werden.

Zentral ist hier das „wenn“ – denn dieses gilt nur, wenn das Gehirn nicht zusätzlich eminent wichtige verborgene Parameter nutzt. Allerdings müsste es diese Parameter nach aller Erfahrung der Wissenschaft aus Regionen der Realität beziehen, die außerhalb der definitiv zulässigen Möglichkeiten der physikalisch *vierdimensionalen Raumzeit*¹²² liegen.

Arbeitet das Gehirn also ausschließlich vierdimensional, dann gelingt es *unweigerlich* seine Informationsverarbeitungsprozesse mit den bekannten technischen Errungenschaften und deren Optimierung zu simulieren – denn jede beliebig komplexe Funktion, die eine nicht unendliche Menge von Operationen realisiert, kann in endlicher Zeit berechnet werden.

Dieser mathematische Beweis¹²³ lässt sich elegant anhand der Überlegungen zur erwähnten *Turingmaschine* führen. Eine These dazu die als *Churchthese* Furore gemacht hat, lautet wie folgt:

„Alles was überhaupt berechenbar ist, ist bereits mit der universellen Turingmaschine berechenbar!“¹²⁴

Kurz: Wenn das Gehirn sich nicht der Metaphysik bedient – dann ist es in Bezug auf seine Geschwindigkeit simulierbar! Damit darf nicht in naivem Reduktionismus simultan gefolgert werden, dass es damit in seinem gesamten Funktionsspektrum simulierbar wäre – aber *nachweislich* in Bezug auf seine Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung.

Viele Pioniere der KI machen an diesem Punkt der Folgerung einen zentralen Fehler: Beflügelt durch die Beweiskraft der Mathematik und die Erfolge der Informatik, sehen sie diesen Faktor der mathematisch evidenten Simulierbarkeit der menschlichen Kapazität der Informationsverarbeitung, bereits als kompletten Triumph des gesamten Projektes der KI. Dem ist mitnichten so.

¹²¹ vgl. Devlin, Keith / „Mathematic Sets about the Infinite“ / in: New Scientist / Vol. 95 / S. 162

¹²² Das Argument der Zahl der Dimensionen eines untersuchten Bezugssystems ist zugleich enorm wichtig, wie auch in bislang unerklärlicher Weise missachtet worden, von nahezu allen wissenschaftlichen Disziplinen außerhalb der Mathematik und Physik. Die Argumentation dieser Dissertation wird dieses zentrale Motiv jedoch stets mit berücksichtigen, da es aus Sicht des Autors nicht möglich ist, sinnvolle Aussagen über jedwedes Bezugssystem ohne Angabe seiner Dimensionalität zu machen.

¹²³ <http://www.informatik.ku-eichstaett.de/studium/skripte/ss05/einf3/vor7.ppt>.

¹²⁴ <http://www.matheprisma.uni-wuppertal.de/Module/Turing/>

Der Mensch, seine Intelligenz und sein Bewusstsein sind ontologisch und phänomenologisch, um ein *Paradigma* reicher als seine reine „Rechenkraft“. Für uns hier relevant ist das Ergebnis – das „Kontinuum“ der menschlichen „Rechenkraft“ ist technisch ohne eine einzige mathematisch beweisbare Hürde erreichbar – es ist sogar beweisbar, dass diese Rechenkraft simuliert werden kann.

Die Formulierung der Mathematik – *in endlicher Zeit* - allein bleibt unpräzise.

Die Arbeit des Pioniers des Feldes „Gordon Moore“ gestattet, durch sein nach ihm benanntes Gesetz der Prozessorleistungssteigerung, eine recht präzise Prognosemöglichkeit mit empirischer Nachprüfbarkeit. Etwa gegen 2015 - 2020 sollte demnach der erste Supercomputer (hier werden abertausende der allerschnellsten Prozessoren in Industriehallen füllenden Aufbauten parallel vernetzt – „siehe Top 500 List of Supercomputers¹²⁵“) in das Kontinuum der kalkulatorischen Leistungsfähigkeit des menschlichen Gehirns vorstoßen. Man nennt solche Supercomputer zur Simulation des Gehirns heute „Neuronale Supercomputer“¹²⁶.

Natürlich ist damit dann immer noch nicht gesagt, dass ein solches technisches Konstrukt „intelligent“ sein wird, denn Geschwindigkeit gilt uns bislang lediglich als ein notwendiger *Aspekt* von Intelligenz. Hier soll jedoch zunächst einmal die bis heute erarbeitete materielle verfügbare Grundlage der Simulation von Intelligenz in ein angemessenes Licht gerückt werden, und die Basis eines technischen Verständnisses mathematisch, physikalisch und bezüglich der Informatik der Disziplin auf ein sicheres Fundament gestellt werden.

Die Verarbeitungsgeschwindigkeit ist wie erörtert als ein *absolut notwendiges* – aber eben nicht hinreichendes Kriterium für Intelligenz zu erachten, dies wollen wir festhalten.

Wir dürfen nun nach der Prüfung der technischen Plausibilität feststellen, dass *alle* Parameter des Gehirns, hinsichtlich der Zahl und Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung seiner neuronalen Einheiten technisch *definitiv* simuliert werden können. Dies ist also ausdrücklich keine reduktionistische Interpretation, denn wir haben bisher nur einen Aspekt von Intelligenz analysiert und dabei keine kausalen Bezüge zwischen verschiedenen Aspekten von Intelligenz axiomatisch setzen müssen oder solche postuliert. Dass das Gehirn eine maximale Verarbeitungsgeschwindigkeit¹²⁷ besitzt ist evident – und dass diese simulierbar ist wurde

¹²⁵ <http://www.top500.org/>

¹²⁶ vgl. Goertzel, Ben (1997): „*From Complexity to Creativity: Explorations in Evolutionary, Autopoietic, and Cognitive Dynamics*“ / Springer

¹²⁷ vgl. Regan, D. (1989): „*Human brain electrophysiology. Evoked potentials and evoked magnetic fields in science and medicine*“ / Elsevier / Amsterdam

mathematisch hinreichend präzise oben gezeigt – mehr wurde bislang noch nicht gesagt.¹²⁸ Ungeachtet dessen, dass eine solche Position in der KI keine Tabus bricht, und lediglich Leistungskennziffern etabliert und vergleicht, erachtet die Fachwelt diesen Argumentationsstrang bereits erfahrungsgemäß mehrheitlich als ein sehr starkes Statement, und es impliziert eine ganze Reihe noch sehr folgenreicher Ableitungen. Daher hat die Position bereits in dieser recht pragmatischen Formulierung ein ganzes Lager von Gegnern¹²⁹, deren Dispute sich zumeist um technische, mathematische und philosophische Argumente fokussieren.

Wenn wir nun von einem moderaten Wachstum entlang der Exponentialkurve der Leistungsfähigkeit heutiger Supercomputer ausgehen, dann reduziert sich der obige Disput auf eine Frage der Zeit – von etwa 15 bis 20 Jahren (Nach der Methode von „Moore“) - bei bisherigem Tempo der Entwicklung. Somit wird die Frage des „ob“ zu einer reinen Frage des „wann“, eine theoretische Falsifikation oder Verifikation des Vorhabens a priori ist nicht möglich. Die sog. „Church-Turing-These“ belegt mathematisch, dass jedes Problem, das durch einen finiten Algorithmus dargestellt werden kann, auch berechenbar ist.

Damit ist prinzipiell also *alles* berechenbar, was nicht unendlich ist.¹³⁰ Wir haben gezeigt, mit obiger Rechnung, dass auch ein Genie nicht über „unendliche Intelligenz“ verfügen kann, sondern lediglich aus dem Kontinuum des Möglichen mehr ausschöpft, als ein Durchschnittsbürger. Damit ist die Leistung der Intelligenz mathematisch fundiert nicht als unendlich anzusehen, und eo ipso laut der „Church – Turing –These definitiv berechenbar. Es trägt insofern eine mathematische *Plausibilität*, dass das neuronale Konstrukt des Gehirns in endlicher Zeit simulierbar ist. Dieses Argument zu verneinen, wird mehrheitlich als Metaphysik rezipiert.

Es macht heute daher vielmehr Sinn darüber zu debattieren, wie mit den Ergebnissen solcher Forschung umzugehen ist, als über deren Möglichkeit oder Unmöglichkeit zu philosophieren. Die Mathematik belegt die technische Machbarkeit und die menschliche Neugier und seine Kreativität liefern die Werkzeuge dies in Technologie umzusetzen. Trotz der Unmöglichkeit des Beweises von noch nicht experimentell bestätigten Extrapolationen, ist die Plausibilität

¹²⁸ Wir werden in Kapitel 2.3 die technische Präzisierung fortsetzen.

¹²⁹ Schwartz, Jacob T. (1996): „*Der neue Konnektionismus: Über die Entwicklung von Beziehungen zwischen Neurowissenschaften und Künstlicher Intelligenz*“ / in: Graubhard, Stephen R. (Hrsg.): *Probleme der Künstlichen Intelligenz* / Wien / New York / S. 121 -138

¹³⁰ Die These wurde unabhängig in verschiedenen Fassungen, aber mit identischen Folgerungen, von Alonzo Church und Alan Turing vorgetragen – vgl: Teuscher, Christof (2004): „*Alan Turing: Life and Legacy of a Great Thinker*“ / Springer / Berlin – oder online: <http://informatik.techniktoday.de/Church-Turing-These>

der technischen Simulation der Verarbeitungsleistung des Gehirns, also mit der höchsten theoretisch und mathematisch zu erbringenden Stufe von Wahrscheinlichkeit ausgestattet – der Terminus für diesen mathematischen Status einer Prognose lautet:

„Mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit.“

Für die Politik bedeutet dies, dass mit der Emergenz von künstlicher Intelligenz als wirtschaftlichem und sozialem Faktor in kurzer Zeit zu rechnen ist. Man kann dieses Thema nicht mehr länger abtun, als reichlich hypothetisch und recht unwahrscheinlich – es ist inzwischen diesem kritischen Stadium entwachsen, und ein sehr gut berechenbares und prognostizierbares Feld der Wissenschaft geworden. Neue Ideen als solche, und das Phänomen des Bewußtseins haben in diesem Punkt eine systemische Gemeinsamkeit:

„Emergence views consciousness as a novel property appearing at a critical threshold of complex computational dynamics among relatively simple components in the brain, (...)“¹³¹

Die Einführung der ersten praktischen Anwendungen der KI für den Massenmarkt ist bereits geschehen, durch Suchmaschinen¹³², Spracherkennungssoftware¹³³ und Web Stores, die „erahnen“ was man suchen, sagen oder kaufen¹³⁴ möchte.

Die weitere Entwicklung dieser Technik wird einhergehen mit bedeutenden Beeinflussungen der Lebenswelt, des Arbeitsmarktes und vielfältigen sozialen und politischen Veränderungen. In entsprechenden wissenschaftlichen Kreisen, Tagungen, Expertenrunden oder Internet-Diskussionsräumen (Foren)¹³⁵ wird bereits heute lebhaft diskutiert, welche Veränderungen das im Detail sein werden und man kann sich interaktiv beteiligen an deren Antezipation. Es wäre jedoch bedauerlich, wenn man politisch offiziell erst reagieren wollte, wenn das Ergebnis absolut unbestreitbar sicher und bewiesen vorliegt – indem man etwa 2020 einen Computer z.B. auf der IFA oder CEBIT öffentlich vorführt, der seinen Mentoren geistig ebenbürtig ist (allein die Geschwindigkeit derer „intelligenter“ Aussagen betreffend).

¹³¹ Hameroff, Stuart (2003): „*Time, Consciousness and Quantum Events in Fundamental Spacetime Geometry*“ / In: *The nature of time: Physics, geometry and perception - Proceedings of a NATO Advanced Research Workshop*, ed R Buccheri and M Saniga

¹³² www.google.de

¹³³ <http://www.application-systems.de/ilisten/>

¹³⁴ www.amazon.de

¹³⁵ <http://www.politikforum.de/forum/archive/12/2003/08/3/34528>

2.1.5 Vernetzung und Komplexität

„ Es steht zu erwarten, dass sich unsere Sichtweisen so verändern werden, dass wir eines Tages keine Schwierigkeiten mehr haben werden, Bewusstsein und Gefühle als emergente Eigenschaften hochkomplexer Gehirne zu verstehen,...¹³⁶

Wolf Singer

Die Fürsprecher des Bottom Up Ansatzes¹³⁷ sind heute bereits soweit gegangen, dass moderne Programmierverfahren die oben skizzierte „Strategie der Biologie“ in Konstruktion von Hardware und Software adaptieren. Resultat sind bezüglich der Software daher Algorithmen, die sich untereinander *korreliert und kohärent*¹³⁸ verhalten. Sie befinden sich praktisch in einer simulierten Evolution, wobei ihre Vernetzung Programm ist:

„Anders als in technischen Systemen ist im Gehirn keine Trennung zwischen Software und Hardware möglich. Im Gehirn wird das Programm für Funktionsabläufe ausschließlich durch die Verschaltungsmuster der Nervenzellen festgelegt. Die Netzstruktur ist das Programm. Die Algorithmen, nach denen die Großhirnrinde arbeitet, haben sich somit im Laufe der Evolution kaum verändert. {...} Dies legt die Schlussfolgerung nahe, dass in der Hirnrinde ein Verarbeitungsalgorithmus realisiert wird, der zur Behandlung unterschiedlichster Inhalte taugt und dessen Iteration alleine offenbar zu immer höheren kognitiven Leistungen führen kann.¹³⁹“

Die Erzeugung „immer höherer kognitiver Leistungen“ durch Iteration eines einzigen universellen Algorithmus, entspricht der Schachtelung, wie wir sie oben in der Hierarchie der Komponenten belebter organischer Materie skizziert haben. Das Gehirn verwendet diese Strategie der Schachtelung – da es nicht zwischen Hard- und Software unterscheidet - genauso bei seinen Algorithmen, wie bei seinen Zellen, Nukleinsäuren, Neurotransmittern, Atomen, Quarks, Quanten, usw.

„Es“ erzeugt Komplexität durch Iteration - diese überaus erfolgreiche Methodik wird von der KI technisch adaptiert, denn diese Lösung besitzt keine adäquat leistungsfähige Alternative.

¹³⁶ Singer, Wolf (2002): „Der Beobachter im Gehirn“ / Suhrkamp / FFM / S. 194

¹³⁷ Vernetzung bringt exponentielles Wachstum / induktiver Lösungsweg zu KI

¹³⁸ Singer, Wolf (2002): „Der Beobachter im Gehirn“ / Suhrkamp / FFM / S. 131

¹³⁹ Singer, Wolf (2002): „Der Beobachter im Gehirn“ / Suhrkamp / FFM / S. 64 – 65
(Hervorhebung nicht im Original)

Es braucht z.B. heute nicht mehr ausschließlich sehr langwierig immer komplexerer Code programmiert werden, um steigenden Ansprüchen gerecht zu werden, sondern vielmehr wird dem Code selbst bereits die Eigenschaft mitgegeben, in Segmenten aufeinander zu rekurren, um die korrelative Kohärenz der Biologie umzusetzen. Dieses Verfahren wird *Objektorientiertes Programmieren*¹⁴⁰ genannt, dessen modernste und zugleich leistungsfähigste Variante der praktischen Anwendung ist die sog. „*Unified Modeling Language (UML 2.0)*“¹⁴¹ – die Universalität der Einsatzgebiete¹⁴² der Objektorientierten Programmierung ist entscheidend, und führt zu wirtschaftlich sehr erfolgreichen Modellen – in Forschung und Praxis¹⁴³.

Im folgenden Kapitel 2.2 wird diesem bedeutenden Novum in der *Weise* der Konstruktion von *Software* gesondert Raum gewidmet – hier soll jedoch zunächst noch einmal verdeutlicht werden, welche Rolle der Aspekt der *Vernetzung* für die *Weise* der Konstruktion von *Hardware* spielt, nachdem wir einen Blick auf Implikationen der Politik in diesen Prozess geworfen haben.

Es mag recht merkwürdig erscheinen, dass moderne Supercomputer erst seit wenigen Jahren aus massiv parallel arbeitenden vernetzten CPU's konstruiert werden, obwohl die offensichtliche Notwendigkeit mathematisch absolut unausweichlich ist – und dies immer war, dennoch ist dies erst jüngst als wirtschaftlich störend eklatant geworden.

Es geht jedoch bei diesem Prozess nicht nur um Mathematik und Informatik, sondern - da der ganze Prozess nur auf einer breiten gesellschaftlichen Basis realisierbar ist - geht es dabei natürlich stets auch um Wirtschaft und Politik. Wo darf z.B. Intel eine neue Wafer Anlage errichten, ist es politisch vertretbar dies in Israel¹⁴⁴ oder besser Indien zu tun? Wer zahlt mehr Subventionen? Wo werden ca. 2 Milliarden \$ pro Fabrik investiert und welches Land erhält somit tausende Arbeitsplätze? Solche und ähnliche Fragen werden auf internationalem Parkett genauso diskutiert und verhandelt, wie die Frage, ob man besser heute oder morgen von linearer Skalierung (singuläre CPU) auf parallele Skalierung (multi core CPU's) der Produktion umschaltet, was erhebliche Kosten durch Umrüstung der Fertigungsstraßen impliziert, die wie erwünscht durch Subventionen mitfinanziert werden sollen, mit Verweis

¹⁴⁰ vgl. Gamma, Erich (1996): „*Entwurfsmuster - Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software*“ / Addison Wesley Longman Inc./ New York

¹⁴¹ Bezivin, Pierre / Muller, Pierre-Alain (1999): „*The Unified Modeling Language: UML '98 : Beyond the Notation : First International Workshop*“ / Springer

¹⁴² in Punkt 2.2.5 wird ein ausführliches Beispiel eines objektorientierten evolutionären Algorithmus namens „Gaia“ diskutiert werden.

¹⁴³ <http://www.cortex-brainware.de/training>

¹⁴⁴ <http://www.tecchannel.de/news/themen/business/405080/>

auf Absicherung der gewonnenen lokalen Arbeitsplätze für die „Zukunft“.

Es sind Entscheidungen der in diese Projekte investierten Unternehmen relevant, genauso wie politische Rahmenbedingungen der Nationen und Länder, die jene involvierten Unternehmen mit zahlreichen Gesetzen und ökonomischen Gegebenheiten beeinflussen – teilweise gezielt und teilweise auch indirekt. Um diese Entscheidungen gezielt zu beeinflussen, oder Richtlinien auf breiter Front und in kurzer Zeit zu verabschieden, fehlen der Politik bislang meist noch die geeigneten Instrumente. Wo sind solche enormen Subventionen sinnvolle Investitionen in die Zukunft von Arbeitsplätzen, und wo sind sie bloss ein Anreiz einen „toten Entwicklungsast“ länger als nötig künstlich „am Leben zu erhalten“?

Als abschreckendes Beispiel sei die Subventionierung des Bergbaus im Ruhrgebiet genannt, die eine verheerende CO₂ Belastung mit Steuergeldern fördert, obwohl klar ist, dass Kohle eine nicht erneuerbare Ressource ohne Zukunftspotential darstellt.

Es fehlt eine Handhabe Technologie zu „bewerten“ und politisch somit zu einem Instrument zu gestalten, mit dem man gezielte, planbare und koordinierte Einflüsse bewirken kann. Vor allem braucht man dazu eine *einheitliche* Handhabe in einer globalisierten Gesellschaft, wenn man vermeiden will, dass eine Nation die Bemühungen der anderen exakt konterkariert.

Ein sehr zu begrüßender Ansatz stellen die jüngsten Anstrengungen über ein „*Europäisches Institut für Technologie*“¹⁴⁵ dar.

Die Arbeit in diesem Feld macht nach Auffassung der betrauten Kommission nur in einem europäischen Rahmen Sinn, was die Reichweite der zu treffenden Entscheidungen verdeutlicht. Ausdrücklich soll mit den hier genannten Beispielen verdeutlicht werden, dass solch ein EU-Technik Institut nicht alleine stehen darf, sondern Bemühungen international in diese Richtung vorangetrieben werden müssen. Erst die Zusammenarbeit mehrerer solcher z.B. kontinentalen technologischen Ministerien, würde eine „gezielte Einflussnahme“ etwa auf „sustainable development“ in Punkto Technologie und Umweltfolgen effizient ermöglichen.

Ein weiteres bedeutendes und europäisches Thema sind *Patente*¹⁴⁶ auf Software und die anhaltende Diskussion über deren europäische einheitliche Realisation, die noch nicht abgeschlossen ist. Speziell auch die Bewegung des „Open Source“¹⁴⁷ Codes, die etwa das

145

<http://europa.eu.int/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/05/1150&format=HTML&aged=0&language=de&guiLanguage=en>

¹⁴⁶ <http://www.zeit.de/software/patente/index>

¹⁴⁷ <http://www.opensource.org/>

Betriebssystem Linux¹⁴⁸ stark voran treibt, sind Faktoren in diesem komplexen Feld von Politik und Entwicklung der Informatik.

Aber auch unabhängig von solchen Gegebenheiten fließen Millionen von privatem Vermögen oder auch Steuergeldern in Projekte, die nachweislich ohne volkswirtschaftlichen Nutzen blieben. Der einzige Gewinn, den man konstatieren kann liegt leider oft im erfolgten Erkenntniszuwachs. Hier besteht politischer Handlungsbedarf die Bemühungen und ökonomischen Anstrengungen sinnvoll zu leiten, zu fördern und zu koordinieren.

Zur Aushandlung von Richtlinien von Softwarepatenten etwa, wäre ein europäisches „Technologieministerium“ eine sicherlich nicht ungeeignete Instanz. Es muss eine Handlungsfähigkeit erzeugt werden, die nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten wenigstens „gleichschnell“ reagieren kann, wie die Instanzen der internationalen Konkurrenz. Indien etwa verfügt bereits über ein eigenes Ministerium¹⁴⁹ für „Informationstechnologie“. Im europäischen Raum wird dieses Ressort noch immer von anderen Ministerien wie etwa „Wirtschaft und Technologie“ in Deutschland, oder „Verkehr, Medien und Telekommunikation“ auf EU Ebene „mitverwaltet“.

Wenden wir uns nun erneut der Frage zu, was Software prinzipiell ein „Verstehen“ bzw. eine Intelligenz ermöglichen kann. Erst mit einem besseren Verständnis auf breiter gesellschaftlicher Basis für die Grundlagen von KI, ist ein demokratisch verantwortungsvoller Umgang mit dem Thema möglich. Diese Arbeit möchte einen Beitrag dazu leisten, technologische Evolution soweit möglich politisch verantwortungsvoll zu koordinieren. Es lässt sich zumindest soviel mit Sicherheit sagen: die Methode der Erforschung von KI basiert hauptsächlich auf dem gleichen Schema wie die evolutionäre Genese von organischen Gehirnen - *Trial & Error*:

„Die Verschaltungspläne von Gehirnen der gleichen Spezies weisen nur geringe interindividuelle Variabilität auf, weil die grundlegenden Organisationsprinzipien genetisch festgelegt sind. Hierin drückt sich das Wissen aus, dass im Lauf der Evolution *durch Versuch und Irrtum* und Selektion des Bewährten über die Welt erworben und in den Genen gespeichert wurde.“¹⁵⁰

¹⁴⁸ Jüngst (2005) ist die gesamte Stadtverwaltung Münchens von Microsoft auf Linux Betriebssystem gewechselt, was Metropolen wie Paris und Wien nun ähnliche Schritte prüfen lässt. – siehe: <http://www.muenchen.de/Rathaus/referate/dir/linux/89256/> & <http://www.uni-potsdam.de/db/elogo/html/modules.php?name=News&file=article&sid=6186>

¹⁴⁹ <http://www.mit.gov.in/>

¹⁵⁰ vgl. Singer, Wolf (2002): „Der Beobachter im Gehirn“ / Suhrkamp / FFM / S. 90 (Hervorhebung nicht im Original)

Diese Einschätzung ist ernüchternd, ob des hohen Anspruches der wissenschaftlichen Methode. Es zeigt sich aber, dass bei Berücksichtigung all der ineffizienten oder gar falschen eingeschlagenen Wege der KI Forschung, diese Wertung als realistisch einzustufen ist. Es dürfte von Interesse sein zu bemerken, dass es bislang und sehr wahrscheinlich auch künftig, niemals möglich war, Wissenschaft überhaupt in einem anderen Modus zu betreiben als mit der Methode des „*Trial und Error*“. Da a priori keine Kenntnisse über die Zukunft gewonnen werden können, die nicht spekulativ oder extrapoliert sind, muss sich alle Wissenschaft bei der Klärung bislang offener Fragen, auf das inhärente Risiko eines „Fehlschlages“ einstellen. Dies gilt aufgrund des durch Gödel nachgewiesenen Satzes der Unvollständigkeit, damit notwendig auch für alle bislang bereits als gesichert geltenden Erkenntnisse. Erkenntnisfähigkeit – das vermeintlich edelste Attribut der Intelligenz, wird in dieser Perspektive relativiert, zu einem mathematisch beschreibbaren Phänomen.

Die Frage erscheint daher berechtigt, ob überhaupt „Verständnis“ notwendig ist – um Intelligenz zu beschreiben, bzw. künstlich zu generieren, wenn Trial and Error als Strategie von z.B. Biologie und Informatik als richtungsweisend anerkannt werden?¹⁵¹

Pikant ist zudem, dass auch das menschliche Gehirn diese Strategie permanent anwendet - auf Makro-Ebene bei der praktischen lebensweltlichen Suche nach Lösungen genauso wie auf Mikro-Ebene bei der neuronaler Signalverarbeitung oft „unscharfer“ Herkunft. Das Gehirn bedient sich dabei der Fähigkeit zur „Prognose“¹⁵² von zu erwartenden Mustern, aufgrund von Erfahrungen und Konditionierungen. Schlägt eine Prognose fehl, so generiert es postwendend eine neue solche. Thomas Metzinger geht als Philosoph gar so weit zu sagen, dass der gesamte Entwurf einer Persönlichkeit einen „Versuch“ darstellt – nicht mehr und nicht weniger.

„One obvious consequence of this would be that the multimodal, high dimensional surface of our phenomenal world would start to dissolve. (...) We would experience it as a *possibility*, as only one of the countless hypotheses active and incessantly competing in the system.“¹⁵³

Das inverse Argument dazu wäre etwa: Wie sollte es sich mit wissenschaftlicher *Forschung sui generis* überhaupt anders verhalten können, als mit der biologisch / informatorischen Beschaffenheit *ihrer Subjekte*?

¹⁵¹ <http://ai-depot.com/Polls/984.html>

¹⁵² vgl. Hawkins, Jeff (2004): „*On Intelligence*“ / Times Books / New York

¹⁵³ Metzinger, Thomas (2003) : „*Being No One*“ – The Self model theory of subjectivity / MIT Press Cambridge / S. 194 (Hervorhebung im Original)

Der MIT Professor Seth Lloyd, schlägt die Methode des *Trial and Error* sogar als Grundlage der Existenz des Kosmos vor:

„For billions of years, the universe has painstakingly designed new structures by a slow process of trial and error. Each „Aha“ in this design process is a tiny quantum accident, whose consequences are elaborated by the laws of physics. Some accidents work out, others don't. After billions of years, the result is us, and everything else.“¹⁵⁴

Derlei Argumente sind geeignet, berechtigte Kritik an dem ganzen Projekt der KI zu entfachen. Können wir a priori nie gezielter agieren – als durch „Ausprobieren“?

Derlei Einwänden kann man kaum besser als mit harten wissenschaftlichen – vorzugsweise mathematischen - Beweisen, Messungen und Fakten begegnen.

Wir wollen fortfahren diese Fakten zu analysieren, und die philosophische Betrachtung später fortsetzen.

Vernetzung ist, wenn man mit mathematischen Begriffen operiert, in der Welt der Leistungsparameter von Hardware geradezu ein Paradebeispiel für den viel zitierten Quantensprung. Nicht nur alle modernen Großrechner basieren auf diesem Prinzip, letztlich auch das Internet selbst, dass sich physisch als weltweite Vernetzung von einzelnen Prozessoren generiert. Insofern ist es auch mit der strategischen „Einbahnstrasse“ der heutigen linearen Computer möglich, über den Umweg des Internet eine vernetzte Lösung zu generieren, jedoch auf einem praktisch viel zu großen Areal, um es wirklich effizient arbeiten zu lassen. Jeder Heimanwender des Internet, partizipiert an diesem globalen Netzwerk – und die Leistungsfähigkeit der kumulierten CPU's aller Heimrechner ist weltumfassend betrachtet sicherlich immens. Dennoch ist das Internet heute noch vergleichsweise *langsam* in weiten Teilen, bedingt durch sog. „Flaschenhälse“ wie Engpässe in Serverzentren, oder das verwendete Kupfer auf der viel zitierten „letzten Meile“¹⁵⁵ zum Endanwender.

Wir wollen hier eine weitere kleine Beispielrechnung zur Veranschaulichung anstellen:

Ein *einzelner* relativ bescheiden dimensionierter Superrechner, wie er etwa heute am Albert Einstein Institut¹⁵⁶ in Potsdam steht, ist in absoluten Zahlen stärker als das *globale* Internet hinsichtlich seiner „Rechen Performance“.

Der Grund liegt neben der Transfermenge von Daten, vor allem an der Distanz der beteiligten

¹⁵⁴ Lloyd, Seth (2006) „*Programming the Universe*“ / Random House / New York/ S. 211

¹⁵⁵ http://de.wikipedia.org/wiki/Letzte_Meile

¹⁵⁶ http://www.brandenburg.de/sixcms/detail.php?id=89914&_siteid=13

Einheiten. Der Erdball hat 12.000 Kilometer Durchmesser – wohingegen ein humaner Schädel auf einem Durchmesser von ca. 12 cm - das ist um den Faktor 100 Mio. kleiner - ein Vielfaches an „Recheneinheiten“ beherbergt. Bis Ende 2004 wurden weltweit etwa 820 Millionen PC's aktiv genutzt – bis 2007 sollen es 1 Milliarde¹⁵⁷ sein. Die Zahl der Neuronen im Gehirn liegt bei besagten 100 Milliarden – es resultiert also ca. *ein differierender Faktor 100* für die Zahl der „Recheneinheiten“ - (Von Neumann) Heimrechner vs. Neuronen - im Vergleich Anzahl Neuronen im Gehirn vs. Internet partizipierender Rechner.

Das Gehirn ist 100 Millionen Mal kleiner als der Erdball und beherbergt dennoch 100 Mal mehr „Recheneinheiten“ – wenn man CPU's und Neuronen vergleicht - das ist Stand 2005.

Alle privaten Rechner des gesamten Internet sind kumuliert in ihrer Leistung also noch Größenordnungen von der Leistung eines *einzig* menschlichen Gehirns entfernt. Ein Superrechner, liegt etwa in der Mitte dieser Dimensionierungen – er füllt in der Regel einige Industriehallen. Womit er im Vergleich zu einem biologischen NN riesig ist und sehr langsam – im Vergleich zum globalen Internet allerdings winzig und extrem schnell. Diese Rechnung kann man jenen Überoptimisten entgegenhalten, die davon reden, dass „quasi täglich“ damit zu rechnen ist, dass das „Internet als globale KI“ zum „Leben erwacht“ und plötzlich autonom und evtl. „gefährlich“ zu Handeln begännen. Solche Spekulationen können wir als haltlose Missachtung der realen Verhältnisse weit von uns weisen. Was haben Von Neumann PC's, Supercomputer und Neuronale Netze gemeinsam? Die Lichtgeschwindigkeit¹⁵⁸ ist für Datenverarbeitung bindend – egal ob Internet, Superrechner oder KNN bzw. BNN, für alle bislang bekannten biologischen oder technischen Verfahren. Insofern ist es zusätzlich sehr entscheidend, neben der schieren Zahl von Einheiten und deren massiver *Vernetzung*, die *Informationsverarbeitung*, zugleich auch auf möglichst engem *Raum* zu realisieren.

Die physische Nähe der verschalteten Einheiten ist dabei wesentlich wichtiger als man denken mag. Die Schaltzeiten eines Transistors liegen wie erwähnt im Nanosekunden Bereich, die eines Neurons dagegen im Millisekunden Bereich. Hier klafft eine Lücke vom Faktor eine Million, allein in Punkto Schaltzeit der Einheiten. Die kumulierte Zahl der Verbindungen, die alle Neuronen in einem menschlichen Gehirn mit ihren Verbindungsfasern realisieren, liegt

¹⁵⁷ vgl. Kurzweil, Ray (2005): „*The Singularity is near*“ / Penguin Books / New York – oder: <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=262918&tmp=34428>

¹⁵⁸ vgl. Hawking, Stephen W. (1988): „*A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes*“ / Bantam

bei beachtlichen *10 Millionen Kilometern*.

Während diese 10 Millionen Kilometer¹⁵⁹ im überschaubaren Volumen von ca. 1,4 Kg Neuronenmasse eines humanen Schädels Platz finden, potenziert sich die Entfernung der Recheneinheiten und der somit notwendigen Kabel, im Falle des vernetzten Erdballs mit einem Faktor mehrere Milliarden. Wir sehen, die größten Unterschiede liegen hauptsächlich in den Größenordnungen vom Raum und Zeit, was den Vergleich globales Internet und einzelnes menschliches Gehirn betrifft. Ansonsten sind beide sowohl in der Weise der Berechnung als auch in der Weise der systeminternen Komplexität hochgradig ähnlich. Internet wie Gehirn, basieren auf der „organisch gewachsenen“ Vernetzung von Millionen bzw. Milliarden einzelnen „operativen Einheiten“. Es resultiert in beiden Fällen ein System hoher Komplexität und Rechenkapazität, nur ist das Internet technisch konstruiert und das Gehirn organisch autopoietisches Produkt der Evolution.

Die Topologie der Struktur ist hier also verantwortlich dafür, dass das Internet „langsam“ ist im Vergleich mit einem Gehirn, nicht zuletzt wegen seiner *enormen räumlichen Ausdehnung* sowie der dadurch involvierten „Millionen“¹⁶⁰ Kilometer Verbindungskabel.

Die Entwicklung des Internet wird allerdings auch erst ca. 4 Dekaden lang forciert, die Evolution des heutigen menschlichen Gehirns benötigte dagegen 4 Milliarden Jahre.

Wir wollen hier nur festhalten, das systemisch betrachtet, eine hohe Ähnlichkeit zwischen den Strukturen der Organik und der Technologie besteht, wenn man einmal kurz über dem Umstand der verschiedenen Größenordnungen der Systeme hinwegsieht, der sich zudem technisch rasant verändert, spricht immer weiter „annähert“. Dazu tragen Entwicklungen bei, die man gemeinhin als „*Skalierungsphänomene*“ der Technologie betitelt. Die Nennwerte der Leistungen lassen sich relativ schnell um ganze Größenordnungen nach oben verschieben.

Dass Prinzip wollen wir an einigen praktischen Beispielen kurz illustrieren:

Das Internet wird gegenwärtig zunehmend beschleunigt durch Breitbandverbindungen, Glasfaserkabel und ein immer leistungsfähigeres Netz von Satelliten. Als Pilotprojekt für flächendeckende Glasfaser Internet Versorgung einer ganzen Stadt, plant Amsterdam¹⁶¹ bis 2010 die komplette Anbindung aller 737.000 Einwohner und zirka 450.000 Gebäude. Die EU-

¹⁵⁹ vgl. Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn*“ / Suhrkamp / FFM / S. 216 –
oder auch: http://www.zm-online.de/m5a.htm?/zm/1_04/pages2/titel1.htm

¹⁶⁰ Um die Fußball Weltmeisterschaft 2006 auszustrahlen, konnte allein die Deutsche Telekom auf ein Glasfasernetz von 20.000 Kilometer zurückgreifen, mit dem sie 1,5 Mrd. Menschen weltweit mit einer Datentransfermenge von 480 Gigabyte/sec im optischen Teil der Netze versorgen konnte. Zusätzlich verfügt die Telekom über ein kupferbasiertes Kabelnetz, dass nach Angaben des IT Fachblattes „CT“ 460.000 Kilometer Länge im Jahr 2000 betrug. – siehe online: <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/5/5249/1.html>

¹⁶¹ <http://www.heise.de/newsticker/meldung/64733>

Kommission muss das mit 800 Mio. € taxierte Projekt allerdings noch genehmigen. Mit dieser Technologie lassen sich leicht ein *Gigabit/sec* Übertragungsleistung für jeden einzelnen Endkunden realisieren, wohingegen Kupferkabel heute mit der DSL¹⁶² (*Digital Subscriber Line*) Technologie meist lediglich 1- 6 *Megabit/sec* leistet. Die Steigerung beträgt hier also ca. den *Faktor 1000*, was gut illustriert, welches ungenutzte Potential für das Internet noch „brach“ liegt.

Um die Grenzen der Glasfaser Technologie die heute verfügbar ist auszuloten, hat eine deutsche Forschergruppe des Fraunhofer Instituts für Nachrichtentechnik¹⁶³ es im März 2006 erstmals geschafft den 5 Jahre alten Rekord eines japanischen Teams von 1,28 Terabit/sec zu überbieten. Das deutsche Team erreichte durch die Codierung von 4 simultanen Phasenzuständen in jedem gesendeten Lichtpuls den Wert von 2,56 *Terabit /sec*.¹⁶⁴

Diese Welrekord Leistung entspricht der Transfermenge von 60 DVD's pro Sekunde. Als denkbare Anwendung solcher enormer Transferleistungen nennt das Heinrich Hertz Institut Berlin etwa die Ausstrahlung von „3D – Fernsehern“¹⁶⁵ über das Internet. Wird diese Technologie für den Endkunden verfügbar gemacht, so wird das aktuell im Labor schon funktionale „Terabit-Internet“ um den Faktor 1 Million schneller sein, als das heutige im Masseneinsatz befindliche „Megabit-Internet“. Es wäre von wirtschaftlich höchstem Vorteil für den Standort, wenn diese Innovation durch Kooperation von Forschung und Industrie auch bis zur Marktreife in Deutschland entwickelt wird. Zudem würde die Kluft der Leistungsfähigkeit zwischen Internet und biologischem NN abermals erheblich reduziert, was für die Emergenz von KI als förderlich gelten darf.

„Erfahrungen aus den USA zeigten, dass eine Versorgung mit schnellen Datenleitungen neue Arbeitsplätze schaffe, so Reding. Kommunen würden demnach mit einer starken Breitbandnutzung ein Prozent mehr Wirtschaftswachstum aufweisen, als Kommunen ohne. Wenn der Markt nicht von allein für die Verbreitung der Technik Sorge, sei die EU zur gezielten Förderung bereit, so die zuständige EU-Kommissarin Viviane Reding.“¹⁶⁶

EU-weit gibt es derzeit 60 Millionen Breitbandanschlüsse, das entspricht einer Durchdringungsrate von 13 Prozent. In den USA liegt die die Rate bei 14,5 Prozent, im

¹⁶² Giovanetti, Emanuele (2003): „*The Internet Revolution: A Global Perspective*“ / Cambridge University Press / S. 42

¹⁶³ <http://www.hhi.fraunhofer.de/german/index.html>

¹⁶⁴ <http://futurezone.orf.at/hardcore/stories/97102/>

¹⁶⁵ <http://www.hhi.fraunhofer.de/german/im/profile/>

¹⁶⁶ <http://futurezone.orf.at/it/stories/97332/>

Vorzeigeland Südkorea bei 26 Prozent. Es ist daher das Bestreben der EU, bis 2010 jeden zweiten europäischen Haushalt mit Breitband Internet zu versorgen, um im internationalen Vergleich aufzuholen. Diese Initiative ist aus Sicht dieser Dissertation sehr zu begrüßen. Es bleibt zu hoffen, dass sich das Vorhaben auch politisch und finanziell realisieren lässt. Das Internet gewinnt durch solche und ähnliche technologische Innovationen permanent an Geschwindigkeit, so eignet es sich dort, wo hochleistungsfähige Verbindungen bereits etabliert sind, z.B. die global verteilten Supercomputer *selbst* untereinander zu vernetzen. Die erste transatlantische Vernetzung dieser Art - ca. 40 Gigabit/sec Transferleistung¹⁶⁷ über ein spezielles „wissenschaftliches Internet“ - gelang bereits 1997¹⁶⁸, heute wird an einer globalen ubiquitären Variante gearbeitet. Die Vision ist das sog. „Evernet“¹⁶⁹ – Internet überall, jederzeit und nahezu unbegrenzt leistungsfähig. Internet und somit Information würde damit zu einem Mittel infrastruktureller Grundversorgung, mit vergleichbarem oder höherem Verbreitungsgrad wie Wasser und Strom, da es eben auch drahtlos dem Endkunden angeboten werden kann, auch in entlegendsten Gebieten wie einem Kloster im Himalaya oder mitten in einem Forschungscamp in der Sahara oder der Antarktis - etwa per Satellit.

Nehmen wir diese Beispiele der Möglichkeiten Technologischer „Skalierung“, so bedeutet dass, angewandt in der KI auf die Frage nach der Homöostase der Informationsverarbeitungskapazität von Technik und Organik folgendes:

Man müsste lediglich etwa 1000 Supercomputer weltweit per Terabit Glasfaser vernetzen – jedes der Geräte des notwendigen Typs müsste 20 Teraflops leisten, wie das Spitzenmodell¹⁷⁰ Stand 2004 – und man könnte so bereits heute die geforderten 20.000 Teraflops realisieren, die man zur Simulation des Geschwindigkeit Parameters eines menschlichen Gehirns, den Pionieren des Gebietes zur Folge benötigt. Die Umsetzung eines solchen Projekts ist rein monetär limitiert.

Allerdings wäre diese Realisation *räumlich stark verteilt* und daher trotz der nominalen 20.000 Teraflops im Endergebnis wahrscheinlich noch immer zu langsam und vor allem räumlich zu groß, für praktische Aufgaben in der KI. *Distributive KI*, wie dieses Konzept im Fachjargon betitelt wird, ist also eher eine sekundäre Entwicklungsrichtung von KI, wesentlich leichter zu realisieren, dürfte nach dieser Argumentation eine lokale KI sein, die wir in ihrer Weise der Konstruktion in Kapitel 4.2.2 „*Die physische Form von KI und ihr*

¹⁶⁷ <http://www.theorie.physik.uni-muenchen.de/~wgv/sinsee/mpg.htm>

¹⁶⁸ <http://www.uni-stuttgart.de/aktuelles/presse/1997/54.html>

¹⁶⁹ Steuerer, Jakob (2002): „*Die dritte Welle der Mobilkommunikation*“ / Springer / S. 20

¹⁷⁰ <http://www.top500.org/ORSC/2004/>

Einfluss auf Unternehmen“ erörtern wollen.

Wofür das Internet mit seiner enormen Kapazität heute bereits genutzt werden kann, ist z.B. die Kumulation der freien Rechenleistung von Endanwendern, in sog. GRID Projekten. Projekte wie „SETI“¹⁷¹, oder „Protein Folding“¹⁷² kann man frei downloaden, und so als einer von Millionen Usern an internationalen Forschungsprojekten mit der CPU seines Heimrechners an global distribuierten Rechenaufgaben partizipieren, wenn man möchte. Seti@home erfreut sich derzeit ca. 5,4 Mio. Mitgliedern die gemeinsam bislang 2,4 Mio. Jahre¹⁷³ Rechenzeit „gespendet“ haben. Erstaunlich dabei ist, dass es technisch reibungsfrei realisierbar ist, die marginalen Einzel-Rechenleistungen von Millionen Usern zu koordinieren, so dass ein homogenes Ergebnis resultieren kann. Solche Projekte tragen mitunter dazu bei, dass Forschungsaufgaben, die keine ausreichende staatliche Finanzierung erhalten können, dennoch auf diesem Wege an die benötigten Ressourcen „quasi öffentlich“ kostenlos gelangen können, was prinzipiell zu begrüßen ist.

Das Leibniz Rechenzentrum der Universität München, hat im Sommer 2006 einen eignen extrem leistungsfähigen lokalen Rechner in Betrieb genommen, mit einer Leistung von 33 Teraflop pro Sekunde.¹⁷⁴ Die Investitionssumme von 38 Mio € haben sich Bayern und der Bund geteilt. Beide politischen Finanzierungspartner erachten den Bau von Supercomputern für Forschung und Wissenschaft als enorm wichtigen Faktor. So heißt es in einem Protokoll der Bayrischen Akademie der Wissenschaften:

„Die Verfügbarkeit von Höchstleistungsrechnern hat sich zu einem *entscheidenden Standortfaktor* im internationalen Wettbewerb in Wissenschaft und Technologie entwickelt. Der Wissenschaftsrat hat bereits im Jahr 2000 in seiner Empfehlung zur Nutzung von Höchstleistungsrechnern in Deutschland darauf hingewiesen, dass ein fortlaufender qualitativer und quantitativer Ausbau der Rechnerversorgung *unverzichtbar* ist und hierzu Rechner der höchsten Leistungsklasse notwendig sind. Das Leibniz-Rechenzentrum wird mit der Neubeschaffung auch in die Lage versetzt, sich als möglicher Standort für einen künftigen europäischen Höchstleistungsrechner zu empfehlen. (...)Die Bayerische Akademie der Wissenschaften wurde 1759 in München mit dem Auftrag gegründet, "alle Sachen mit Ausnahme der Glaubenssachen und politischen Streitigkeiten ... zu Gegenständen der Untersuchung zu nehmen". Mit über 300 hauptamtlichen Mitarbeitern und einem Jahresetat von rund 32 Mio. Euro ist sie heute die größte der insgesamt sieben wissenschaftlichen Akademien in der

¹⁷¹ <http://www.setigermany.de/>

¹⁷² Friesner, Richard A. / Prigogine, Ilya / Rice, Alan Stuart (2002): „*Computational Methods for Protein Folding*“ / Wiley – oder online: <http://folding.stanford.edu/>

¹⁷³ <http://seticlassic.ssl.berkeley.edu/totals.html>

¹⁷⁴ <http://www.uni-protokolle.de/nachrichten/id/92862/>

Bundesrepublik. Ihr Schwerpunkt sind interdisziplinäre Grundlagenforschung und langfristig angelegte Forschungsprojekte im geisteswissenschaftlichen und naturwissenschaftlichen Bereich.¹⁷⁵

Diese Einschätzung der *Unverzichtbarkeit* von Hochleistungsrechnern für die moderne Wissenschaft und die internationale Wettbewerbsfähigkeit unterstreicht nochmals die oben dargelegten Kausalitäten. Wenn wir zur Kenntnis nehmen, dass sowohl Ziele der Naturwissenschaften als auch der Geisteswissenschaften, in interdisziplinärem Ansatz, laut erklärter Absicht der Akademie mit dem verfügbaren Jahresetat erforscht werden sollen, dann dürfte insbesondere die Erforschung der KI ein Ziel des Baus von heutigen Supercomputern darstellen. Wir werden im Abschluss der Arbeit im Kapitel 4.3.3 insbesondere die Förderung von Supercomputern als ein zentrales Element der Gestaltung von künftiger Forschung, Bildungsoffensiven und Sicherung von Arbeitsplätzen als politische Handlungsempfehlung identifizieren.

Betrachten wir, um Fragen wie oben näher zu erörtern, etwas präziser die Diskrepanz der Informationsverarbeitungsweise in Gehirn und Computer hinsichtlich deren Dimensionierungen *in Raum und Zeit*:

Der Vorteil der Prozessoren Schaltgeschwindigkeit, wird also mehr als negativ überkompensiert, durch die ungeheure Größe der Distanz der Recheneinheiten und den damit verbundenen Übertragungszeiträumen für Information. Computer sind schnell auf Ebene ihrer Prozessoren, aber ihre Vernetzung durch das Internet ist bis dato extrem ineffizient und langsam, aufgrund der global verwendeten Kupferkabel und deren räumlicher Ausdehnung. Benötigt z.B. ein Signal einer CPU in Tokyo zur Kommunikation mit einer CPU in New York, bei Lichtgeschwindigkeit des Signals und minimaler Schaltzeit aller involvierten Relais, nur eine einzige Sekunde, so wäre dies bereits um einen Faktor *eine Milliarde* langsamer, als die Schaltzeit eines Transistors – der ca. eine Nanosekunde¹⁷⁶ benötigt für eine elementare Gleitkommarechenoperation. Das ist wohlgermerkt die Diskrepanz von lokal zu global in einem rein technischen Vergleich der Systeme. Man erkennt, dass selbst bei extremstem technischen Fortschritt, allein die Konstante der Lichtgeschwindigkeit zu einer lokalen Strategie zwingt, weil die zu überbrückenden Entfernungen sonst jede Rechengeschwindigkeit der Supercomputer zu Nichte machen. Wenn auch teilweise global

¹⁷⁵ s.o. - Weitere Informationen: <http://www.badw.de> (Hervorhebungen nicht im Original)

¹⁷⁶ <http://www.iicm.edu/greif/node10.html>

distributive Systeme wie „SETI“¹⁷⁷ oder „Folding@home“¹⁷⁸ Erfolge vermelden, so darf dies nicht darüber hinweg täuschen, für die Zukunft der KI sind solche Erfolge eher Nebenschauplätze – KI wird an lokalen Standorten zuerst emergieren.

In der Biologie sind die Zahlen der physikalischen Grenzwerte ebenfalls die primären limitierenden Faktoren, wenn es um Leistungsmerkmale geht. Aufgrund der Verwendung von Neurotransmittern, Neuropeptiden¹⁷⁹ und Hormonen muss permanent eine sog. Translationsarbeit verrichtet werden, von elektrischen in chemische Impulse, was die physikalische Obergrenze von Informationsverarbeitung und Signalweiterleitung wesentlich in Bezug auf Geschwindigkeit determiniert. Dennoch ist ein NNN die schnellste und zugleich räumlich kleinste heute existierende Aggregation von informationsverarbeitenden Molekülen die existiert. Würde man allerdings einen modernen Supercomputer, der aktuell etwa eine große Sporthalle füllt, auf Größe eines Fußballs (bzw. auf die Abmessungen eines humanen Schädels) schrumpfen können und zusätzlich seine Rechenleistung um den Faktor 1000 heraufskalieren (sprich proportional zu den sonstigen Strukturmerkmalen erhöhen) – dann wäre eine solche Konstruktion durchaus geeignet für die Sphäre „*biologischer Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit*“. Wir müssen sogar konstatieren, dass ein derartiges Verfahren der Leistungssteigerung und gleichzeitigen lokalen Miniaturisierung *das einzige* derzeit bekannte Verfahren darstellt, dass berechtigt Aussicht auf Erfolg des Projektes KI hat, wenn man es zugleich mit der oben als unabdingbar identifizierten Strategie der *Vernetzung* kombiniert anwendet.

Damit haben wir ein zweites wichtiges Argument, der Einzigartigkeit der „Lösungen der Natur“ erarbeitet. Wir hatten weiter oben durch mathematische Überlegungen gefunden, dass *Vernetzung* den einzigen Weg zu der enormen für Intelligenz notwendigen Komplexität darstellt. Nun haben wir, wiederum über mathematische Notwendigkeit erarbeitet, dass bei aller Finesse der Technik, *Miniaturisierung* ebenfalls der einzige gangbare Weg ist, um Komplexität auf der benötigten Stufe der Verarbeitungsgeschwindigkeit zu realisieren. Es gibt zu beiden Strategien von *Vernetzung und Miniaturisierung* keine bislang bekannte praktikable Alternative, daher muss die KI Forschung in beiden Fällen notwendig dem Beispiel der Natur folgen. Wir halten diese beiden Strategien als die *Kernelemente* der Realisation von KI fest. KI Forschung ist heute in der Tat genau darauf konzentriert. Heutige künstliche Neuronale Netze finden Platz z.B. auf einzelnen Computerchips, die das materielle Substrat bis an die

¹⁷⁷ <http://www.setigermany.de/>

¹⁷⁸ <http://folding.stanford.edu/>

¹⁷⁹ vgl. Roth, Gerhard (2003): „*Fühlen, Denken, Handeln – Wie das Gehirn unser Verhalten steuert*“ / Suhrkamp / FFM / S. 120

atomare Grenze hin ausreizen, um eine so hohe wie mögliche Vernetzung auf aller kleinstem möglichem Raum zu gestatten. Bis heute ist so eine beachtenswerte Annäherung an die Leistungsfähigkeit der Strategie der Natur gelungen, aber noch liegt eine finale Diskrepanz zwischen Original und „Kopie“.

Die spannenden Fragen für die kommenden 1 bis 2 Dekaden werden daher sein:

Wurden strategisch die richtigen Entscheidungen getroffen bei dem Projekt KI ? – und wenn ja, wie lange wird es dauern, bis die Kopie dem Original ebenbürtig sein wird? – und schließlich: mit welchen Ergebnissen dürfen wir rechnen, wenn das Projekt KI gelingt?

2.2 Evolutionäre Algorithmen, „biologische Strategien“ implementiert in Software

Evolution -> Emergenz -> Komplexität -> Software?

2.2.1 Freiheitsgrade von heutiger Software

*„Am Ende hängen wir doch ab von Kreaturen, die wir machen.“
Mephistopheles in Goethes „Faust. Der Tragödie zweiter Teil“*

Es gibt heute unzählige verschiedene Programme, Betriebssysteme und Softwarekomplexe für alle erdenklichen Zwecke. Dabei haben alle diese einzeln recht unterschiedlichen Kompendien von Operatoren, Algorithmen, Klassen und Befehlssätzen eines gemeinsam – sie verarbeiten Information in determinierter Weise. Es gibt in diesen Systemen keinen Freiheitsgrad für Kontingenz – bislang nicht. Welche Software wird heute *alltäglich* hauptsächlich verwendet? – Ein exemplarischer Auszug:

- Textverarbeitungsprogramme / Text Edit - Word¹⁸⁰ – usw.
- Datenbankprogramme / Access - Filemaker – mySQL¹⁸¹ – usw.
- Grafikprogramme / Photoshop¹⁸² – Corel Draw – Paint – usw.
- Programme zum Entwurf von dreidimensionalen Objekten / Lightwave¹⁸³ – 4D Studio
- Architekturprogramme / Profi CAD – ArCon¹⁸⁴ – usw.
- Programme zum Verarbeiten von Videosequenzen / Final Cut¹⁸⁵ – Premiere – usw.
- Wissenschaftliche Programme / Mathematika – Blast – Gambit – Swarm¹⁸⁶ – usw.
- Warenwirtschaftssysteme zur Koordination von Ein/Verkauf – SAP¹⁸⁷ – Oracle, usw.

Der Anwender wünscht beim Betrieb solcher Programme, bei jeder seiner Aktionen eine zuvor exakt definierte Handhabung der gewünschten Operation, angewendet auf das gewünschte Objekt. Etwa: Diese Grafik soll im Verhältnis 4:3 skaliert werden – Diese

¹⁸⁰ <http://office.microsoft.com/de-de/default.aspx>

¹⁸¹ <http://www.mysql.de/>

¹⁸² <http://www.adobe.de/products/photoshop/main.html>

¹⁸³ <http://www.newtek.com/>

¹⁸⁴ <http://www.arcon-software.com/>

¹⁸⁵ <http://www.apple.com/finalcutstudio/finalcutpro/>

¹⁸⁶ <http://webrum.uni-mannheim.de/sowi/elff/SciSoft.html>

¹⁸⁷ <http://www.sap.com/germany/index.epx>

mathematische Funktion soll als eine grafische Parabel dargestellt werden – diese Videosequenz soll mit der folgenden mit dieser dreidimensionalen Transition ineinander fließen, oder diese Warengruppe soll automatisch nachbestellt werden, wenn das Lager signalisiert die Ressourcen gehen zur Neige, etc.

Was als Reaktion unbrauchbar wäre, ist ein „unvorhersehbares“ Verhalten von Software – ihre *strikte Determination* ist der „modus operandi“ von Software per se – sie ist notwendige und hochgradig erwünschte Bedingung ihres Funktionierens.

Wie wir bei jeder Introspektion erfahren, verhält es sich mit der biologischen neuronalen Verarbeitung von Information jedoch grundlegend anders.

Unstrittig ist jedoch, wir wissen *nie* absolut sicher, welche Reaktion (man selbst oder) ein Mitmensch auf eine gegebene Information erfolgen lassen wird – dies steht in direktem Kontrast zu allen Funktionen der hier aufgezählten Software. Um mit Luhmann zu reden, nennen wir diesen Zustand „*Doppelte Kontingenz*“¹⁸⁸. Wie dargelegt ist diese „Unentscheidbarkeit“ der jeweils folgenden (Sprech-) Handlung des Gegenübers auch eine der wesentlichen Stärken der biologischen Informationsverarbeitung.

Für den alltäglichen Umgang mit Software wäre diese „Stärke“ ebenfalls wünschenswert, allerdings in parametrisierbarer Form, um Grenzen der Funktion „Unentscheidbar“ definieren zu können. Um dies zu erreichen, gestattet man moderner Software eigene Freiheitsgrade – gibt ihr Raum für unvorhersehbares Verhalten – zum Nutzen des Anwenders. Die Informatiker die dies erforschen, haben ihre Algorithmen daher mit der Spezifikation „evolutionär“ bzw. „genetisch“ versehen. Die *Evolutionären Algorithmen*¹⁸⁹ tragen ihren Namen einerseits, um die Anlehnung ihrer Strategie an die Erkenntnisse der Biologie anzuzeigen, andererseits aber auch, um ihre Fähigkeit anzuzeigen sich selbst zu entwickeln und sich auch selbst per Selektionsvorteil in einem „Pool“ von Konkurrenten durchzusetzen. Die Algorithmen können so per zufälliger „Mutation & Selektion“ nach zuvor definierten Kriterien eigene Lernprozesse repräsentieren, und durch diese „simulierte Evolution“ auch völlig neue Fähigkeiten¹⁹⁰ hervorbringen.

Nachdem die Hardware in Grundzügen bereits der Adaption der biologischen Vorgaben folgt, und an Effizienz stetig weiter zu dem biologischen „Vorbild“ aufschließt, so ist es heute

¹⁸⁸ Schützeichel, Rainer (2003): „*Sinn als Grundbegriff bei Niklas Luhmann*“ / Campus / S. 73

¹⁸⁹ vgl. Goldberg, David E. (1989): „*Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*“ / Addison Wesley

¹⁹⁰ vgl. Holland, John H. et al. (1994): „*When Will a Genetic Algorithm Outperform Hill Climbing*“ / In: „*Advances in Neural Information Processing Systems*“ / Volume 6. / Morgan Kaufmann

in vielen Anwendungen bereits realisiert, dass auch die Software an evolutionäre Strategien adaptiert¹⁹¹ wird.

Wir wollen allerdings in das Thema der Software Entwicklung etwas grundlegender einsteigen und die „klassische formale Logik“ als Beginn der Ära von heutiger Software wählen. Betrachtet man etwa einen gewöhnlichen Taschenrechner, so vollführt dieser alle seine Rechenoperationen lediglich mit der Grundrechenart der Addition. Was zunächst erstaunlich klingt, ist ein Ergebnis der Ökonomie der Logik. Extra Schaltungen zu entwerfen und technisch zu realisieren, für jede Grundrechenart, wäre aufwändiger und teurer, als durch logische Transformationen¹⁹² ein und die gleiche Schaltung differenziert rechnen zu lassen. Mit wenigen logischen Operatoren¹⁹³, wie UND / ODER / NICHT / NICHTODER, etc. lassen sich alle Grund-Rechenoperationen ausführen und durch deren geeignete Kombination wiederum alle Operationen oben skizzierter konventioneller determinierter Software. Dabei bedarf es allerdings einer zuvor festgelegten Kombination von gleichen elementaren Schaltern, die eben durch diese Operatoren angesteuert werden können, mit Signalen von 0 und 1. Das Prinzip hinter dieser „Ökonomisierung“ von logischen Operatoren, hat sich trotz seiner Trivialität bis heute nicht gewandelt. Wo immer möglich, werden sie substituiert, oft in Klassen zusammengefasst, und nur noch durch einen rein numerischen Aufruf initiiert. Zeitersparnis, Effizienz und Übersichtlichkeit der verwendeten Konstituenten sind bei diesem Prinzip primär priorisiert. Nahezu identische Priorisierung gilt im Beispiel des Taschenrechners für dessen Hard & Software. Die Linearität dieses Musters ist dessen Stärke – wenn alles richtig „gebaut und verbunden“ wurde, kann das System nicht anders als seinen Zwecken gemäß *perfekt* funktionieren.

Ein Taschenrechner der intakt ist und bleibt, wird nicht in einer Million Jahren, auch nur einen einzigen Fehler produzieren – *er kann es nicht* – er hat keinen Freiheitsgrad einen Fehler zu machen, sein Funktionieren ist sein einziger Freiheitsgrad, ansonsten wäre er nicht mehr intakt.¹⁹⁴

Diese Unfreiheit fehlbar zu sein, sieht hier zunächst nach einer „Stärke der Maschine“ aus, wir werden diese Perspektive hier allerdings genau invertiert instrumentalisieren für die KI. Diese Unfreiheit, soll sich in der Folge der Überlegungen als die zentrale Schwäche erweisen.

¹⁹¹ Holland , John (1975): „*Adaption in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control and Artificial Systems*“ / The University Press of Michigan Press / Ann Arbor

¹⁹² <http://goethe.ira.uka.de/fsynth/publications/postscript/KuEi96.ps>.

¹⁹³ http://www.educat.hu-berlin.de/mv/logische_operatoren.html

¹⁹⁴ Praktisch betrachtet wird er in dieser Zeit einen Defekt erleiden, aufgrund von Verschleiß, aber für die zu zeigende Überlegung ist das irrelevant.

2.2.2 Operatoren und Grenzen der Logik / Turing & Gödel

*„Der letzte Schritt der Vernunft ist, anzuerkennen,
daß unendlich viel über sie hinausgeht.“*

Blaise Pascal

Der Stärke des Prinzips der Unfehlbarkeit¹⁹⁵ von logischen Schlüssen ist zu verdanken, dass bis heute beinahe alle Software auf den erwähnten logischen Grundoperatoren beruht. Bereits Aristoteles hat seine Lehre der Syllogismen auf lediglich *drei* elementaren Sätzen der Logik aufgebaut. *„Der Syllogismus ist der Weg vom Begriffe zur Definition.“*¹⁹⁶ Die Syllogismenlehre wurde über diverse Zwischenstufen zur heute gebräuchlicheren sog. „Quantorenlogik“ modernisiert.¹⁹⁷ Die drei elementarsten Sätze der klassischen Logik lauten:

Der Satz der Identität, des Widerspruchs und des ausgeschlossenen Dritten.

Mit diesen wenigen Grundbausteinen, lässt sich das gesamte Spektrum der komplexen Aussagen der klassischen Logik herleiten oder auf sie zurückführen.

Das sog. „*Tertium non datur*“¹⁹⁸ – ist dabei allerdings exakt der neuralgische Punkt. Wir kommen hier, wie angekündigt aus didaktischen Gründen nun näher auf dieses zentrale Element der Logik zu sprechen, und werden es im Verlauf der Arbeit wiederholt aufgreifen. Die Logiken wurden seither bedeutend erweitert, um z.B. Modallogik¹⁹⁹, Temporallogik, deontische Logik, epistemische Logik, etc. Neben dem jüngsten Vertreter der bereits angeführten Fuzzy Logik²⁰⁰, hat sich eine weitere Disziplin etabliert. Die klassische Logik als solche wird in vielen Modellen als unzureichend angesehen und durch sog. mehrstellige

¹⁹⁵ Der Grund für das gemeinhin bekannte „Abstürzen“ von Computern liegt nicht in prinzipiellen Fehlern der Berechnung eines Computers, sondern an unzureichender Abstimmung der verschiedenen parallel aktiven Software Routinen. Diese sind so in der Lage das System in Zustände widersprüchlicher Aussagen zu „zwingen“, wodurch die Software in der Regel ihre Arbeit in einem sog. „Loop“ nicht weiter führen kann – der Computer „bleibt hängen“, „friert ein“ oder „stürzt ab“ – was lediglich eine Auswahl an unpräzisen gemein gebräuchlichen Umschreibungen dieses verbreiteten Phänomens darstellt.

¹⁹⁶ Prantl, Carl (1855): *„Geschichte der Logik im Abendlande“* / Hirzel / Leipzig / S. 264

¹⁹⁷ <http://philoscience.unibe.ch/lehre/logik/quantorenlogik.pdf>.

¹⁹⁸ Kutschera, Franz von (1985): *„Der Satz vom Ausgeschlossenen dritten: Untersuchungen über die Grundlagen der Logik“* / Walter de Gruyter / S. 13

¹⁹⁹ vgl. Nortmann, Ulrich (1996): *„Modale Syllogismen, mögliche Welten, Essentialismus: eine Analyse der aristotelischen Modallogik“* / De Gruyter

²⁰⁰ von Haack, Susanne (1996): *„Deviant Logic, Fuzzy Logic: Beyond the Formalism“* / University of Chicago Press

Logiken erweitert. Mathematisch hieße das etwa, dass es ein *ausgeschlossenes drittes* sehr wohl geben kann. Allerdings nur in Logiken, in denen der Definitionsraum und Raum der Freiheitsgrade der Operatoren dies zulässt.

Ein Beispiel für eine Operation mit einem dritten logischen Element – dem der Quantenmechanischen sog. Superposition“ - werden wir später im Kapitel 3.2.4 zur Logik der Quantenphysik der KI noch sehr ausführlich besprechen. Zunächst reicht uns der Hinweis auf die erwiesene Möglichkeit nicht klassisch logischer Zustände von Systemen. Behauptet man also fortan, „etwas sei logisch“ so muss man um präzise zu reden zunächst definieren, in welchem logischen „gewählten“ System ein Sachverhalt mit einer „gewählten“ Logik erklärbar dargestellt werden soll.

Die Logik selbst befindet sich somit im Zustand der Kontingenz – würde Luhmann sagen. Insofern kann eine beliebige Logik stets nur als „Modell einer romantischen Suche“ nach einer absoluten Logik in definierten Grenzen Geltung beanspruchen. Eine absolut gültige Logik kann es nach bisherigen Erkenntnissen genauso wenig geben, wie eine absolute Erkenntnis der letzten Wahrheit über die Realität. Alle Modelle die wir ersinnen können, müssen nach dieser Einschätzung stets Annäherungen oder Metaphern einer „Realität“ die *vermutet* wird bleiben. *Logik ist sowohl Konstrukt als auch Definitionssache*²⁰¹.

Damit müssen wir unumwunden einräumen, dass auch alle Folgerungen, die wir in dieser Dissertation herleiten, notwendigerweise einem begrenzten Raum einer dieser kontingenten Logiken zuzurechnen sind, sowie jede Publikation die sich zu diesem Thema schreiben ließe. Somit lassen sich stets, auch wenn die Schlüsse in der dargestellten Weise logisch eindeutig dargestellt werden, alternative Antworten formulieren. Es werden in der gesamten Dissertation keine Aussagen getroffen, die somit logisch alternativlos die einzige „Lösung“ darstellen oder eine „fundamentale Wahrheit“ beanspruchen können. Damit sind unsere Überlegungen jedoch nicht entwertet, sondern realistisch in den Kontext der Relativität von Logiken eingebettet.

Aristoteles Syllogismen und die klassischen logischen Operatoren sind deswegen ebenfalls nicht plötzlich „falsch“ – sondern der Raum der Möglichkeiten wird neu definiert und erweitert. Erlaubte Zustände in logischen Systemen können nicht nur „entweder - oder“ Werte annehmen, *sondern auch identische und verschiedene gleichzeitig*. Prinzipiell sind so auch unendlich²⁰² viele Zustände simultan möglich. Man benötigt dazu allerdings einen unendlich dimensional (n-dimensionalen) Parameterraum, der selbst zuvor einer Definition bedarf.

²⁰¹ vgl. Stegmüller, Wolfgang (1983): „*Erklärung, Begründung, Kausalität*“ / Springer / Berlin, Heidelberg, New York

²⁰² http://www.matheboard.de/lexikon/Mathematische_Logik.definition.htm

Ein modernes Anwendungsbeispiel n-dimensionaler Logik ist für diese Arbeit später noch von besonderem Interesse, die besagte Quantenlogik²⁰³.

Wie macht sich moderne Softwarearchitektur die Fortschritte in der Logik zu nutze?

Ein Satz von klassischen Software Befehlen hat etwa bis heute die Art:

Wenn A dann B

Wenn nicht A dann C

Wenn C dann D sonst F, usw.

Eine Kette von Zuständen kann abgefragt werden und abhängig davon, ob diese erfüllt sind oder nicht, „reagiert“ die Software entsprechend ihren „Anweisungen“. Dieses Prinzip des Regelkreises²⁰⁴ ist zugleich auch ein Grundmuster der Kybernetik²⁰⁵ sowie des Programmierens mit logischen Operatoren. Das beliebteste Beispiel der Kybernetik ist das Thermostat, das eine „Soll“-Raumtemperatur als „Gegeben“ vorfindet und somit „Nicht“ die Heizung einschaltet – solange bis der Soll-Zustand nicht mehr erfüllt ist, und das Thermostat die Heizung dann einschaltet, bis die Bedingung z.B. „Raum A gleich 22 Grad“ wieder erfüllt ist. Diesen Regelprozess darf man sowohl einen Rechengang nennen, als auch eine Informationsverarbeitung. Das Prinzip ist in allen Regelkreisen nahezu identisch anwendbar. Lineare Steuerungssequenzen folgen einander, regeln sich wechselseitig, reagieren, kontrollieren und sind schnell und effizient – aber dabei strikt linear und prinzipiell unfehlbar. Dazu ein Zitat von Alan Turing aus seiner Publikation von 1947:

"If a machine is expected to be infallible, it cannot also be intelligent, ..."206

Bei allem Erfolg der Methodik des Regelkreises - er hat einen entscheidenden Nachteil – er ist nicht intelligent und trägt aus sich heraus auch nicht die Möglichkeit dazu. Er ist *widerspruchsfrei* und daher kann er sich nicht *selbst überschreiten*. Obige Folgerung leistete

²⁰³ vgl. Mittelstaedt, Peter (1963): „*Philosophische Probleme der modernen Physik*“ / Mannheim / S. 108 ff.

²⁰⁴ vgl. Bertalanffy von, Ludwig (1966): „*Robots, men and minds : Psychology in the modern world*“ ; [Based upon the Heinz Werner inaugural lectures, presented at Clark University, Jan. 13 and 14,]

²⁰⁵ vgl. Wiener, Norbert (1948): „*Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*“, (Hermann Editions in Paris; Cambridge: MIT Press, Wiley & Sons in NY)

²⁰⁶ http://www.edge.org/3rd_culture/foreman05/foreman05_index.html

Turing in direkter Anlehnung an Kurt Gödels²⁰⁷ historischen Satz der Unvollständigkeit²⁰⁸, mit dem er vereinfacht folgendes zum Ausdruck brachte:

„Alle widerspruchsfreien axiomatischen Formulierungen der Zahlentheorie enthalten unentscheidbare Aussagen.“²⁰⁹

Damit leistete Gödel viel mehr, als man zunächst diesem Satz zu entnehmen bereit ist. Es wird in seinem mathematisch völlig logischen und allgemein anerkannten Beweis dargelegt, dass ein System gleich welcher Natur – exemplarisch ein mathematisches – in sich selbst nicht die Mittel bereit halten kann, die Parameter und Bedingungen seiner Existenz²¹⁰ zu belegen oder herzuleiten – es ist in anderen Worten „unvollständig“ – oder „fehlerhaft“. Ein völlig *widerspruchsfreies* System ist somit systemimmanent *fehlerhaft*²¹¹! Dies löste zu seiner Zeit einen Schock und große Verunsicherung in allen Naturwissenschaften aus, denn dieser Beweis gilt nicht nur für komplexe Systeme – sondern bereits für ein simples Zahlenpaar wie 0 & 1 - bis hinauf zum Kosmos als größtes denkbare System – alle Systeme überhaupt sind seit Gödels Satz per Definition unvollständig und fehlerhaft. Es fehlt ihnen zumindest immer ein Element – das der Bedingung ihrer Beschaffenheit – oder philosophisch: Der Grund ihres SEINS.

„Fehlerfähigkeit“ bzw. „Fehlerhaftigkeit“ ist offenbar von weittragender Bedeutung für Systeme generell, so kann man mit Gödel überzeugend²¹² argumentieren. Folgt man etwa den Ausführungen von John Myhill²¹³, über mathematisch begründbare epistemologische Implikationen des Satzes von Gödel²¹⁴, dann gilt die „Fehlerhaftigkeit“

²⁰⁷ siehe dazu kritisch: Wandschneider, Dieter (1999): „*Scheitert das Projekt Künstliche Intelligenz an Gödels Unvollständigkeitstheorien?*“ / in: Kerner, Max und Kegler, Karl (Hrsg.): *Der vernetzte Mensch: Sprache, Arbeit und Kultur in der Informationsgesellschaft* / S. 119 -136 / Aachen

²⁰⁸ Gödel, Kurt (1931): „*Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I*“ / publiziert 1931 in „*Monatshefte für Mathematik und Physik*“, v. 38, S. 173-198

²⁰⁹ Hofstadter, Douglas R. (1999): „*Gödel Escher Bach*“ / dtv / München / S. 19

²¹⁰ vgl. Küng, Hans (2005): „*Der Anfang aller Dinge/ Naturwissenschaft und Religion*“ / Piper

²¹¹ fehlerhaft bedeutet jedoch nicht notwendig falsch – sondern mindestens ein fehlendes Element

²¹² Nagel, Ernest / Newmann James R. (1958): „*Gödel's Proof*“ / New York University Press

²¹³ Myhill, John (1952): „*Some Philosophical Implications of Mathematical Logic*“ / *Review of Metaphysics* 6 / S. 165

²¹⁴ vgl. Wandschneider, Dieter (1999): „*Scheitert das Projekt der künstlichen Intelligenz an Gödels Unvollständigkeitstheorien?*“ / in: Kerner, Max und Kegler, Karl (Hrsg.): „*Der vernetzte Mensch: Sprache, Arbeit und Kultur in der Informationsgesellschaft*“ / Aachen / S.

selbst als Grundbedingung des „Seins“ für alle denkbaren Systeme von Physik – über die Biologie bis zu Psychologie, Philosophie und natürlich auch für Politik.

Diesem grundlegenden Zusammenhang, dessen Beweis wenigstens für die Mathematik bereits erbracht ist, sollte daher auch bei der Programmierung von Software Rechnung getragen werden: Ist Software *un-fehlbar* – ist sie folglich notwendig *un-intelligent*.

Sehr plastisch und illustrativ bringt die Stellung der Wertigkeit der menschlichen Freiheit Fehler zu begehen, Richard Foreman zum Ausdruck, in einem Essay – der bezeichnenderweise im Titel „*The Gödel to Google Network*“²¹⁵ trägt:

„Human beings make mistakes. In the arts—and in the sciences, I believe?—those mistakes can often open doors to new worlds, new discoveries and developments—the mistake itself becoming the basis of a whole new world of insights and procedures.“

Halten wir dieses Zwischenergebnis hier fest, die Befähigung unvorhersehbare Aktionen zu erzeugen bzw. Fehler zu erzeugen, ist zumindest mathematisch betrachtet elementar für alle nicht linearen, nicht deterministischen Systeme – insbesondere für alle lebendigen und intelligenten Systeme.

Oder systemtheoretisch: Kontingenz²¹⁶ ist ein notwendiges Kriterium für alle Systeme denen selbstreferentielles Handeln als Freiheitsgrad verfügbar sein soll.

Biologisch gesehen, ist die Antwort auf die Notwendigkeit von Fehlern – *die Evolution*.

Die monotone, isomorphe *Autopoiesis*²¹⁷ der Aminosäuresequenzen – „*das Leben*“ – wird erst dadurch systemisch von etwa einem „*Kopierautomatismus kohlenstoffbasierter Entitäten*“ unterscheidbar, dass die Evolution *Fehler* beim Kopieren erzeugt. Die Kopien sind durch die Kopierfehler aber nicht alle notwendig *falsch*, sondern *anders* – oft stellt sich ein solcher *Fehler* dann als unvorteilhaft oder auch tödlich heraus, oft aber auch als Selektionsvorteil.

Ohne die Fehlerfähigkeit der DNS Selbstreplikation wäre Leben ein steriler statischer Prozess, bzw. gar kein Prozess. bzw. nie existent. Es ergibt sich so die These:

119 - 136

²¹⁵ http://www.edge.org/3rd_culture/foreman05/foreman05_index.html

²¹⁶ Luhmann, Niklas (2000): „*Die Politik der Gesellschaft*“/ Frankfurt a. M. / S. 119 (*Kontingenz wird dort nach Luhmann als Negation von Notwendigkeit definiert*)

²¹⁷ Fischer, Hans R. (1993): „*Murphys Geist oder die glücklich abhanden gekommene Welt. Zur Einführung in die Theorie autopoietischer Systeme.*“/ In: *Autopoiesis*. 2., korr. Aufl. Heidelberg : Carl-Auer-Verlag, S. 9–37

Kontingenz ist für lebendige Systeme eine notwendige Bedingung ihres Seins.

Inwiefern sich nun hier weitreichende Schlüsse über den *modus operandi* der Funktionen von lebendigen Systemen vs. Systemen generell ziehen lassen, kann man sehr kompetent z.B. bei den Systemtheoretikern und Biologen Humberto Maturana und Francisco Varela finden.²¹⁸

"Wir erzeugen die Welt, in der wir leben, buchstäblich dadurch, daß wir sie leben"²¹⁹

Der sich permanent in lebendigen Systemen selbständig ereignende Akt des Kopierens von Information, vollzieht sich vom Embryo bis zur adulten Stammzelle ubiquitär in der Biologie. DNS wird transkribiert, Gewebe wird regeneriert, Erythrozyten werden dupliziert – die Systemtheoretiker nennen diese inhärente²²⁰ Fähigkeit lebendiger Systeme, sich selbst zu erneuern sowie sich in komplett neue Entitäten hinein fortzupflanzen *Autopoiesis*. Es wird noch bedeutendes zu diesem Prozeß im Lauf der Kapitel über die verschiedenen Aspekte der KI zu sagen sein – so stellte sich z.B. die Frage, ob notwendigerweise KI, die über Bewusstsein im Sinne des Turing Tests verfügen soll, im Aspekt der Autopoiesis von biologischen Systemen abweichen darf – oder nicht.

²¹⁸ vgl. Maturana, R.H. / Varela, F.J. (1987): „*Der Baum der Erkenntnis: Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens*“ / Scherz / Bern

²¹⁹ Maturana, Humberto, zitiert aus seiner online Vita auf:
http://de.wikipedia.org/wiki/Humberto_Maturana

²²⁰ vgl. Maturana, Humberto R. (2000) „*Biologie der Realität*“ / FFM / Suhrkamp / 1. Aufl.

2.2.3. Emergenz, Kontingenz und Freiheitsgrade zur „Fehlbarkeit“

(im Vergleich natürlicher und künstlicher Systeme)

„Irrtümer entspringen nicht allein daher, weil man gewisse Dinge nicht weiß,
sondern weil man sich zu urteilen unternimmt, obgleich man doch nicht alles weiß,
was dazu erfordert wird.“

Immanuel Kant

Wir können nun einen Zusammenhang postulieren, zwischen der *Strategie der Evolution*²²¹ - die *Fehlbarkeit* wird als Stärke eines Systems zu dessen prinzipieller Unfehlbarkeit *hinzugefügt* - und der Strategie der Programmierung von intelligenter Software.

Die *Fehlbarkeit* muss demnach zunächst systemisch *implementiert* werden, bevor sie die Perfektion des Systems potentiell verbessert. So kann ein System den Freiheitsgrad einer *unvorhersehbaren*, nicht determinierten Aktion als *Option* hinzu zu gewinnen, statt funktionell notwendig durch einen Fehler ausschließlich *fehlbar* zu sein.

Im elementaren Naturzustand sind Systeme per se völlig fehlerfrei, erst in aggregierten komplexen Zuständen können Systeme Fehler repräsentieren, wie ich kurz erörtern möchte: Ein Photon oder ein Elektron etwa ist *unfrei* Fehler zu produzieren – deren Freiheit erschöpft sich bereits in ihrer Existenz bzw. Nichtexistenz, bzw. deren quantenmechanischen Freiheitsgraden²²². Die Struktur dieser Entitäten ist nicht hinreichend komplex, um einen Fehler zu repräsentieren, denn sie sind lediglich existent oder eben nicht und dies ist niemals „falsch“. Ein Mensch hingegen hat sehr viele Freiheitsgrade beliebige Fehler zu machen, gewährleistet durch seine interne Komplexität, diese auch zu repräsentieren.

Wir können nun einen logischen Schluss ziehen aus unseren Überlegungen:

Eine autonome *intelligente* Leistung von einem solchen Satz von logischen Befehlen abzuverlangen, wie sie oben bei den klassischen formal logischen Operatoren aufgezählt wurden, und sei es lediglich eine *Operation der Transitivität*²²³, ist per Definition unmöglich, wenn dieser zuvor nicht implementiert wurde. Damit ist die Leistungsfähigkeit dieser Klasse von Befehlen automatisch elementar determiniert. Die Widerspruchsfreiheit der logischen

²²¹ vgl. Hoffmeister, F. and Bäck, T. (1992): „*Genetic Algorithms and Evolution Strategies: Similarities and Differences*“ / Sys-1/92 / Universität Dortmund

²²² Auf die Details der quantenmechanischen Besonderheiten von Zuständen von Elementarteilchen, in denen man sowohl von Existenz als auch von dessen Gegenteil zu gleicher Zeit reden kann – Superposition genannt – werden wir im Kapitel 2.2 eingehen.

²²³ vgl. Janich, Peter (1992): „*Grenzen der Naturwissenschaft*“ / Beck / München / S. 48

Axiome macht diese Klasse für sich autark betrachtet fehlerfrei: sie ist damit nicht fähig, in keiner denkbaren Iteration oder Rekursion, jemals ein *fehlerhaftes* Element zu erzeugen. Damit kann diese Klasse auch niemals ein *neues* Element erzeugen. Die Klasse bleibt logisch geschlossen. Der regelwidrige Ausbruch aus der Determination der Gesetze der Physik, ist bis hinab zur Fluktuation der Quanten exakt mathematisch definiert – selbst wenn ein Quant springt, wenn es nicht sollte, entspricht dies der Wahrscheinlichkeitsfunktion der Quantenmechanik und ist neimals ein Fehler des Quants, sondern höchstens der Prognose seines Verhaltens. Ein unvorhersehbar springendes Quant, ist insofern kein „*bug*“, sondern ein „*feature*“ der Physik – um es einmal in Worten des „Marketing“ zu formulieren. Ein solcher Quantensprung kann erst in einem subjektiv wertenden System abstrakter Komplexität zu einem Fehler im Rahmen der Betrachtung werden, elementar betrachtet, ist die Natur einfach nur gegeben in ihren Grundelementen stets *fehlerfrei*. Es ist unstrittig, dass autonome *intelligente* Leistungen mit bisher verfügbaren klassischen logischen Operatoren *sui generis* nicht zu erzeugen sind.

Mathematisch wurden bereits Modelle entwickelt, die dies eindrucksvoll belegen.²²⁴

Der beste praktische Beweis für diese Überlegung, sind die heute bis zu 300 Millionen²²⁵ auf einem winzigen Chip der Größe eines Daumennagels integrierten Transistoren, erzeugt im Verfahren der modernen sog. Photo-Lithografie²²⁶ auf sog. Silizium Wafern. Nicht einmal dieser beinahe unvorstellbare Grad an *Komplexität*, bis hinab zur atomaren Ebene erzeugt auch nur eine Nuance *Kontingenz*. Chips sind fehlerfrei zu produzieren, oder sie funktionieren fehlerhaft!²²⁷

Niemals aber wurde ein Chip beobachtet, der durch einen Fehler *verbessert* oder gar lebendig bzw. intelligent wurde. Dies wird bislang nur in naiv anmutenden Kinodarstellungen thematisiert. Chips, die klassisch formal logisch operieren, können auf ihrer Systemebene der Hardware allein *niemals* eine intelligente Leistung erbringen. Weder durch einen Kurzschluss, noch durch den Einschlag eines Blitzes – Chips können funktionieren – oder defekt sein – nicht mehr! Die klassische Logik schließt weitere Optionen kategorisch aus.

Was sagt uns die *Philosophie* zu dieser Diskrepanz?

Nach der vitalistischen²²⁸ Interpretation, wie sie von Aristoteles begründet und von

²²⁴ http://www.informatik.uni-oldenburg.de/forschung/bericht3/parallele_systeme.html

²²⁵ <http://www.heise.de/ct/01/23/028/>

²²⁶ <http://www.isit.fhg.de/german/litho/profile.html>

²²⁷ in der Praxis werden sog. „Leckströme“ bis zu einem Grenzwert der exakt mathematisch definiert wird geduldet, Chips die diesen Grenzwert überschreitet, werden als Fertigungsfehler und Ausschuss deklariert und verworfen.

²²⁸ vgl. Driesch, Hans (1905): „*Der Vitalismus als Geschichte und als Lehre*“ / Ambrosius

zahlreichen Philosophen bis zum sog. Neovitalismus²²⁹ weiter entwickelt wurde, soll bei einem „Schwellenwert“ der Komplexität eines biologischen Systems, ähnlich der Zahl der operativen Einheiten eines organischen komplexen Systems, ein Effekt der *Emergenz* beobachtbar sein, die dem System eine bis dato neue Qualität verleiht. Der Vitalismus proklamiert zudem eine „vis vitalis“ als eigenständiges Prinzip, und ist allein schon deshalb heute als Metaphysik abzulehnen. Dennoch sind seine Überlegungen exemplarisch interessant:

Der „Effekt“ der Emergenz würde der Theorie zufolge, ab der hypothetischen „Schwelle“ plötzlich auftreten und qualitativ das System verändern. Im Detail muss man dann zwischen verschiedenen Varianten von Emergenz differenzieren:

„Unter den verschiedenen Spielarten des Emergentismus sind drei Theorien besonders hervorzuheben: der synchrone Emergentismus, der diachrone Emergentismus und eine schwache Form des Emergentismus.“²³⁰

Um den Vitalismus logisch zu widerlegen ist der schwache Emergentismus die bevorzugte Theorie:

„Mögliche Kandidaten für emergente Eigenschaften, wie ‚lebendig zu sein‘ oder ‚in einem mentalen Zustand zu sein‘, werden nach dieser These allein durch materielle Systeme mit einer *hinreichend komplexen Mikrostruktur* instantiiert. Ausgeschlossen werden damit *vitalistische* Positionen, denen zufolge die Eigenschaft, lebendig zu sein, erst durch die Verbindung eines Organismus mit einer übernatürlichen Entität wie einer ‚Entelechie‘ oder einem ‚elan vital‘ instantiiert werden kann. (Ergänzung des Verfassers in einer Fußnote dazu: Übernatürliches wird hier als unabhängig von der physischen Natur und der in ihr geltenden Gesetze aufgefasst)²³¹“

Wir erkennen hieran zweierlei.

Erstens: Der Vitalismus und dessen Forderung nach einem übernatürlichen Element ist in der modernen philosophischen Theorie als überholt anzusehen.

Zweitens: Die geforderte „hinreichende Komplexität der Mikrostruktur“ wird wie weiter oben bereits erörtert, mathematisch betrachtet bei bisherigen Methoden der Skalierung der

Barth

²²⁹ Driesch, Hans (1947): „*Die Überwindung des Materialismus*“ / Zürich / Rascher / 2. Aufl.

²³⁰ Stephan, Achim (2001): „*Emergenz in kognitionsfähigen Systemen*“. In: Michael Pauen / Gerhard Roth (Hrsg.): *Neurowissenschaften und Philosophie*. München: Wilhelm Fink Verlag (UTB für Wissenschaft; 2208), S. 123-154.

²³¹ Stephan, Achim (s.o.) S. 124 (*Hervorhebungen nicht im Original*)

Mikrostruktur *niemals* zu einer emergenten Eigenschaft wie ‚lebendig sein‘ oder ‚in einem mentalen Zustand sein‘ führen. Marvin Minsky bemerkt hierzu:

„Ein gebildeter Mensch muss nicht länger nach einer besonderen Vitalkraft suchen, die alle Lebewesen beseelt.“²³²

Seth Lloyd sieht dies noch pragmatischer:

„There is no separate substance, no vis vitae or vital force, that makes us living, breathing human beings. We are made of atoms, like everything else. It is the way that those atoms process information and compute in concert that makes us what we are.“²³³

Jeff Hawkins bringt es auf den Punkt:

“While we don’t yet know all the mechanisms of living systems, we know enough about biology to leave out magic.”²³⁴

Kann es überhaupt möglich sein, solche Zustände technisch und/oder durch den Effekt der Emergenz zu erzeugen? Prinzipiell haben wir diese Option auf der Ebene der Hardware mit gezeigten Überlegungen ausschließen können. Hardware ist allerdings nicht das einzige Element das für KI relevant ist, mindestens ebensoviel Beachtung verdient der Aspekt der *Software*.

Mit diesem Zwischenergebnis verlassen wir nun wieder den philosophischen Exkurs.

Der Einschub war aber für den Fortgang der Argumentation vorteilhaft, denn wir konnten so vermeintliche „Kandidaten“ für das gesuchte „fehlende Element“ der KI ausgrenzen.

Skalierung, bzw. ad infinitum fortgesetzte Miniaturisierung der *Hardware* in den Mikrokosmos hinein *allein*, trägt nicht die Lösung zur Konstruktion von KI – Vitalismus u.ä. sowie alles Übernatürliche sind nicht zeitgemäß und nicht wissenschaftlich – daher schlägt diese Arbeit zur Schließung des sog. „Explanatory Gap“ „*Software*“ als Lösung vor.

Es erscheint, auf dem Hintergrund der hier dargestellten Argumentation als angebracht darauf hinzuweisen, dass wir den Terminus der „*Software*“ hier als Platzhalter verwenden, für alle denkbaren Aggregationen von Information. Dazu zählt auch, die quantenmechanische Interpretation von Information, die wir später noch sehr viel ausführlicher untersuchen werden. Wir werden also diesen „Lückenschluss“ in den nächsten Kapiteln noch näher dahingehend spezifizieren, wie *Software* auf elementarer physikalischer Ebene beschaffen

²³² Minsky, Marvin (1990): „*The Society of Mind*“ / Mentopolis / Übersetzung der amerikanischen Originalausgabe ins Deutsche durch Malte Heim, Stuttgart / S. 19

²³³ Lloyd, Seth (2006): „*Programming the Universe*“ / Random House / New York / S. 210

²³⁴ Hawkins, Jeff (2004) „*On Intelligence – How a new Understanding of the Brain will lead to the creation of truly intelligent machines*“ / Times Books / New York / S. 195

sein kann oder muss, um nicht nur für künstliche Systeme das „*Explanatory Gap*“²³⁵ zu schließen, sondern in gleicher Weise für biologische natürliche Systeme – Software ist elementar betrachtet reine Information. Möchte man einen intuitiven Zugang zu der damit möglichen Erklärungsmächtigkeit von Software gewinnen, so kann man sich allegorisch sämtliche Naturgesetze als „*die Software des Universums*“ vorstellen.

Offenbar, hat das Projekt KI somit seine zentrale Herausforderung hier gefunden.

Die Entwicklung der *geeigneten Software* wird als entscheidendes Element mit über das Gelingen oder Misslingen des Projekts der KI entscheiden. Dabei gibt es eine kleine aber sehr entscheidende Randbedingung, der *Weise* der Konzeption dieser KI fähigen Software.

Um der besagten Notwendigkeit von Kontingenz genüge zu tun, muss die Software über indeterminierte Freiheitsgrade verfügen, die nicht einfach per „Zufallsgenerator“ systemisch implementiert werden, sondern aus der *Umwelt* des Systems bezogen werden. Luhmann legt z.B. sozialen Systemen statt des Subjektes die *Umwelt* zu Grunde:

"Sozialen Systemen liegt nicht 'das Subjekt', sondern die Umwelt 'zu Grunde', und mit 'Zu Grunde liegen' ist dann nur gemeint, daß es Voraussetzungen der Ausdifferenzierung sozialer Systeme (unter anderen: Personen als Bewußtseinsträger) gibt, die nicht mit ausdifferenziert werden."²³⁶

Biologische Systeme werden systemtheoretisch als *offene Systeme* gegenüber kausal determinierten klassisch mechanischen Systemen verstanden, die man als *geschlossene Systeme* definiert.

Wie exakt diese Einbeziehung der Umwelt als Kontingenzgenerator in die Software von KI geschehen kann, dies wird uns in folgendem Kapitel beschäftigen.

Die potentiell notwendige Hardware könnten wir mit entsprechenden finanziellen Anstrengungen bereits heute realisieren – aber wie Lloyd sagt: „*it is the way those atoms process information...*“

Es wird bei der finalen Antwort die wir offerieren werden, nicht allein um die Leitdifferenz „im biologischen Sinne *lebendiges* System - oder nicht“, gehen, sondern es wird darum gehen genau zu analysieren, in welcher Weise die vermeintlich differenten Systeme *Information* verarbeiten.

²³⁵ Levine, Joseph (1983): „*Materialism and Qualia: The Explanatory Gap*“, in: *Pacific Philosophical Quarterly*, vol. 64, no. 4, October, S. 354 - 361

²³⁶ Luhmann, Niklas (1984): „*Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie*“. Frankfurt a.M. / S. 244

2.2.3 Das Postulat eines ubiquitären Kontingenz Generators und seine Anwendbarkeit durch Software

„Für das System wird damit Kontingenz zu einer Notwendigkeit, der es nicht ausweichen kann. Aber wie das, wenn der Begriff der Kontingenz durch Negation von Notwendigkeit definiert ist?“²³⁷

Niklas Luhmann

Emergenz ebenso wie *Fehlbarkeit*, sind wie wir oben gesehen haben, sehr viel differenziertere Anforderungen, als sie allein durch Skalierung von Komplexität oder Miniaturisierung erreichbar sind. Es ließe sich systemtheoretisch darüber theoretisieren, inwiefern diese Eigenschaften Isomorphien aufweisen, insbesondere für die Anwendungsbereiche der KI. Hardware allein stellt wie gezeigt lediglich die notwendige Bedingung für die Erzeugung dieser Phänomene, allerdings fehlt das hinreichende Element bislang. Es braucht offenbar ein *dediziertes minimales Element* zur gezielten Erzeugung von *Emergenz*, *Fehlern* oder *Kontingenz*. So begründe ich hier das Postulat der Notwendigkeit eines *Kontingenz Generators* – für jegliche Systeme somit *ubiquitär bzw. universell*. Wir werden am Ende des Kapitels über die Physik der KI einen Vorschlag erarbeitet haben, worin dieser universelle Kontingenz Generator begründet liegen kann.

Es wird sich zeigen – soviel darf vorab gesagt werden – dass der Kontingenz Generator die quantenmechanische Fluktuation der Raumzeit höchstwahrscheinlich selbst darstellt. Das konstitutive Fundament der für uns erfahrbaren vierdimensionalen Realität, wäre damit der *ubiquitäre Kontingenzgenerator*, wäre es ein Element der Realität, mit einer weniger zentralen Stellung, wäre Kontingenz logisch nachweislich auch nicht mehr als ubiquitäres Phänomen der Raumzeit postulierbar. Stünde die Kontingenz nicht am Fuße der Logik jeder Entwicklung, wie komplex sie auch ausdifferenziert werden mag, so wäre Entwicklung als solche, keine Option für jedwedes System, sondern lediglich die Prozessierung ihrer Determination.

Für KI, sowie für biologische Intelligenz hieße dies, dass wir davon ausgehen müssten, da Kontingenz als notwendige Bedingung für jegliche Intelligenz erarbeitet wurde, dass beide Formen der Intelligenz auf die gleiche Quelle der Kontingenz zurückgreifen müssen. Damit wird hier eine sehr starke Ähnlichkeit von biologischer und künstlicher Intelligenz

²³⁷ Luhmann, Niklas (1992): „*Die Wissenschaft der Gesellschaft*“/ Frankfurt a. M. / S. 119

vorgeschlagen. Die verbleibende Differenz zwischen KI und biologischer Intelligenz, liegt nun nicht mehr fundamental im „*modus operandi*“ der Realisation der Intelligenz, sondern vielmehr in den verwendeten Substraten zur Operationalisierung der überall frei verfügbaren Kontingenzen. Wir kommen später noch explizit auf dieses Argument zurück, wenn wir die Kontingenzen aus der Perspektive der Quantenphysik analysieren.

Mit dem starken Anspruch der Universalität könnte man diesem Postulat leicht nachsagen, die alleinige Erfüllungsmacht über die notwendigen Bedingungen kann nur die Metaphysik liefern. Davon möchte sich dieses Postulat aber *dezidiert* abgrenzen. Luhmann nennt diesen Passus der iterativen Rekursion von Kontingenzen dann selbst auch leicht ironisch „*godterm*“²³⁸, um damit anzudeuten, dass ein System sich selbst transzendieren können muss, um dem infiniten Regress der Kontingenzen Kausalitäts Paradoxie zu entgehen. Diese Anforderung lässt sich nach Ansicht der vorliegenden Arbeit allerdings auch elegant auf nicht metaphysische Weise erfüllen. Es wird dafür jedoch ein bislang „fehlendes Element“ benötigt, das sich je nach analysiertem System in seiner Erscheinung unterscheidet, jedoch offenbar dem Prinzip nach stets auf eine singuläre Ursache zurückzuführen ist.

Wir wollen es untersuchen:

Software erfüllt z.B. die Basis Voraussetzungen für das „fehlende Element“, bzw. den postulierten Kontingenzen Generator. Sie ist immateriell, beliebig komplex, fehlerfähig durch Iterationsstufen von Komplexität und fähig zu Selbstentwicklung und Evolution – darin ist sie elementar von reiner Hardware verschieden – und somit prinzipiell fähig ‚mentale Zustände‘ sog. *Qualia*²³⁹ zu repräsentieren. Luhmann schreibt zum Begriff des „Elementes“ folgendes:

"Der Begriff Element ist kein Letztelement systemtheoretischer Analyse; (...) Entsprechend haben wir den Begriff des Elements entontologisiert. Ereignisse (Handlungen) sind keineswegs Elemente ohne Substrat. Aber ihrer Einheit entspricht keine Einheit des Substrats; sie wird im Verwendungssystem durch Anschlußfähigkeit erzeugt." ²⁴⁰

Die „Stelle“ die in einem System durch die Präsenz eines Elementes hervorzuheben ist, macht sich überhaupt nur dadurch vom System selbst differenzierbar, dass dort die „Anschlussfähigkeit“ lokalisiert werden kann, wo das Element selbst „wirkt“. Auch diesem Anspruch wird Software also gerecht.

In der philosophischen *Qualia* Debatte ist das „fehlende Element“ besser unter dem

²³⁸ s.o. S. 119

²³⁹ vgl. Levine, Joseph (1983): „*Materialism and Qualia, The Explanatory Gap*“, Pacific Philosophical Quarterly, vol. 64, no. 4, October

²⁴⁰ Luhmann, Niklas (1993): „*Das Recht der Gesellschaft*“ / Suhrkamp / FFM / S. 292

Schlagwort : „Explanatory Gap²⁴¹“ bekannt, woher ich es entlehne – um die Nähe der beiden Gedanken zu unterstreichen. Das Explanatory Gap kennzeichnet die Differenz zwischen physischen und mentalen Zuständen, die kritisch betrachtet stets nur approximativ näherbar sind, jedoch nie final in einer Erklärung das Stadium der Identikalität erreichen.

Ein Klassiker dieser Diskussion, ist etwa die Streitfrage ob die Reizung von sog. C-Fasern gleich Schmerz „ist“, oder die Aktivität dieser nachweislich für Schmerz-Wahrnehmung zentralen Gehirnphysiologie lediglich eine vom Phänomen Schmerz verschiedene semantische Perspektive der Erklärung. Können eine Erklärung und ihr Phänomen jemals in Identität fallen?

In der Neurophysiologie ist das fehlende Element als „Bindungsproblem²⁴²“ bekannt. Es ist bis dato unklar, wie alle Neuronenaktivitäten ohne physisch lokalisierbares „Zentrum“ auf einer hypothetischen Metaebene korreliert werden, um z.B. „Entscheidungen“ zu realisieren:

„Entgegen der Vermutung Descartes’, dass es irgendwo im Gehirn ein singuläres Zentrum geben müsse, in dem alle Informationen zusammenkommen und einer einheitlichen Interpretation zugeführt werden – einem Ort an der Spitze der Verarbeitungspyramide, wo das innere Auge die Welt und sich selbst betrachtet -, entgegen dieser plausiblen Annahme erbrachte die Hirnforschung den Beweis, dass ein solches Zentrum nicht existiert. (...) Wir bezeichnen diese faszinierende Rätsel als das Bindungsproblem und wissen, dass wir ohne seine Lösung keine geschlossene Hirntheorie formulieren können.“²⁴³

Kann der *Kontingenz Generator* diese Lücken schließen?

Beispiele zur Begründung des Postulats des Kontingenz Generators:

Komplexität allein ist kein Garant für die Fehler– Emergenz– oder Kontingenzfähigkeit eines Systems – weder notwendig noch hinreichend – bei *beliebiger* Skalierung der Komplexität von Hardware. Vergleichbar ist diese „Komplexitäts - Schwelle“ mit einer Analogie aus der Naturwissenschaft:

Elemente kennen verschiedene Aggregatzustände, deren Transformationen als sog. Phasenübergänge bezeichnet werden.

Wasser kennt genau 4 Zustände: Eis, Wasser, Dampf, Plasma, ... Der Übergang benötigt eine gewisse „Sprungtemperatur“²⁴⁴ – die als Analogon zu einer geforderten „Sprung –

²⁴¹ <http://www.nyu.edu/gsas/dept/philo/faculty/block/papers/ExplanatoryGap.html>

²⁴² Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn*“ / Suhrkamp / FFM / S. 32

²⁴³ Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn*“ / Suhrkamp / FFM / S. 31 - 32

²⁴⁴ <http://de.wikipedia.org/wiki/Sprungtemperatur>

Komplexität“ dienen kann. Die kontroverse These, die hier vertreten wird, postuliert jedoch, dass Komplexität lediglich als *e i n* Ingredienz für einen solchen *Phasenübergang* herangezogen werden kann. Auszulösen vermag „den Sprung“ der Faktor *Komplexität* oder *Verarbeitungsgeschwindigkeit* *allein* nach dieser Auffassung nicht. Es benötigt weitere Faktoren, die es hier zu erarbeiten gilt.

Beim *ersten* Beispiel der Moleküle von H₂O etwa, wird der Übergang in die kristalline Phase erleichtert und beschleunigt durch sog. Kristallisationskeime – Verunreinigungen – Fehler –, damit die Strukturen der hexagonalen molekularen Muster der Eiskristalle sich an ihnen initiieren können. Fehler in der elementaren Reinheit sind hier also ein wichtiger Faktor für den Phasenübergang – hochreines destilliertes Wasser kann man bis erheblich unter den Gefrierpunkt abkühlen, ohne dass die Kristallisation beginnt.

Eine Quelle für Fehler, für Kontingenz hat hier also Einfluß auf einen Prozeß der Transformation, des Phasenübergangs - um „Schwellen – Wert – Überschreitungen“ zu initiieren, *zusätzlich* zum Prozess der Temperatur, Komplexität, Entropie²⁴⁵, usw.

Wo spielen Fehler in der Natur noch entscheidende Rollen?

Das *zweite* Beispiel für die omnipräsente Rolle der Kontingenz, liefert die Quantenphysik. Es mag schon im Bereich der Chemie und der Gentechnik Bereiche geben, wo Kontingenz mathematisch nachweisbar ist, aber ganz unstrittig ist Kontingenz die Quelle der grundlegendsten Prozesse der materiellen Phänomene überhaupt:

„Laut Inflationstheorie sind die mehr als hundert Milliarden Galaxien, die im All wie himmlische Diamanten schimmern, nichts als Quantenmechanik, die in großen Buchstaben an den Himmel geschrieben wurde.“²⁴⁶

Die Kontingenz der Quantenfluktuationen, ist somit durch ihre „Unwägbarkeit“ zugleich Initiator aller Materie - wie sie auch zugleich völlig abhängig ist vom Beobachter.

Heisenberg ging an das Phänomen mit der legendären Unschärferelation heran, moderne Ansätze versuchen sich darin, die Unwägbarkeit der Quantenwelt mit n-dimensionalen

²⁴⁵ Der Zusammenhang von Größen wie Temperatur, Komplexität und Entropie als fundamentale Einheiten von Information über Systeme, sind nach moderner Interpretation als gleichwertig zu betrachten – physikalisch gesehen sind Sie alle lediglich Untermengen von Entropie – die als einzige fundamentale Größe Belang hat. Entropie bezeichnet lediglich den Grad der Ordnung eines Systems, wobei ein entropisches System „unordentlich“ ist und ein negentropisches System hingegen als „ordentlich“ angesehen wird. Detailliert soll der Begriff der Entropie in Kapitel 2 – über die Physik der KI - eingeführt werden.

²⁴⁶ Greene, Brian (2004): „*Der Stoff aus dem der Kosmos ist – Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit*“ / Siedler Verlag / München / S. 349

Energiefeldern²⁴⁷ zu beschreiben und heben einheitlich in besonderer Weise die Rolle des „Beobachters“ als initialen Punkt der Veränderung eines Quantenzustandes hervor.

Das bekannteste - hier *dritte* - Beispiel zur „Rolle“ des Beobachters in der Quantenwelt, ist sicherlich „Schrödingers Katze“²⁴⁸. Sie schwebt in einem Überlagerungszustand von Tod und Leben, bis ein Beobachter nachsieht, ob eine Probe Radioaktives Material durch die lediglich „*wahrscheinliche*“ Emission eines Nukleons und mechanische Umwege über eine Phiole mit Gift, die Katze nun bereits getötet hat oder eben noch nicht. Die Katze ist dabei in einer verschlossenen Kiste, allein mit ihrem mechanisch realisierten „Henker“, der nur auf die wahrscheinliche Emission eines Partikels hin „tötet“. Pikant ist dabei, sie „stirbt“ erst durch den Akt der Beobachtung, was dem Öffnen der Kiste entspricht. Quantenüberlagerungen werden erst durch Messungen - hier: Beobachten – aufgelöst in konkrete klassische physikalische Zustände. Bis man ihren Tod beobachtet, ist die Katze in physikalischem Sinne *zugleich tot wie auch lebendig*, in einem „Überlagerungszustand“ bzw. Superposition von Wahrscheinlichkeiten. Dieser Prozeß wird uns später als „Kollaps der Wellenfunktion“ erneut begegnen. Es wird im Kapitel über Physik ausgiebiger thematisiert werden, wie der *Beobachter* mit der Quantenphysik interagiert, für die These des ubiquitären Kontingenz Generators bleibt festzuhalten – seine Wirkung zieht sich vom Mikrokosmos bis zum Makrokosmos über alle bekannten Phänomene die sich aus Energie und Materie beobachten, beschreiben und berechnen lassen. Deswegen erreichte Schrödinger mit diesem Beispiel eine solche starke Popularität, weil sehr anschaulich klar wird, dass die vermeintlich für uns irrelevanten Fluktuationen im unsichtbaren Mikrokosmos der Quantenwelt, sich ganz real und sehr existentiell im Makrokosmos auswirken.

Wie realisiert die Natur Kontingenz z.B. im Falle der Evolution – als *viertes* Beispiel?

In der Natur übt diese transformierende Kraft z.B. die kosmische Strahlung aus, die neben vielen anderen Umwelteinflüssen in der Lage ist, zufällige Fehler, bzw. Mutationen bei der ubiquitären Proteinbiosynthese²⁴⁹ zu erzeugen – hier liegt nach Postulat und Definition dieser Dissertation ebenfalls ein *Kontingenz Generator* vor.

Chemische Prozesse laufen - klassisch betrachtet - rein nach Naturgesetzen determiniert ab.

Es ist insofern undenkbar, dass sich Edelgase zur Oxidation bringen lassen, wie sich

²⁴⁷ Vgl. Smolin, Lee (2001): „*Three Roads to Quantum Gravity*“ / New York

²⁴⁸ Meissner, Walter (1992): „*Wie tot ist Schrödingers Katze?: Physikalische Theorie und Philosophie* / B.I. Wissenschaftsverlag

²⁴⁹ vgl. Wittmann, Heinz Günter (1979): „*Ribosomen und Proteinbiosynthese*“ / Westdeutscher Verlag

Nukleinbasenpaare²⁵⁰ mit chemisch inkompatiblen Molekülen verbinden. Auch die Reihenfolge dieser Nukleinbasenpaare ist chemisch determiniert.

Ohne eine „Störung“, *kann* ein solches System keine Fehler produzieren – und dennoch wissen wir aus zahlreichen Forschungen, dass in sehr geringer Zahl, die DNS bei Vorgängen wie der Transkription, Proteinsynthese, Proteinfaltung²⁵¹, etc. dennoch fähig ist Fehler zu produzieren. Insofern verdankt sich die Evolution zugleich der „Fehlerfähigkeit“ der Proteinbiosynthese, als auch zugleich den störenden Umweltfaktoren. Beide sind separat lediglich *notwendige* aber erst *gemeinsam notwendige* und *hinreichende* Bedingungen für Evolution. Ohne Freiheit zur Fehlerfähigkeit kein Leben?

Meine These ist daher, bei jeglichem Phasenübergang von Systemen, ist neben der Skalierung von Kenngrößen ein *Kontingenz Generator* beteiligt, den es zu identifizieren gilt – möchte man den Prozess fundamental verstehen. Welche Kontingenz Generatoren kennen wir – wenn die These zutrifft - bislang?

Temperaturmodulation & H₂O & „Verunreinigungen“ -> Wechsel des Aggregatzustandes Proteinbiosynthese & „DNS“ & „Kosmische Strahlung“ -> Evolution organischen Lebens
Biologische Neuronale Netze & Komplexität & „X“ -> organische Intelligenz / Bewusstsein
Künstliche Neuronale Netze & Komplexität & „X²⁵²“ -> „KI bzw. künstliches Bewusstsein“

Wie kann – nach obigen Beispielen aus der Natur - nun in einer *Maschine* überhaupt von Kontingenz gesprochen werden? Dazu eine Passage aus einem Interview mit der Systemtheoretikerin Elena Esposito:

„Virtuelle Kontingenz ist ein typischer Verlegenheitsbegriff. Mit dem Begriff wollte ich nur eine theoretische Leerstelle füllen und sagen: Doppelte Kontingenz gibt es im Verhältnis zur Maschine nicht, aber die Maschine produziert eine fingierte Kontingenz, indem sie auf die kontingenten Reaktionen des Benutzers reagiert. Bei der doppelten Kontingenz ist eine prinzipielle Unberechenbarkeit, Zufälligkeit und Offenheit auf beiden Seiten vorausgesetzt. Das sehe ich beim Computer so nicht gegeben. Es entsteht zwar im Umgang mit der Maschine eine gewisse Kontingenzsituation, wenn die Interaktivität in interessanter Form gestaltet ist, sie ist aber für mein Verständnis keine Situation der doppelten Kontingenz.“²⁵³

²⁵⁰ vgl. Blechschmidt, Erich (1989): „*Wie beginnt das menschliche Leben? – Vom Ei zum Embryo*“, / 6. Neubearbeitet Auflage / Stein am Rhein

²⁵¹ vgl. Friesner, Richard A. / Prigogine, Ilya / Rice, Alan Stuart (2002): „*Computational Methods for Protein Folding*“ / Wiley

²⁵² Das Element „X“ ist eine beliebig komplexe unbekannte Komponente – und soll hier das „fehlende Element“ bzw. den postulierten *Kontingenz Generator* darstellen.

²⁵³ Esposito, Elena (1998): „*Zirkuläre Positionen 2. Die Konstruktion der Medien*“ /

Die „prinzipielle Unberechenbarkeit“ ist eine Kontingenz, eine doppelte oder virtuelle Kontingenz kann jedoch nur in einer Gesprächssituation zweier Subjekte erzeugt werden. Dazu ist ein „Bewusstsein“ erforderlich, dass der Maschine bislang fehlt. Damit ist eine Maschine nur fähig zur Kontingenz, wenn sie die Forderung nach einer Quelle der Indetermination einlöst. Ohne Freiheitsgrade zur Fehlerfähigkeit keine Kontingenz! Der Kontingenzgenerator muss also jenes Element des Systems sein, dass die möglichen wahrscheinlichen Freiheitsgrade „bereitstellt“, also die Fähigkeit eines Systems „erzeugt“ es überhaupt in den Zustand der Wahrscheinlichkeit von Optionen zu versetzen, deren Wahl eben in keiner Weise determiniert ist.

Was leistet diese These in Bezug auf die Entwicklung von Software?

Es sollte hier – um den entscheidenden Punkt nochmals zu verdeutlichen – mit exemplarischen Beispielen dafür argumentiert werden, dass *Software* potentiell in der Lage ist, bei gegebener Komplexität und Miniaturisierung der Hardware – die ja heute bereits großteils realisiert ist – das entscheidende „*fehlende Element zur Kontingenzfähigkeit einer Maschine*“ beizutragen. Hardware ist mathematisch bis in seine äußersten Möglichkeiten heutiger Präzision ausgelotet und erforscht worden – sie hat bislang keine KI ermöglicht und wird *allein* das Projekt KI nie zu einem Erfolg führen können, denn Hardware hat *per se* keinen Freiheitsgrad zur Kontingenz. Es hat eine bedeutende epistemologische Komponente, dass KI offenbar nur in einer synergistischen Bemühung aus *Hardware und Software* möglich wird. Hardware liefert die notwendige Leistungsfähigkeit des „berechnenden Substrats“ – und Software bringt die Fähigkeit zur Fehlerfähigkeit und Kontingenz in das System mit ein. In der Organik wird diese offenbar notwendige Synergie aus Hardware und Software dadurch realisiert, dass diese Trennung so überhaupt nicht auffinbar ist. Wenn man überhaupt in der Organik von „Software“ reden kann, dann wären dies nach dem Vorschlag Singers eben jene Informationen, die von den Neuronen prozessiert werden, bei der Herbeiführung einer Handlung. Das „Programm“ ist die Weise der Verarbeitung dieser Information selbst. Wie muss Software also konzipiert sein, um die Rolle des „fehlenden Elementes“ zu übernehmen?

Die „Klasse“ der Befehle „logische Operatoren“ ist nach hier dargestellter Erörterung insuffizient und weitgehend inkommensurabel mit einem System von Software, dass lernfähig“ bzw. zur eigenen „Optimierung“ fähig sein soll – es benötigt eine neue Klasse von „kontingenten“ Befehlen. Eignen würden sich hier etwa die Systeme mit sog. "qualitative

reasoning²⁵⁴". Hier wird dementsprechend versucht, das qualitative Argumentieren und Schließen des Menschen technisch nachzuahmen. Dies geschieht z.B. mit "relation algebra", die neue logische Operatoren einführt wie "a fördert/erzeugt b", "a hindert/verhindert b", "a hat ambivalente Auswirkung auf b" etc. oder durch logische Verknüpfung der neu eingeführten Wahrheitswerte "sicher", "beinahe sicher", "sicher genug", "sehr unsicher", "völlig unsicher".

Der entscheidende Punkt, bei aller zeitgenössischen Software Architektur, die lediglich klassische formal logische Operatoren nutzt, ist folgender:

Systeme denen lediglich eine fest definierte Menge Aussagen möglich ist, können diesen Rahmen nicht selbst erweitern, sondern sind auf ihn beschränkt. Dies gilt für alle Anfragen beliebig komplexer Systeme. Was ihnen zusätzlich zur Fehlerfähigkeit fehlt, ist die Fähigkeit zur Adaption – zur autopoietischen Generierung neuer und eigener Handlungsanweisungen und Funktionen, letztlich zur autonomen Lernfähigkeit.

Ein Beispiel:

Ein modernes SQL Datenbanksystem wird verwendet, um Mitarbeiter Stammdaten zu verwalten. Es gibt ebenfalls ein Datenbank - Modul für Lohn und Gehaltsabrechnung. (Beispiel DATEV²⁵⁵). Die beiden Datenbanken sind korreliert. Es ist recht einfach möglich, allen Mitarbeitern jeweils ihre passenden Bezüge zuzuweisen, diese zeitlich zu organisieren und zu automatisieren. Jedoch, egal wie lange eine (*intelligente*) Steuerberaterin mit einem solchen (*klassisch logisch determinierten*) System arbeitet, es wird niemals möglich sein, dass die Software von der Beraterin *lernt*, wie man die Daten schließlich nutzt, um ökonomisch und sozial sinnvoll etwa die Zahl der Mitarbeiter (Human Resources – bzw. Head Counts) zu optimieren. Dazu fehlt der Software etwas entscheidendes – sie kann ihre eigenen Operationen nicht erweitern, sie hat keine Operatoren für „Erweiterung ihrer Klassen“. Es bedarf einer neuen „Klasse“ von Befehlen. Zudem benötigt sie Parameter wie Grenzwerte der Funktionen von „sozial“ und „ökonomisch“, die hinsichtlich der zu zahlenden Löhne parametrisierbar sind. Solche neuen Parameter, kann diese Software bislang nicht selbst etablieren und mit ihren bereits definierten Parametern koordinieren. Genau diese „Transferleistung“ von Wissen, die der heutigen Software noch Probleme bereitet, leisten Menschen aber permanent.

²⁵⁴ vgl. Mercer, Robert E. and Neufeld, Eric (Eds.) (1998): „*Advances in Artificial Intelligence*“ / 12th Biennial Conference of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence / AI' 98 Vancouver / BC / Canada / June 18 – 20 / 1998 / Proceedings Berlin / Heidelberg / New York

²⁵⁵ <http://www.datev.de/>

Es bedarf einer Implementation der Anweisungen dieser neuen Funktionen als *Algorithmen mit erweiterter Logik* – weil die Begriffe (sozial & ökonomisch“) als reine semantische Entitäten nicht „kompatibel“ sind mit den klassisch logischen Sätzen und Operatoren einer Datenbank.

Um es kurz zu sagen, die „Sprache“ von Software allgemein und die der alltäglichen menschlichen Kommunikation sind zwar Schnittmengen voneinander, jedoch nicht kongruent, sondern lediglich partiell kommensurabel. Beide hier aufgedeckten Defizite sind bekannt, und Lösungen sind bereits vorgeschlagen worden. Kommensurabilität der verwendeten semantischen Entitäten, diese werden im Fachjargon *Ontologien*²⁵⁶ genannt, und Adaptionfähigkeit von Software haben schon jeweils eigene Fachdisziplinen mit eigenen Lösungsansätzen hervorgebracht:

*Evolutionäre Algorithmen*²⁵⁷ einerseits und das *semantische Web*²⁵⁸ andererseits.

Sehr interessante Arbeit zu der Evolution der Kommunikation findet man z.B. bei Vilem Flusser, der insbesondere ein „*fünfstufiges historischen Stufenmodell*“²⁵⁹ erarbeitet hat, in dem er über das Konzept von Information und Entropie eine positive Utopie der zukünftigen telematischen Gesellschaft als Gegenentwurf zu zeitgenössischen pessimistischen Medientheorien und Medienkritiken entworfen hat.

Die evolutionären Algorithmen bringen der Software die Funktion der eigenständigen Lernfähigkeit (s.o) und das semantische Web ist ein derzeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördertes²⁶⁰ Projekt, welches in bislang unerreichter Weise Sinnzusammenhänge von Information, auch für Software wie z.B. Suchmaschinen, Textverarbeitungsprogramme, Datenbanken, etc. nutzbar macht. Software muss sich selbständig erweitern können *und* Zusammenhänge verstehen, um ihr den Prozess der immer neuen Implementationen von Funktionen selbst überantworten zu können.

Es bedarf lernfähiger Software, die sich selbst optimiert – recherchiert – aktualisiert und priorisiert. Diesem Ansatz trägt das Modell der Orientierung an der Natur Rechnung, in dem durch Mutation und Selektion – ganz wie Dawkins „*Sefish Gene*“²⁶¹ - immer neue Varianten identischer bzw. mutierter Kopien von Aminosäuresequenzen vs. Algorithmen in einen Wettbewerb um möglichst erfolgreiche Reproduktion gesetzt werden.

Der *Kontingenz Generator* des Systems Evolution, um die These dieses Kapitels hier wieder

²⁵⁶ http://www.webagency.de/infopool/strategie/sematische_suche.htm

²⁵⁷ vgl. Pohlheim, Hartmut (1999): „*Evolutionäre Algorithmen*“ / Springer / Berlin

²⁵⁸ <http://www.semanticweb.org/>

²⁵⁹ Flusser, Vilem (2000): „*Ins Universum der technischen Bilder*“ / Vice Versa Verlag

²⁶⁰ <http://www.heise.de/newsticker/meldung/48662>

²⁶¹ vgl. Dawkins, Richard (1977): „*The Selfish Gene*“ / Oxford University Press

aufzugreifen, wird aus dem Vorbild der Natur mit ihren Methoden gleichsam extrahiert und „transkribiert“ für die Methoden der Software Programmierung. Dieser jüngst beschrittene Weg in der Software Entwicklung, wird in der Wahl der Strategie auch unterstützt durch die Ergebnisse der jüngeren Hirnforschung. Hierzu der Direktor des Max-Planck Instituts für Hirnforschung in Frankfurt, Wolf Singer²⁶²:

„Die Konstrukteure von Computern profitieren seit einigen Jahren auch ganz erheblich von den Ergebnissen der Hirnforschung, sie lernen von der Natur. Die neuen Rechnerarchitekturen, die sog. neuronalen Netze, basieren auf Verarbeitungsalgorithmen, die denen in der Hirnrinde ähneln, und sie bewähren sich überall dort, wo die klassischen von Neumann Rechner Schwierigkeiten haben: bei der Mustererkennung, beim assoziativen Lernen und beim flexiblen Reagieren auf Unvorhersehbares.“²⁶³

Das Modell der Natur im Beispiel der Evolution, lässt sich also auf Software übertragen wenn man dazu die Parameter einer Umwelt, die als selektive Kraft auftritt, simuliert.

Dies wird erreicht, indem man etwa die verschiedenen „Mutanten“ bzw. Varianten eines sog. auf Algorithmen basierenden Computerprogramm „Quellcodes“, in ihrem „Wettbewerb“ je nach Qualität der Bewältigung bestimmter Aufgaben in ein „Ranking“²⁶⁴ gliedert. Die jeweils besten einer Gruppe konkurrieren in der nächsten Aufgabe erneut, das Hinterfeld der Mutanten wird gelöscht. Die Methode ist in der Informatik auch unter dem Terminus „Wettbewerbslernen“²⁶⁵ bekannt. Man kann dies Prinzip vergleichen mit einer Art „Evolution im Sandkasten“ – oder evtl. besser – in einer virtuellen simulierten Umwelt im Zeitraffer.

Diese Methode führt zu beachtlichen Erfolgen in der Programmierung von *sich selbst optimierenden* komplexen Programmen. Die Fähigkeit der Software, sich an neue Aufgabenstellungen anzupassen, *ohne* dass ein Programmierer dies manuell in die Software implementieren müsste, ist bislang nur auf diese Weise – *Imitation der Evolution*²⁶⁶ – zu

²⁶² Herrn Singer muss man dabei zugestehen, dass die neueste Variante, der Implementation von Neuronalen Netzen in Software, statt in Hardware, tatsächlich erst in jüngster Zeit populär wurde. Er trifft diese Differenzierung hier nicht. Seine Aussage wird dadurch in keiner Weise beeinträchtigt, denn Software und Hardware sind bei dieser elementaren Betrachtung austauschbar. Im Detail ist dieser Unterschied dann jedoch höchst relevant, für etwa Emergenz und Kontingenz, wie weiter oben bereits erörtert.

²⁶³ Singer, Wolf (2002): „Der Beobachter im Gehirn“ / Suhrkamp / FFM / S. 29

²⁶⁴ vgl. Rechenberg Ingo (1973): „Evolutionstrategie: Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution“ / Frommann-Holzboog / Stuttgart

²⁶⁵ Lämmel, Uwe / Cleve, Jürgen (2004): „Künstliche Intelligenz“ / Hanser / München / S. 261

²⁶⁶ vgl. Hoffmeister, F. and Bäck, T. (1992): „Genetic Algorithms and Evolution Strategies: Similarities and Differences“ / Sys-1/92 / Universität Dortmund

realisieren. Dazu kommt, dass die evolutionären Prozesse, die in der Natur mehrere Jahrtausende respektive Jahrmillionen benötigen, in einem Computerprogramm in *unvergleichlich viel kürzerer Zeit* simuliert werden können – bezogen auf die Genese von immer differenzierter an bestimmte Aufgabenstellungen adaptierter Software.

Es gibt auch Bedenken gegen diese Art der Programmierung von Software. Prinzipiell wäre es möglich, dass eine sich selbst zu eigener Perfektionierung überlassene Software, die selbständig lernt, selbständig ihre Fehler ausmerzt und beständig leistungsfähiger und besser informiert wird, über ihr Ziel hinaus unerwartete Qualitäten hervorbringt.

Wissen kann eine Software selbständig aus dem Internet beziehen, hier wäre nur zu fragen, ob dies bereits ausreicht. Die Verknüpfung dieser Informationen zu einem homogenen selbstgenerierten „Weltbild“, der Repräsentation einer softwaresimulierten mentalen Qualität eines „Bewusstseins“ über die Rezeption dieser Inhalte gelingt *bislang* noch nicht. Sollte dies aber gelingen, was nach These dieser Dissertation und Ansicht vieler involvierter Forscher eine Frage der Zeit darstellt, dann könnte das plötzliche Gelingen auch Gefahren bergen. Die offenen Fragen blieben etwa, wie *fühlt* sich so ein „technisch“ ermöglichtes Bewusstsein? Können wir uns in ein solches hineinversetzen? Wird es Freude und Leid empfinden können? Es gibt Bedenken hinsichtlich der moralischen Gesinnung eines solchen artifiziellen Bewusstseins. Allerdings kann es nur gelingen dies zu eruieren durch das Experiment. Wenn die These des universellen Kontingenzgenerators zutrifft, dann wird sich im Laufe der Experimente herausstellen, dass sowohl die Software einer künftigen KI als auch die Prozesse der Informationsverarbeitung in einem natürlichen Gehirn, den exakt selben naturwissenschaftlichen Bedingungen unterliegen, die der universelle Kontingenzgenerator sämtlichen Phänomenen, die auf die Ressource seiner bereitgestellten Wahrscheinlichkeitsoptionen zurückgreifen wollen, in völliger Gleichberechtigung zur Verfügung stellt.

Es hat einen versöhnlichen Unterton, wenn die vermeintlich befremdliche oder auch bedrohliche neue Technologie, auch nur mit dem „selben Wasser kocht“, wie es klassisch organische Systeme eben seit Anbeginn der Evolution auch tun.

2.2.5 Praktische Anwendungsbeispiele evolutionärer Algorithmen

„Finally mathematics will help us to understand the patterns of the universe in terms of the patterns themselves and not just in terms of billions of dancing digits out of which the patterns emerge like some kind of miracle.“²⁶⁷

Ian Stewart

Als ein Beispiel für an der Strategie der Evolution orientierter Software Gestaltung – in Form sich selbständig weiterentwickelnder und optimierender evolutionärer Algorithmen - sei hier das Software System „Gaia“ des Unternehmens „Cyberlife Technology“ benannt.

Es wurde unter der Patentnummer DE 696 20 265 T2 am 05.11.1996 dem Deutschen Patent und Markenamt in München vorgelegt hat und wurde am 21.11.2002 im Patentblatt veröffentlicht. Im benannten Patent findet sich unter der Ziffer „Technischer Überblick“-Seite 6- folgendes:

„Gaia ist grundsätzlich eine Softwarearchitektur, das heißt eine Definition einer Datenbankstruktur für gekapselte modellierte Objekte, so dass jedes derartige Objekt mit einem anderen in Kommunikation treten kann, ohne vorherige Kenntnis der Funktion oder der Existenz dieses Objektes. Die Datenstruktur (die eine „Zelle“ (Prozesszelle) genannt wird, um sie mit einem grundlegenden Baustein lebender Systeme zu assoziieren) wird von einem Code-Körper umgeben, der interzelluläre und intrazelluläre Kommunikation (wieder unter Verwendung biologischer Metaphern), Aufgabenplanung, 3D-Geometrie und –Erzeugung, verteilte Verarbeitung und andere Unterstützungsfunktionen handhabt. Gaia stellt Mechanismen der Wiedergabe von virtuellen Objekten in einer virtuellen Welt, und deren Wechselwirkung bereit. Jedes virtuelle Objekt ist eine Zelle und liefert damit ein vereinheitlichtes Erscheinungsbild für alle anderen Zellen in einer Simulation. Die Zellen sind rekursive Einheiten und enthalten dementsprechend Felder oder Netzwerke anderer Zellen (Mutterprozeßzellen enthalten Tochterprozeßzellen). Die Basiszellenstruktur ist in hohem Maße skalierbar und eine Simulation kann daher Zellen repräsentieren, die so klein wie ein Neuron in einem neuronalen Netz oder so groß wie das virtuelle Universum selbst sind.“²⁶⁸

²⁶⁷ Stewart, Ian (2003): „The Mathematics of 2050“ / in: The next 50 Years / Brockman, John (Hrsg.) / Phoenix Books / London / S. 39

²⁶⁸ Das benannte Patent wurde vom Verfasser der Dissertation bei seinen Recherchen im Deutschen Patentamt ermittelt, als dieser selbst damit beschäftigt war, seinerseits ein Patent über Algorithmen für künstliche Intelligenz einzureichen – es beruht somit auf Iteration von kausal verknüpften Suchprozessen, die temporal jedoch in augenscheinlich zufälliger Reihenfolge ihre Realisation fanden. Isomorphien von Inhalten sind somit „zufällig“. Die Nutzung der Texte unterliegt den Regeln des Deutschen Paten und Markenamtes.

Die hier skizzierte Software, zeigt sehr deutlich auf, wie die Simulation und Adaption von Strategien der Biologie die klassischen Ansätze der Informationsverarbeitung transformiert in Strategien der modernen dynamischen Informationsverarbeitung. Die systemischen Vorteile der Biologie werden hier sehr konsequent inkorporiert.

Der Verwendungszweck solcher Software liegt nach Aussage von „Cyberlife Technology“²⁶⁹ darin, Prozesse und Softwarearchitekturen für Künstliche Intelligenz, künstliches Leben, künstliche virtuelle Welten und Spiele für virtuelle Realitäten bereitzustellen. Es können etwa im Fall der Spiele Charaktere mit ihren Oberflächen (Textures) durch diese Software lebensecht gestaltet werden. Auch die Kommunikation mit virtuellen Charakteren kann durch diese Software lebensnah simuliert werden, wenn dies wie wir gesehen haben auch noch erheblich mehr Rechnerleistung erfordert, als bislang verfügbar ist.

Die Spieleindustrie etwa, hat die genannte Software jedoch bereits erfolgreich ökonomisch instrumentalisiert. Aktuelle Versionen der populären Spiele, „Warcraft“²⁷⁰, „Quake“²⁷¹ oder „Unreal Tournament“²⁷², benutzen bereits Charaktere mit Algorithmen der beschriebenen „intelligenten - evolutionären“ Machart. KI in Computerspielen²⁷³ ist ein ökonomisch und wissenschaftlich bereits gut erschlossenes Thema. Solche Entwicklungen haben weitreichende soziale Implikationen. Wenn Millionen Menschen es seit ihrer Jugend gewohnt sind, in ihren alltäglichen Spielen gegen intelligente virtuelle Gegner in Spielwelten zu agieren, dann prägt dies nicht nur den Umgang mit Spiel und Technik, sondern auch den Modus der sozialen Interaktion der Individuen untereinander in der realen Lebenswelt, sowie deren Integration von Technik und KI in ihr alltägliches Leben. Psychologen haben den Einfluss von Computerspielen, insbesondere bei Spielern mit regelmässigem Konsum, als sehr zentral für die Genese von sozialen²⁷⁴, emotionalen, charakterlichen, etc. Parametern der Individualentwicklung empirisch identifiziert. Es gibt einen „schmalen Grat“ zwischen Faszination für Spiele mit attraktiver Grafikleistung und/oder hoher Komplexität und einer regelrechten „Sucht“ nach dergestaltiger Unterhaltung.

Wer einmal eine virtuelle Schlacht gegen eine künstliche Intelligenz geführt hat, „spürt“ schnell, dass ihre Anpassungsfähigkeit, Lernfähigkeit und Reaktionszeit bereits heute

²⁶⁹ laut Patentschrift vertreten werden durch Dr. Weber, Dipl. Phys. Seiffert und Dr. Lieke

²⁷⁰ <http://www.blizzard.com/war3/>

²⁷¹ <http://www.quake.de/apache2-default/>

²⁷² <http://www.unrealtournament.com/>

²⁷³ Funge, John David (2004): „*Artificial Intelligence for Computer Games*“ / A K Peters / Wellesey – Canada

²⁷⁴ http://userpage.fu-berlin.de/~medienfo/hp/Spiele/Homepage_Computerspiele.html

atemberaubend ist. Die prinzipielle Fähigkeit von KI zu moralisch bedenklichem Handeln wird in Spielen ganz bewusst instrumentalisiert, um die Attraktivität für die Konsumenten zu erhöhen. Es steigert offenbar die Spannung und die Qualität des Spiels, einen intelligenten und zugleich potentiell feindlichen Gegner zum virtuellen Gegenüber zu haben.

Das führt in der Folge der Entwicklungen möglicherweise dazu, dass „böse“ KI nicht plötzlich wie aus einer geöffneten „Büchse der Pandora“ über uns hereinbricht, sondern dass wir uns spielerisch und sukzessive an das *moralische Spektrum* einer KI herantasten, ohne uns vor „bösen Überraschungen“ wirklich fürchten zu müssen. Derartiges wird eher in Kinos thematisiert.

In Laborumgebungen der KI, sowie auch in Spieleumgebungen, ist das Prinzip eher das eines „Sandkastens“, in das man seine *Schöpfungen* entlässt, um sich zu bewähren. Dabei kann man KI beobachten, lenken, erziehen und vor allem weiterentwickeln²⁷⁵.

Der Ansturm von beinahe 300.000 Kunden²⁷⁶ allein am ersten Verkaufstag des letzten Release von „World of Warcraft“ der Firma „Blizzard“, hat eindrucksvoll demonstriert welche starke Resonanz derartige „intelligente“ Spiele in der Bevölkerung finden. Der Trend interaktiver vernetzter Spiele mit realen intelligenten Mitspielern vs. simulierten intelligenten „Agenten“²⁷⁷, hält derzeit offenbar weiter an und wird sukzessive stärker. Im September 2006 vermeldet die Süddeutsche Zeitung, dass weltweit inzwischen *7 Millionen Spieler*²⁷⁸ zur „Gemeinde“ der monatlich zahlenden Abonnenten des Spiels „World of Warcraft“ zählen, und dem Unternehmen Blizzard inzwischen jährlich zu rund einer Milliarde \$ Umsatz verhelfen. Alle drei großen Hersteller von Spielekonsolen – Microsoft (X-Box), Sony (Playstation) & Nintendo (Game Cube), setzen jetzt verstärkt auf diese Strategie der Spielgestaltung.²⁷⁹ Zudem entwickeln interessanterweise alle drei Weltmarktführer ihre Spiele-Konsolen mit dem noch näher zu behandelnden *Cell Prozessor*²⁸⁰, der sich bereits an der biologischen „Leistungs – Skalierungs – Strategie“ der „multiplen Kerne“ orientiert. Diese „Spielzeuge“, die zunehmend vom Spielzeug zu einem Supercomputer fürs Kinderzimmer avancieren, werden für einen immer stärker wachsenden Markt entwickelt.²⁸¹ Wie groß die Resonanz auf Spiele jüngst geworden ist, zeigen eindrucksvoll die

²⁷⁵ vgl. Unger, J. Marshall (1987): „*The Fifth Generation Fallacy: Why Japan Is Betting Its Future on Artificial Intelligence*“ / Oxford University Press

²⁷⁶ <http://www.golem.de/0501/35779.html>

²⁷⁷ Millington, Ian (2006): „*Artificial Intelligence for Games*“ / Elsevier

²⁷⁸ <http://www.sueddeutsche.de/cl3/computer/artikel/220/85135/>

²⁷⁹ <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=268222&tmp=59517>

²⁸⁰ <http://www.heise.de/newsticker/meldung/60402>

²⁸¹ <http://www.worldsites-schweiz.ch/internet-umsatz.htm>

Besucherzahlen der *Games Convention*²⁸² die 2005 in Leipzig stattfand. Sie überbot ihren Besucherrekord von 2004 erneut um 55%²⁸³.

Die zeitgenössischen Computer und Konsolenspiele weisen ein hoch dynamisches Wachstum der Nutzerzahlen auf, um in immer noch kürzerer Zeit inzwischen Millionen Menschen dazu zu bewegen, bedeutende Anteile ihrer Lebenszeit in virtuellen Welten zu verbringen. Nicht selten führt dies zu wissenschaftlich nachgewiesenem suchtähnlichem²⁸⁴ Verhalten. Es stellt sich die kritische Frage, ab wann dieser Trend zu Spielen in virtuellen Welten sich als gesellschaftlich, politisch und rechtlich relevanter Faktor darstellt?

Axel Zweck, Leiter der Abteilung Zukünftige Technologien des VDI-Technologiezentrums in Düsseldorf²⁸⁵, hat sich auf Technologiefolgen-Abschätzung und Technologie-Früherkennung spezialisiert. Er sieht Computer Spiele und Virtuelle Realität als inzwischen „kulturprägende Faktoren“ an, die in ihrer Tragweite durch mediale „Strohfeuer“, verfrüht als ausgereizte Themen stigmatisiert werden, wobei sie zeitgleich in ihrer immensen Technologie und Kultur transformierenden Rolle dramatisch unterschätzt werden:

„Die weitere Evolution heutiger Computerspiele wird in einer spielerischen VR-Technologie als neuer Lebenswelt münden. (...) Die Wichtigkeit dieser Nebenrealität könnte in Zukunft die der realen Welt überflügeln, zumindest für eine Vielzahl von Menschen. Der Einschätzung des Autors zu Folge ist es keine Frage, ob diese Entwicklung eintreten wird oder nicht. Interessanter ist, ab welchem Gesamtbevölkerungsanteil der extensive VR-Nutzer politisch, rechtlich und gesellschaftlich als relevant einzuschätzen sein wird.“²⁸⁶

KI selbst hat diese Erfahrung der Stigmatisierung durch verfrüht mediale Strohfeuer selbst bereits in den 60er Jahren erlebt, als man überoptimistisch und in dramatischer Verkennung der realen Komplexität des Gehirns, Utopien von einer kochenden, Kinder erziehenden und Fenster putzenden „KI-Nanny“ für die Schicht der besser situierten US-Amerikaner skizzierte. Mit solchen Fehlprognosen hat sich der Ruf von KI bis heute nachhaltig eingetrübt, was aber einer unvoreingenommenen Revision auf Grundlage neuer und detaillierterer Einsichten keinen Abbruch tut.

²⁸² <http://www.gc-germany.de/>

²⁸³ <http://www.heise.de/newsticker/meldung/63043>

²⁸⁴ <http://www.wissenschaft-im-dialog.de/sg.php4?ID=141>

²⁸⁵ <http://www.vdi.de/>

²⁸⁶ Zweck, Axel (2006): „*Virtuelle Realität - Spiel oder Kultur prägender Faktor?*“ / Herausgeber: Zukünftige Technologien Consulting (ZTC) der VDI Technologiezentrum GmbH

Wir werden uns der philosophischen und politischen Implikationen einer möglichen zu erwartenden Blütezeit der Virtuellen Realität, wie sie Axel Zweck skizziert, später noch widmen, zunächst sollen weiter die praktischen Konsequenzen für die Prozesse in der heutigen Landschaft von Ökonomie und Wissensgesellschaft im Vordergrund stehen. Der Markt hat aktuell die Tendenz, dass sich die Milliarden Ausgaben der Endverbraucher zunehmend von Pc's und Handys zu *Spiele* und *Software* verlagern. Es wird zunehmend mehr Umsatz und vor allem mehr Marge mit Software als mit Hardware gesamtwirtschaftlich erzielt. Es kursiert dazu das neue Schlagwort: „*Digital Capitalism*“²⁸⁷. Die Wissenschaft reagiert in der Regel nur zögerlich, auf derartig schnelle Prozesse. Mit einem in seiner Art bisher einzigartigen Lehrstuhl für Medien und Kommunikationswissenschaften, der sich spezifisch mit den Auswirkungen von „Computerspielen“ auf die Gesellschaftliche Entwicklung beschäftigt, hat die TU Ilmenau nun erstmals direkt auf solche Prozesse reagiert und so eine „Vorreiterrolle“ eingenommen. In der Begründung dieses Schrittes wird wie folgt argumentiert:

„Schließlich sollte (...), in einer Zeit des beschleunigten wissenschaftlichen und technischen Wandels dazu beigetragen werden, die immer komplexer werdenden technischen Systeme in ihrer kulturprägenden Kraft Fach- und Nichtfachleuten im Gesamtzusammenhang gesellschaftlicher Bezüge und Entwicklungen besser begreifbar zu machen.

Dies konnte und kann im konkreten Fall der TU Ilmenau nur auf der Grundlage eines breiten und traditionelle Denkschranken überwindenden Technikverständnisses (Technik als soziotechnisches System) und bei Hinwendung auf ein möglichst gegenwartsnahes und stark integratives Untersuchungsfeld in Lehre und Forschung erfolgen. Unbedingt notwendig ist es hierbei, sich der lohnenden und zugleich schwierigen Aufgabe des Zusammenführens und Überwindens disziplinspezifischer Sichtweisen zu widmen. Lehr- und Forschungsaufgaben stellen daher in konsequenter Weise die Entstehung und Entwicklung moderner Technikgebiete und Industriezweige und die Untersuchung der dort ablaufenden Innovationsprozesse in den Mittelpunkt.“²⁸⁸

Diese Einschätzung der TU Ilmenau, verdeutlicht einmal mehr, wie wichtig es ist die Herausforderungen des permanent beschleunigten technologischen Wandels interdisziplinär zu behandeln, als auch diesen Prozess dabei keinesfalls in seiner „kulturprägenden“ Kraft zu unterschätzen. Es scheint ratsam für viele andere Universitäten, diese Überlegungen ebenfalls nachzuvollziehen und als Vorbild zu verstehen.

Die Gesamtausgaben Deutschlands für Computerspiele haben bereits 2005 mit den Ausgaben

²⁸⁷ Schiller, Dan (1999): „*Digital Capitalism: Networking the Global Market System*“ / MIT Press

²⁸⁸ http://www.tu-ilmenau.de/site/ifmk/Das_Fachgebiet.1213.0.html

für DVD und Video gleichgezogen²⁸⁹, bis 2008 wird laut GfK ein Weltmarktvolumen von 27,1 Mrd. € erwartet. Es steht zu erwarten, dass die Spieleindustrie, ausgestattet mit solchen beachtenswerten monetären Mitteln durch ihre Konsumenten, in der Entwicklung der Software für KI einen beachtenswerten Beitrag leisten wird. Wir haben hier in der dargelegten Weise ein autokatalytisches System des Marktes vorliegen: Die Konsumenten nehmen eine Skalierung der Leistung der KI in Spielen als eine Steigerung ihres Genusses des Spielerlebnisses wahr, die Spieleproduzenten nehmen durch die Befriedigung dieses Konsumwunsches eine erhöhte Kaufbereitschaft und damit höhere Gewinne wahr, die sie umgehend kapitalistisch orientiert reinvestieren in die Programmierung abermals leistungsfähigerer KI. Es ist daher eine hohe Wahrscheinlichkeit gegeben, dass die Spieleindustrie bei dem zu erwartenden „Durchbruch“ der KI in ihrer Leistung erfahren könnte, massgeblich beteiligt sein wird.

Die Zahl der Handys weltweit wird nach einer Studie aus 2004 des „Gartner“ Institutes die Zahl von 2,6 Mrd. Stück für das Jahr 2009 erreichen. Dies erscheint sogar recht konservativ wenn man bei IDC nachliest, dass allein in 2005 die stolze Zahl von 825 Mio. Handys²⁹⁰ weltweit ausgeliefert worden sind. Moderne Handys werden bereits mit der Grundausstattung Digitalkamera, Farbdisplay, integrierter Speicher, integrierter Mp3 Player, integriertes Radio, vorinstallierte zahlreiche Spiele, Software, usw. ausgeliefert – zumeist für 1€, wenn der Käufer einen 2 Jahres Vertrag akzeptiert. Mit diesem Erfolgsmodell²⁹¹ wird das Handy nach den Worten von „Gartner Sprecher Ben Wood“ mit großer Wahrscheinlichkeit *„zum meist konsumierten Elektronik Artikel der Welt“*.²⁹² Vorerst hat diese Position das Handy also inne, wohlbemerkt vorerst, denn neue Anwarter stehen bereit.

Die *meist „konsumierte“ Software der Welt* stellt unangefochten das Computer Betriebssystem „Microsoft Windows“ dar, dass zu seiner medial gut inszenierten Einführung mit dem bedeutenden Release von Windows 95 vor 10 Jahren, bereits in der ersten Wochen über 7 Millionen Stück²⁹³ Absatz generierte. Heute laufen weltweit ca. 95% aller PC's mit dieser Software, und Microsoft ist ein milliardenschwerer global positionierter Konzern. Der Durchbruch gelang Microsoft, als sie in IBM²⁹⁴ den ersten Hardwareproduzenten fanden, der Microsofts Software schon auf der Fertigungsstraße der IBM Hardware hinzufügte. Der

²⁸⁹ <http://www.welt.de/data/2005/08/16/760702.html>

²⁹⁰ <http://www.heise.de/newsticker/meldung/69221>

²⁹¹ vgl. Schiller, Dan (1999): *„Digital Capitalism: Networking the Global Market System“* / MIT Press

²⁹² <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=270936&tmp=75754>

²⁹³ <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=273236&tmp=20669>

²⁹⁴ http://www.operating-system.org/betriebssystem/_german/fa-microsoft.htm

Konsument wurde dadurch von dem aufwändigen Installationsprozess entbunden. Diese Praxis hat sich in exponentieller Weise unter sämtlichen Hardwareherstellern verbreitet. Seit geraumen Jahren, werden Computer ausschließlich mit vorinstalliertem Betriebssystem geliefert. Man muss nun also heute Microsoft in manchen Fällen zuerst löschen, um sich für einen anderen Hersteller eines Betriebssystems zu entscheiden. Die Bilanzen Microsofts weisen kontinuierlich Jahr für Jahr beachtliche Zuwächse des Gewinns auf,²⁹⁵ und das Unternehmen wird an der Börse mit etwa 80 Mrd. \$ taxiert. Es besteht seit 1975²⁹⁶ und der Gründer Bill Gates begann in der väterlichen Garage mit seinen ersten Programmierarbeiten. Die Software des „Windows Betriebssystems“ verfügt in ihrer heutigen Version 2005 bereits über eine sehr bedingte pragmatische „Intelligenz“, nach lediglich etwa 30 Jahren „Evolution“ seiner Algorithmen. Sie erkennt Rechtschreibfehler, merkt sich Präferenzstrukturen des Nutzers, schützt bedingt vor Viren Angriffen, erkennt automatisch Versionskonflikte von installierter Software von Drittanbietern, usw. Dennoch stellt diese pragmatische Intelligenz einen sehr geringen Grad an Intelligenz dar – die meisten Nutzer dieser Software reagieren eher verärgert über die „kläglichen“ Versuche, weshalb heute andere Betriebssysteme wie Linux²⁹⁷ und Unix²⁹⁸ zunehmend Interesse finden. Der Anteil der „Open Source“²⁹⁹ Bewegung an dieser Migration zu alternativen Betriebssystemen, ist als entscheidend zu werten. Der leitende Gedanke dieser Bewegung ist, dass *programmierter Code* als geistiges Eigentum³⁰⁰ der Menschheit erachtet werden sollte, und daher nicht der Verantwortlichkeit einzelner vorwiegend kapitalistischer globaler Konzerne überantwortet gehört. *Software* als Produkt der menschlichen Schöpfungskraft im sukzessiven Prozess über Jahrhunderte der notwendigen Vorüberlegungen, ist eine zu mächtige globale *Kulturleistung*, um sie als Gesamtheit einzelnen „Besitzern“ zuordnen zu können. Ihr Erfolg liegt in der Fähigkeit zur identischen Replikation von Information. Der Quellcode muss nur „*ein einziges*“ Mal richtig programmiert und kompiliert werden. Die Kopierarbeit um Millionen Exemplare zu erhalten, ist dann völlig nebensächlich. Man kann den Code auch völlig ohne Medium einer CD in einer Schachtel über das Internet verbreiten. Open Source³⁰¹ Projekte wie Linux nutzen vorwiegend diese Methode. Oft sind wenige Stunden nach dem Release einer neuen „Open Source“ Software, bereits *mehrere Millionen* Kopien davon im Netz zu finden. Diese

²⁹⁵ <http://www.heise.de/newsticker/meldung/61959>

²⁹⁶ http://www.operating-system.org/betriebssystem/_german/fa-microsoft.htm

²⁹⁷ <http://www.linux.de/>

²⁹⁸ <http://www.unix.org/>

²⁹⁹ <http://www.opensource.org/>

³⁰⁰ vgl. Walter, Michel M. (2001): „*Europäisches Urheberrecht*“ / Springer

³⁰¹ vgl. Weber, Steven (2004): „*The Success of Open Source*“ / Harvard University Press

erwünschte extreme Vervielfältigung verdankt sich erstens effizienter Tauschbörsen, wie z.B. „Bit Torrent“³⁰² und zweitens dem Umstand, dass sich Information am besten identisch replizieren lässt, wenn es keines fixen Trägermediums mehr bedarf. Diese Eleganz der inhärenten *leichten Kopierbarkeit* ist ein bewusst gewünschtes Feature aller Software, auch wenn sich heute viele Stimmen gerade über diesen Punkt kritisch äußern.

„Open Source“ Programme sind daher sämtlich kostenlos, und ihre Beliebtheit nimmt in jüngster Zeit stark zu. Die Diskussion zu diesem Thema ist philosophisch mit ähnlichen Argumenten bestückt, wie etwa die um die Patentierbarkeit von einzelnen DNS Sequenzen. Auch die heute in Handys eingesetzte Software kann auf bisherigem Level als bedingt „intelligent“ bezeichnet werden, daher werden die neuen Multimedia Handys auch unter dem Marketing Namen „Smartphones“ verkauft. Es ist möglich ein Navigationssystem zu aktivieren, um Freunde automatisch finden zu lassen, oder sich auf in der Nähe befindliche Geschäfte aufmerksam machen zu lassen, die dem eigenen Präferenzmuster entsprechen. Man kann sich auch nach Wunsch von einem persönlichen Avatar³⁰³ begrüßen lassen, der singt, tanzt oder mehr oder weniger nützliche Dienste³⁰⁴ offeriert. Da Handys durch die zunehmende Nutzung als multimediale „Allzweckwerkzeuge“ neben mehr Speicher auch permanent mehr Performance benötigen, wird aktuell an einer neuen Generation Prozessoren für Handys gearbeitet. Der neueste Typus dieser Prozessoren leistet bei minimalem Stromverbrauch und Platzbedarf, durch integrierte Bauweise multipler Komponenten, den beachtlichen Wert von 1 GHZ, was ein Handy somit in puncto Leistungsfähigkeit mit PC's nahezu ebenbürtig performant agieren lässt. Der Prozessor des britischen Produzenten ARM trägt den Namen "Cortex A8", was als bewusste Anspielung auf die intendierten Verwendungszwecke³⁰⁵ für Anwendungen der KI auf Handys verstanden werden darf.

Die Nutzung von KI auch auf Handys erscheint in dieser Betrachtung lediglich als eine Frage der Zeit. Die Größe eines Computers spielt zudem eine eher untergeordnete Rolle für dessen Intelligenz, denn über ein geeignetes Client – Server System³⁰⁶ lässt sich eine KI Software prinzipiell auf jedem internetfähigen Endgerät anwenden. Der Performance sind dann allerdings die Grenzen der Geschwindigkeit des Netzes zusätzlich zu den Grenzen des Prozessors gesetzt. Korea möchte in einem 34 Mio. \$ schweren Regierungsprojekt bereits bewaffnete Polizeiroboter durch eine „Server Client - basierte KI“ auf den Straßen auf

³⁰² <http://de.wikipedia.org/wiki/BitTorrent>

³⁰³ Lindner, Christian (2003): „Avatare: Digitale Sprecher für Business und Marketing“ / Springer / Berlin, Heidelberg, New-York

³⁰⁴ <http://www.jamba.de/>

³⁰⁵ <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=275806&tmp=25092>

³⁰⁶ http://www.wissensnavigator.com/interface2/knowledge/applications/client_server/

Patrouille senden – und dies bis Ende der Dekade³⁰⁷.

Die Politischen Implikationen dieser Prozesse sind in ihrer Reichweite noch nicht zu ermessen, es erscheint jedoch als wenig problematisch abzusehen, dass KI in den kommenden Jahren wenigstens in Milliarden von Computern, Handys und anderen elektronischen Geräten, sowie in ungezählten Spielen weltweit Einzug halten wird. Der Grad der Intelligenz wird dabei sicherlich zunächst ähnlich pragmatisch bleiben wie heute marktüblich, allerdings wächst mit der Verbreitung der KI fähigen Endgeräte der gesamte Marktsektor erheblich und damit auch die aufgewendeten Gelder für Forschung und Entwicklung der involvierten Unternehmen. Daher gilt es als sicher anzunehmen, dass die Aufwendungen für eine Verbesserung der Leistungen von KI einen zentralen Stellenwert in den Budgets der globalen IuK Unternehmen zugebilligt bekommen und die „Intelligenz“ der so ständig verbesserten Software sich somit sukzessive steigert, und dies nicht nur in Spielen sondern auch in Betriebssystemen und alltäglicher Software wie Office Produkten, Datebanken, etc. Die Markteinführung³⁰⁸ von kommerzieller KI wird den obigen Zahlen zufolge offensichtlich im Segment Software erfolgen. Es ist oft eine spielerische Herangehensweise gewesen, in der Geschichte der technologischen Innovationen, die schließlich zu einem pragmatischen Nutzen geführt hat, der meist weit über die spielerische Dimension hinausging. Es ist beinahe kein lebensweltlicher Bereich vorstellbar, in dem sich KI nicht anwenden ließe – und so mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit - dem Habitus des Weltmarktes entsprechend - auch angewendet werden wird. Besondere Brisanz wird dabei sicherlich in der politischen Diskussion auch der Einsatz von KI in Polizei und Militär genießen. Eine weitere noch viel populärere Nutzung von intelligenten evolutionären Algorithmen, als in Spielen, Software, künftigen Handys oder „Prototypen von Robocops“ ist in einer alltäglichen Anwendung des Internet verborgen, wo man sie zunächst nicht vermutet. Es ist die Armada der allseits beliebten „Suchmaschinen“, allen voran Marktführer „Google“.³⁰⁹ Dazu ein Zitat des Pioniers der KI, Alan Turing:

"Intellectual activity consists mainly of various kinds of search,..."³¹⁰

³⁰⁷ <http://www.vnunet.com/vnunet/news/2148869/korea-plans-police-robots>

³⁰⁸ *man kann darüber geteilter Auffassung sein, ob KI nicht heute bereits kommerziell in den Markt eingeführt wurde. Es hängt allein davon ab, welche Ansprüche man an KI stellt, um Vorläufer von „echter“ KI zu differenzieren. Die Definitionsräume sind aktuell zu stark in Diskussion um hier eine einheitliche Bewertung zu gestatten. Wir wollen „echte“ bzw. „starke“ KI erst dann als realisiert erachten, wenn empirisch überprüfbar ein künstliches Bewußtsein vorliegt. Vorzugsweise verifiziert durch mehrere unabhängige Turing Tests.*

³⁰⁹ www.google.de

³¹⁰ http://www.edge.org/3rd_culture/foreman05/foreman05_index.html

Das Suchen und Finden ist neuerdings zu einer der „Königdisziplinen“ der modernen Programmierverfahren und auch der Evolutionären Algorithmen geworden. Dabei sind nicht nur private Unternehmen involviert, sondern auch staatliche Institutionen.

„Der Forschungszweig des US-Militärs [Defense Advanced Research Project Agency - DARPA] hat dazu einen rund 400.000 Dollar schweren Vertrag mit zwei US-Forschern abgeschlossen, deren Ziel es ist, eine Maschine zu bauen, die durch Lesen lernen kann.“³¹¹

Eine Reihe staatlich gut bezahlter Forscher wurde also beauftragt, der Software eine Freiheit zur eigenen Recherche zu integrieren. Diese Forschungsergebnisse machen sich nun auch private Unternehmen zu Nutze. Dabei wird von Suchmaschinen wie etwa „Google“, eine semantische Nähe von Worten einander zugeordnet, anhand der Listung im Index der Suchmaschine. Das dabei erzielte Ranking nach Plänen des Unternehmens künftig³¹² nutzerspezifisch optimiert, indem eine sog. „History“ das „Surfverhalten“ protokolliert, und so individuell präferenzspezifische Inhalte offerieren kann.

Die Börsenwelt erachtet das Potential derart intelligenter Suchverfahren als *so immens hoch*, dass die Aktie der Firma Google einen fulminanten Börsenstart³¹³ im August 2004 am amerikanischen Nasdaq Index absolvierte, gefolgt von einem Chartverlauf, der binnen eines Jahres bis August 2005 den Wert der Firma um 300% steigerte. Google wird heute mit etwa 80 Milliarden \$ Börsenwert taxiert³¹⁴, und gilt derzeit als wertvollstes Medienunternehmen³¹⁵ weltweit, seit es Time Warner von diesem Platz verdrängt hat.

In 2005 kündigte auch die NASA eine Kooperation³¹⁶ mit Google an. Man wolle im „*Computing Bereich*“ und in den konvergierenden Disziplinen „*Bio-Info-Nano-Technologien*“ eng zusammenarbeiten, werden die Konzernsprecher in einem Interview zitiert³¹⁷. Derartige Kooperationen verdeutlichen die politische Dimension und das Gewicht des Themenbereiches auf der wirtschaftlichen und politischen Agenda unserer Dekade.

³¹¹ <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=261369&tmp=15717>

³¹² <http://www.powerpage.org/cgi-bin/WebObjects/powerpage.woa/wa/story?newsID=14732>

³¹³ vgl. Vise, David A. (2006): „*Die Google Story*“ / Murmann Verlag

³¹⁴ <http://www.computerwoche.de/index.cfm?pageid=254&artid=76493&linktype=nl>

³¹⁵ <http://www.zdnet.de/news/tkomm/0,39023151,39133899,00.htm>

³¹⁶ http://www.pro-physik.de/Phy/External/PhyH/1,,2-10-0-0-1-display_in_frame-0-0-.00.html?recordId=6984&table=NEWS

³¹⁷ <http://www.faz.net/s/RubE2C6E0BCC2F04DD787CDC274993E94C1/Doc~EDD22CC49F359416D86502F378F9FFACF~ATpl~Ecommon~Scontent.html>

Die NASA gehört in den engen Kreis der intensiven Förderer³¹⁸ von KI.

Google selbst ist bemüht, ihr Produktportfolio beständig zu diversifizieren. Ein weiteres Projekt, neben der Perfektionierung ihrer Suchmaschine durch KI, liegt aktuell in der Digitalisierung von Millionen von Büchern³¹⁹ von Universitäten. Dieses Projekt kann in seiner Bedeutung nahezu kaum überschätzt werden, denn jedes „gescannte“ und im Internet öffentlich verfügbar gemachte Buch, kann für alle Zeiten von allen, die des Lesens fähig sind genutzt werden und zwar von potentiell beliebig vielen Nutzern gleichzeitig. Nicht wenige Kritiker des Projekts setzen dessen historische Dimension gleichauf mit der „Erfindung“ des Buchdruckes³²⁰ durch Gutenberg vor ca. 550 Jahren. Es gibt öffentlich geäußerte Bedenken³²¹ hinsichtlich des Urheberrechts und der Übertragung einer solchen Aufgabe an ein privates Unternehmen überhaupt, dass so in den Besitz von enormen Quantitäten des geistigen Eigentums der Menschheit gelangt und potentiell ein Monopol damit ausbilden könnte. An der Front der Kritiker Googles bei der Digitalisierung von Millionen von Büchern steht Frankreich, die sich offenbar in ihren kulturellen Werten an der Wurzel gefährdet fühlen.³²² Anlässlich des 60. Geburtstages, des ersten Vorschlages eines digitalen Computers durch John von Neumann, besuchte der Wissenschaftshistoriker George Dyson³²³ (bekannt unter anderem durch „*Darwin Among the Machines*“ und als Sohn von Freeman Dyson) das Unternehmen Google am 24.10.2005. Er veröffentlichte daraufhin folgendes Zitat im Internet:

„My visit to Google? Despite the whimsical furniture and other toys, I felt I was entering a 14th-century cathedral — not in the 14th century but in the 12th century, while it was being built. Everyone was busy carving one stone here and another stone there, with some invisible architect getting everything to fit. The mood was playful, yet there was a palpable reverence in the air. *"We are not scanning all those books to be read by people," explained one of my hosts after my talk. "We are scanning them to be read by an AI."*³²⁴

Es erscheint also sehr wahrscheinlich, dass es einen internationalen Wettstreit geben wird, um die Nation oder auch das private Unternehmen, das als erster kommerzielle KI auf den Markt zu bringen vermag. Die private, staatliche oder institutionelle Verbindung von großen

³¹⁸ <http://msc.caltech.edu/KISupport/index.html>

³¹⁹ <http://books.google.com/>

³²⁰ Wefers, Sabine (1997): „*Von Gutenberg zum Internet*“ / Vittorio Klostermann Verlag

³²¹ <http://www.mediensprache.net/de/news/show/200510221668.aspx>

³²² <http://www.heute.de/ZDFheute/inhalt/11/0.3672.2279627.00.html>

³²³ Dyson, George (1998): „*Darwin Among the Machines: The Evolution of Global Intelligence*“ / Perseus Books

³²⁴ http://www.edge.org/3rd_culture/dyson05/dyson05_index.html (Hervorhebung nicht im Original) (KI und AI stehen für Künstliche Intelligenz und Artificial Intelligence – und sind gleichwertig in beiden Sprachen von Zielsetzung und Bedeutung des Projektes anzusehen)

Mengen Information mit Algorithmen der KI Software, wird dabei eine „Schlüsselrolle“ spielen. Das Marktpotential von KI ist derzeit noch nicht in Milliarden \$ zu beziffern. Es erscheint jedoch plausibel, dass Unternehmen wie Google oder Microsoft in ihren Rekordumsätzen, durch jene Umsätze die durch KI möglich werden, überflügelt werden. Zurück zur prinzipiellen Funktionsweise derart erfolgreicher Software:

Da ja die Listung bzw. das Ranking der Suchmaschinen aufgrund der Benutzung durch *Menschen* aktualisiert wird, sind solche Maschinen allgemein eine geeignete Schnittstelle um etwa die Gewichtung der Nähe der Begriffe Apfel & Obst, Auto & fahren, Buch & lesen zuzuordnen. So kann eine erste Form der Adaption von menschlicher Lebenswelt in einem Computerprogramm repräsentiert werden – durch semantische Korrelation anhand Gewichtung und Indexierung. Diese Software lernt direkt durch jede Eingabe seiner Nutzer, und Google erfreut sich weltweit Millionen von Nutzern täglich – entsprechend schnell lernt diese Software. Eine Stellungnahme des Unternehmens selbst:

„Google Inc. provides the best Internet search experience, and accomplishes this for *tens of millions of users daily* by delivering a powerful, fast, and easy-to-use search service for finding the most relevant information. Google's technological innovations have powered the company to numerous awards, including Best Search Engine on the Internet from Yahoo! Internet Life; Top Ten Best Cybertech of 1999 by TIME magazine; Technical Excellence Award from PC Magazine; and this year's Webby Award for Best Technical Achievement; and a WIRED Readers *Raves award for Most Intelligent Agent.*”³²⁵

Ein anderes Unternehmen, das die Auswertung von menschlichem Verhalten in marktführender Weise beherrscht, ist der Internet-Buchhändler „Amazon“³²⁶.

Hier fokussiert die Technik hinter deren Online Store zunehmend darauf, die Präferenzstrukturanalyse des jeweils eingeloggtten Individuums zu nutzen, um zu den selektierten Angeboten jeweils erfahrungsbasiert korrelierte Angebote zu offerieren. Es steht jedem Rezipienten frei es sofort selbst zu testen – Amazon „errät“ nahezu perfekt was seine Kunden interessieren könnte. Die Treffsicherheit wird noch dadurch erhöht, dass die Nutzer in korrelierte Cluster separiert werden, in denen einzelne Individuen als „Peer Group Leaders“ identifiziert werden, um deren Einfluss auf die übrigen Mitglieder der „Peergroup“³²⁷ gezielt zu stärken. Soziologische Theorien werden hier direkt aus der

³²⁵ <http://www.google.com/press/pressrel/pressrelease39.html> (Hervorhebung nicht im Original)

³²⁶ www.amazon.com

³²⁷ Collier, Gerard (1983): *“The Management of Peer-Group Learning: Syndicate Methods in Higher Education”* / Society for Research into Higher Education

Marktforschung mittels des Internet in die ökonomisch effizienteste Bearbeitung des Marktes umgesetzt. Der Focus titelte ein Interview mit Amazons ehemaligem Chefwissenschaftler Andreas Weigend sogar mit der Zeile: „Ich suche, also bin ich“³²⁸

Die Kunst, im heute exponentiell wachsenden Meer aus Daten, gezielt die jeweils relevanten Informationen für Individuum, Suchanlass, Sprachraum und Zeitraum zu finden, ist anders als mit ausgeklügelten wissenschaftlichen Methoden und deren Umsetzung in intelligente Algorithmen kaum mehr vorstellbar.

- Zunehmend wird klar, dass die Vorläufer von „Künstlicher Intelligenz“ seit geraumer Zeit bis in *vieler* Menschen tägliches Leben ragen, und sich keinesfalls länger auf die abgeschottete Laborumgebung einzelner ambitionierter Wissenschaftler beschränkt.
- KI ist nicht länger „Spiel“ oder reine „Forschung“, sondern weitgehend unbemerkt im Begriff das alltägliche Leben mitzubestimmen.
- Die Funktionsweise von KI wird in vielen Bereichen den Prinzipien von natürlichen Prozessen organischer vorbildhafter Lösungswege entlehnt.
- Die politischen Implikationen dieser Prozesse lassen sich bislang nur in Ansätzen an Veränderungen des globalen Marktgeschehens ableiten – es bedarf hier dringend näherer Untersuchungen.

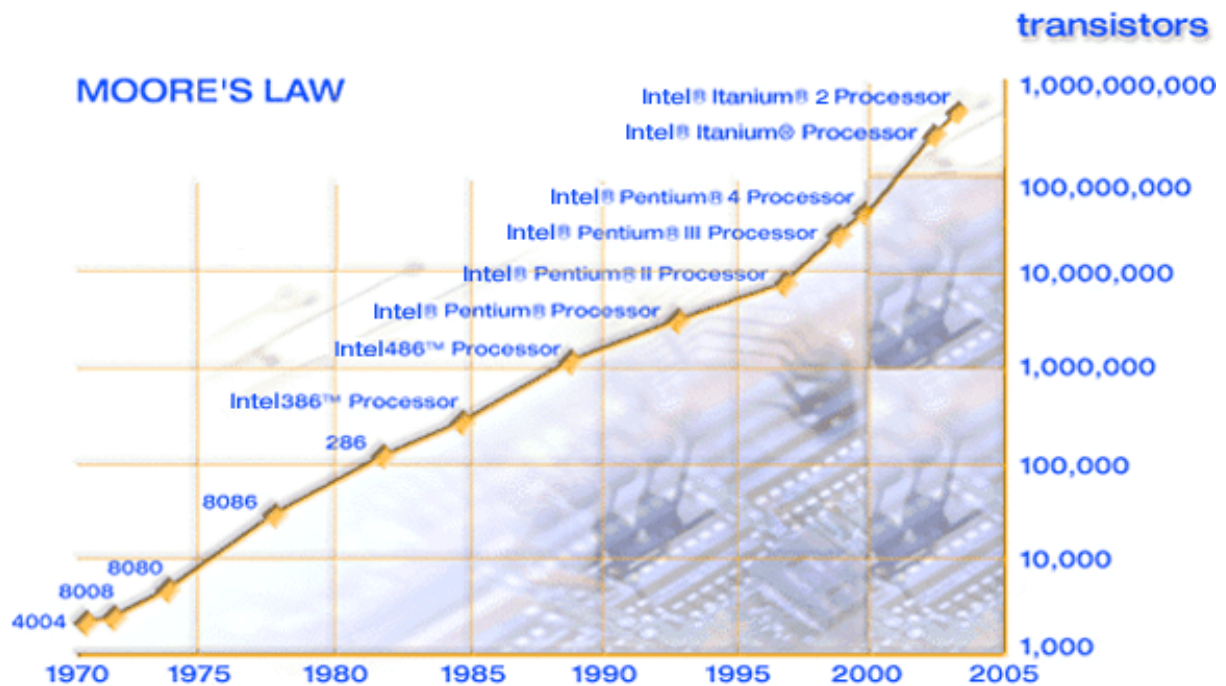
³²⁸ Focus Nr. 41 / 2004 / S. 146 / Interview mit Andreas Weigend, ehemaliger Chefwissenschaftler von Amazon

2.3 Exponentielles Wachstum in Technologie und Natur

2.3.1 Moore's Law, Metcalfs Law & Reed's Law

*Zahl der Computer, auf die IBM Chef Thomas Watson den zukünftigen weltweiten Bedarf
Im Jahre 1943 geschätzt hat: 5 Exemplare!³²⁹*

Es ist heute zum Gegenstand einer guten Allgemeinbildung geworden, dass die Zahl der Transistoren pro Chip – und damit korreliert auch die Rechenleistung eines handelsüblichen Personalcomputers - sich ca. alle 18 Monate verdoppelt.



Die Grafik – entnommen aus der Internetpräsenz der Firma „Intel“ - illustriert die Steigerung der Zahl der Transistoren auf einem einzigen Chip entlang der Zeitachse. Parallel zu dieser exponentiellen Kurve der rein numerischen Verzehnfachung mit jedem Gitterpunkt, gilt eine Verdoppelung der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit der Chips als komplexe Einheit - etwa alle 18 Monate – was als „Moore's Law“ zum Allgemeinwissen wurde.³³⁰

Diese Regelmäßigkeit ist benannt nach dem Gründungsmitglied *Gordon E. Moore* von Intel. Es wurde erstmals formuliert in der Fachzeitschrift: *Electronics Magazine* 19 April 1965.

³²⁹ Auf dem Hövel, Jörg (2002) „Abenteuer künstliche Intelligenz“ / Hamburg / S. 115

³³⁰ <http://www.intel.com/research/silicon/mooreslaw.htm>

Bislang gilt dieses „Gesetz“ schon seit der beachtlichen Zeitspanne von 40 Jahren³³¹ mit nahezu mathematisch perfekter Genauigkeit.

Es wäre nun trivial, an dieser Stelle ein Lineal zu platzieren und zu prognostizieren, dass wir künftig astronomisch schnelle Chips fertigen werden. Es spricht auch einiges gegen diesen in seiner Realisation sicherlich sehr wahrscheinlichen Standpunkt, was zunächst Gehör verdient:

- keine Exponentialkurve kann ewig skalieren, irgendwann muss sie abflachen
- es ist schon heute beinahe die Schwelle zu Strukturgrößen einzelner Atome erreicht
- mit weiterer Miniaturisierung werden die Chips immer störungsempfindlicher
- die entstehende Abwärme bringt bereits heute Chips an physikalische Limits
- Fehler in der Fertigung werden stetig häufiger bei weiterer Miniaturisierung

Diese Liste ließe sich leicht um etliche Punkte erweitern, die es in ihrer Fülle durchaus berechtigt erscheinen lassen, an der bislang ungebrochenen Prognosequalität von Moore's Law Zweifel anzumelden. Es scheint zudem sehr plausibel, dass spätestens dann eine natürliche Grenze für die rasante Miniaturisierung aufkommt, wenn wenigstens nur noch ein einziges Atom an Schichtdicke die einzelnen Leiterbahnen voneinander isoliert, sonst würden Spannungsübergriffe und Kurzschlüsse den ganzen Chip dysfunktional werden lassen.

Dieses Stadium wäre etwa in 10 bis 15 Jahren erreicht – bei gleich bleibender Technik und gleichem Tempo der Skalierung der Chips in den Nanometer (10^{-9} Meter) bzw. Picometer (10^{-12} Meter) Bereich hinab – und damit wäre ein Ende der Entwicklung nur noch eine Frage der Zeit, wie viele Kritiker zu bedenken geben. Chips würden so klein und so heiß – bei weiterer Verwendung von Elektronen als Ladungsträgern - dass sie, egal bei welchem verwendeten Material und welcher Kühlmethode, zwangsläufig durchbrennen müssten. Diese Kritik ist als sachlich falsch zurückzuweisen, insofern sie darauf beharrt, diese Entwicklung sei eine alternativlose „Sackgasse“³³².

Man hat bereits alternative Modelle überlegt, um Problemen der Hitzeentwicklung und der Miniaturisierung zu begegnen. Es gibt eine Auswahl sehr aussichtsreicher Kandidaten:

- Chips werden in ihrer weiteren Miniaturisierung bis an die atomare Grenze getrieben, parallel dazu wird die Entwicklung sich auf Multichipsysteme (*Cell*) konzentrieren.³³³
- Computer benutzen als „rechnendes“ Substrat „DNS“ statt Silizium, denn biologische

³³¹ <http://www.intel.com/technology/silicon/mooreslaw/eml02031.htm>

³³² Carlson, Jim (2002): „*Itanium Rising: Breaking Through Moores 2nd Law*“ / Prentice Hall

³³³ http://news.com.com/Intel+expands+core+concept+for+chips/2100-1006_3-5494714.html

Strukturen sind bis heute immer noch kleiner, energiesparender und speicherfähiger als technische synthetische Strukturen und Materialien.³³⁴

- Chips werden die „dritte Dimension“ erobern, durch sog. „Stacking Verfahren“ werden die bislang flachen Chips massiv gestapelt konstruiert und somit effizienter.³³⁵
- Die atomare Grenze wird nicht die ultimative Grenze der Miniaturisierung darstellen, es gibt technische Möglichkeiten auch subatomare Strukturen für Informationsverarbeitende Prozesse zu nutzen, z.B. den sog. „Spin“³³⁶ des Elektrons.
- Die Entwicklung zum *Quantencomputer*³³⁷ wird sich anbahnen, durch Nutzung von Effekten der sog. „Qubits“³³⁸ und deren *Kohärenz & Dekohärenz*³³⁹.

Nüchtern betrachtet spricht die Erfahrung dafür, dass alle fünf Wege parallel eingeschlagen werden. Die empirisch verfahrenende Forschung dieses Gebiets, hat schon oft erfolgreich mehrere Entwicklungspfade parallel verfolgt, um schließlich durch einen Wettbewerbsprozess die weniger geeigneten Lösungswege herauszukürzen. Dieser Prozess entspricht sowohl der Strategie der natürlichen Evolution, als auch der Strategie der evolutionären Algorithmen – er erscheint daher durchaus als erprobt und gut praktikabel.

Es lässt sich zudem mit heutigen technischen Mitteln *eben nicht* sicher vorhersagen, welcher Weg der effizienteste, ökonomischste und somit *einzig* zu favorisierende Weg wäre.

Die Entwicklungsgeschwindigkeit und der wirtschaftliche Erfolg der vorgestellten wenigstens *fünf möglichen Wege* wird dann bestimmen, welche Variante im „evolutionären Wettstreit“ sich als „dominant“ von den „Konkurrenten“ abheben kann.

Eine guter Kompromiss ist eine Hybride Lösung bzw. eine Mischform, um die Vorteile der divergierenden Varianten in einem Synergieeffekt final wieder zu konvergieren. Denkbar wäre hier etwa ein Quantencomputer mit partiell synthetisch technischem Material – wie z.B. Qubits³⁴⁰ bzw. Quantenpunkte³⁴¹ basierend auf Halbleiter- und Lasertechnologie – mit Verknüpfungen der operationalen Einheiten durch biologisches Material – z.B. auf

³³⁴ vgl. Rozenberg, Grzegorz (1998): „*DNA Computing: New Computing Paradigms*“ / Springer / Berlin, Heidelberg, New-York

³³⁵ <http://www.heise.de/newsticker/meldung/57065>

³³⁶ <http://www.physikon.de/exp/36wstoff/08spi.htm>

³³⁷ <http://www.quantencomputer.de/>

³³⁸ http://www.physnet.uni-hamburg.de/hp/brandes/myqubit_fb.htm

³³⁹ Görnitz, Thomas (2002): „*Der Kreative Kosmos - Geist und Materie aus Information*“ / Spektrum Akademischer Verlag / Heidelberg / S. 141

³⁴⁰ <http://www.qubit.org/>

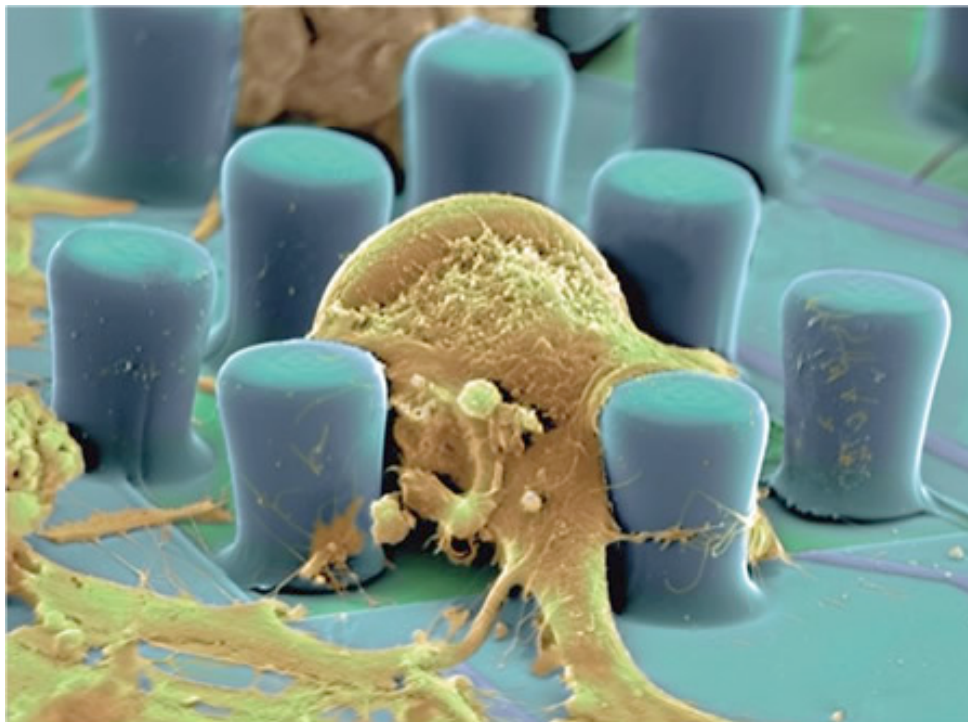
³⁴¹ seit 2004 ist man technisch in der Lage, diese Elemente künftiger Computer quasi am „Fließband“ herzustellen, was eine Grundvoraussetzung für die kommerzielle Nutzung darstellt: <http://www.eetimes.de/semi/news/showArticle.jhtml?articleID=28700108>

Nukleinsäure basierend.

Die Vorteile von hoher Rechengeschwindigkeit könnten so kombiniert werden mit hoher Plastizität der Verknüpfungen der NN Komponenten in Quantencomputern.

Die Verbindung von organischen und technischen Substraten ist auf diversen Einsatzgebieten bereits sehr erfolgreich. Ein Beispiel sind die sog. *OLED Displays*³⁴² (Organic Light-Emitting Diode), die sich durch hohe Bildqualität und Flexibilität des Materials auszeichnen und bereits vielfach in heutige Handys, Handhelds und PDA's eingebaut werden.

Prinzipiell geht es jedoch darum, organische und technische Substrate auf elementarer Ebene interagieren zu lassen, etwa zum Austausch von Information. Die Vision ist ein technischer Chip mit Interface (Schnittstelle) für biologische Neuronen. Hier eine Aufnahme eines solchen Prototypen durch ein Mikroskop, wie ein biologisches Neuron mit einem technischen Silizium Chip „verwächst“.



343

Peter Fromherz vom Max Planck Institut für Membran und Neurophysik³⁴⁴, ist es als erstem gelungen, die Verbindung von Nervenzelle und Computerchip zu realisieren, er ist dafür zum Nobelpreis vorgeschlagen worden.³⁴⁵ Obige Grafik illustriert seine Arbeit, er hat die Problematik gelöst, das Neuron in der ungewohnten Umgebung am Leben zu erhalten sowie auch einen Signalaustausch zwischen den beiden substrat differenten basalen

³⁴² <http://www.wave-report.com/tutorials/oled.htm>

³⁴³ http://www.weltderphysik.de/forschung/quellen/maxplanckforschung/2003-2/chipsundneuronen/index_print.html

³⁴⁴ <http://www.biochem.mpg.de/mnphys/>

³⁴⁵ http://www.nobelpreisboerse.de/stockdata.aspx?stk_id=238

„Recheneinheiten“ aus Natur und Technologie zu bewerkstelligen.

Damit kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass außerhalb dieser vier Wege noch weitere Lösungen möglich sind, z.B. durch die Verwendung neuer Materialien, neuer Verfahrenstechniken oder bislang einfach noch unbekannter Möglichkeiten.

Forschern an der Universität von Illinois ist es kürzlich erst gelungen, durch die Verwendung von Indium Gallium Arsenid mit hochmodernen Fertigungsverfahren, den Geschwindigkeitsweltrekord für die Taktfrequenz eines Transistors auf ein neues Niveau zu katapultieren. Wenn man bislang handelsüblich noch mit 3,8 Gigahertz Takt sehr zufrieden sein muss, so haben diese Forscher mit 604 Gigahertz³⁴⁶ eindrucksvoll belegt, welches enorme Potential alleine noch in den konventionellen Verfahren oberhalb der atomaren Grenze steckt. Ehrgeizig hat man bereits die nächste Hürde avisiert, es ist der seit langem avisierte „Terahertz Transistor“³⁴⁷. Dieser würde mit einer Billion Schwingungen pro Sekunde dann die tausendfache Taktrate des bereits bei seiner Einführung als *extrem schnell* erachteten „Gigahertz Transistors“ leisten, der heute millionenfach als Alltagsgegenstand auf Schreibtischen und unter Bürotischen residiert. Seit Einführung des mittlerweile veralteten Pentium III Modells der Firma Intel, wurde diese „Schallmauer“ von einem Gigahertz erstmals im Februar 1999 überwunden³⁴⁸. Intel proklamiert³⁴⁹ sehr ehrgeizig, den ersten Terahertz³⁵⁰ Transistor bereits bis 2007 zu realisieren. Selbst wenn es etwas vorsichtiger prognostiziert, erst in 2009, also in vier Jahren von heute 2005 an gelingen sollte, einen Terahertz Transistor zu konstruieren, dann hätte man einen *Faktor 1000 in nur 10 Jahren* realisiert. Diese Wachstumsrate übertrifft deutlich die von Moore's Law prognostizierte Verdoppelung der Leistung in 18 Monaten, wobei man berücksichtigen muss, dass der Weg aus dem Labor auf die Ladentheke auch stets etwas Zeit in Anspruch nimmt. Intel erwartet den Terahertz Transistor recht vorsichtig prognostiziert vor Ende dieser Dekade, und IBM & AMD erwarten sogar ein 2 THZ Transistor im gleichen Zeitraum.³⁵¹

Nehmen wir zu diesem Beispiel der Steigerungsfähigkeit von Geschwindigkeit noch ein Beispiel über die Möglichkeiten von Speicherdichte hinzu:

³⁴⁶ <http://www.news.uiuc.edu/news/05/0411transistor.html>

³⁴⁷ http://www.intel.com/corporate/pressroom/emea/deu/archive/mappen/intel_entwickelt_architektur_fur_teraHertz_dec_011.htm

³⁴⁸ vgl. Carlson, Jim (2002): „*Itanium Rising: Breaking Through Moores 2nd Law*“ / Prentice Hall

³⁴⁹ http://www.zdnet.de/news/hardware/0_39023109_2099832_00.htm

³⁵⁰ vgl. Ganichev, Sergey D., Prettl, Willi (2006): „*Intense Terahertz Excitation of Semiconductors*“ / Oxford University Press

³⁵¹ http://www.theregister.co.uk/2001/12/03/ibm_amd_unveil_terahertz_transistor/

Bislang ist die handelsübliche DVD mit ihren beachtlichen 4,7 Gigabyte Speicherkapazität das Maß der Speicherkapazität eines einzelnen praktikablen Datenträgers. Aktuell wird ein recht unerbittlicher Streit der führenden Anbieter darum ausgetragen, welcher Standard die DVD ablösen soll. Es wird wohl entweder für die sog. „Blue Ray“³⁵² Disk von Sony, Apple, etc. ausgehen – oder für die sog. HD-DVD des Konsortiums³⁵³ um Toshiba, Hitachi, Maxell, etc. Egal aber welche Interessengruppe ihr Format nun im Markt durchzusetzen vermag, ist schon vor der Einführung der neuen Medien mit bis zu 50 Gigabyte Speicherplatz klar, dass die darauf folgende Technologie nicht lange auf sich warten lassen wird. Forschern an der Universität Münster ist es gelungen, mittels nichtlinearer Photonik einen Kristall mit holographischen Mustern dreidimensional zu beschreiben.

Sie haben dabei die faszinierende Speicherdichte von *1 Terabyte / Qubikzentimeter* realisieren können.³⁵⁴ War die Steigerung von CD auf DVD noch ein *Faktor 7*, und die Steigerung von DVD auf BLUE RAY nun etwa ein Faktor 10, so stellt die Steigerung von 50 Gigabyte auf BLUE RAY gegenüber 1 Terabyte in holografischen Kristallen nun einen *Faktor von 200* dar.

Die Diskrepanz zwischen der heute noch meist verbreiteten „gewöhnlichen“ CD-Rom mit 700 Megabyte und den kommenden Medien mit 1 Terabyte differiert sogar um einen *Faktor von über 1000*. Noch in der Entwicklung befindlich ist ebenfalls eine neue Varianten der DVD selbst, wobei man sich hier auch der Holographie bedient – das Medium bleibt jedoch in diesem Fall die bereits erprobte DVD – lediglich mit der Namens Variation „HVD“ statt „DVD“. Sie soll ebenfalls *einen Faktor über 1000* an Kapazitätzuwachs gegenüber einer CD-Rom leisten. Anbei eine Grafik eines Prototyps mit 200 GB – eine geplante Update Version soll dann mit *1 Terabyte* aufwarten können, Presseberichten 2007 zu folge.³⁵⁵



Das "Holographic Versatile Disc"-Konsortium besteht aus insgesamt sechs Firmen (CMC Magnetics Corporation, Fuji Photo Film, Nippon Paint, Optware Corporation, Pulstec Industrial und Toagosei). Die Technik der Holographie bedient sich der Eigenschaft optischer Materialien, dass Information nicht nur sequentiell und parallel gespeichert werden kann, sondern auch ubiquitär. Die Schreib/Lese

³⁵² <http://www.blu-ray.com/>

³⁵³ <http://www.heise.de/newsticker/meldung/60523>

³⁵⁴ <http://www.uni-muenster.de/Physik/AP/Denz/index.html>

³⁵⁵ <http://www.it-news.cc/index.php?type=article&ID=1601>

*Geschwindigkeit des Prototyps liegt mit einem Faktor 40 über den vergleichbaren Werten einer bislang handelsüblichen DVD mit 4,7 Gigabyte.*³⁵⁶

Auch dieses Beispiel belegt, dass eine Verdoppelung über den Zeitraum von 18 Monaten in diesem Fall eine viel zu moderate Wachstumsfunktion darstellt. Die Speicherkapazität der neu entwickelten Medien verhält sich vielmehr *inflationär*³⁵⁷ – um einen Terminus aus der Astronomie zu benutzen. Um ein Beispiel zu geben:

Sie haben eine große DVD Sammlung, evtl. 100 oder 200 DVD's in ihrem Wohnzimmerschrank. Sie können auf ein einziges dieser neuen HVD Medien mit 1 Terabyte alle 200 DVD's mit jeweils 4,7 GB aufspielen, und die gesamte Sammlung auf den Speicher räumen. Wenn sie eine große Audio-CD Sammlung besitzen, sagen wir 1000 solcher gewöhnlichen Silberscheiben mit 700 Megabyte, dann können sie sogar alle 1000 auf ein einziges solches HVD Medium aufspielen, und haben noch ein Drittel freien Platz auf ihrer neuen HVD.

Diese obigen Begebenheiten aus der Forschung, sollen als Beispiele für die Möglichkeiten von unerwartet effizienten Skalierungseffekten ausreichen. Wenn sich in der üblichen Zeitspanne von 5 bis 7 Jahren die obigen Prototypen im freien Markt einfinden, dann werden handelsübliche Computer für ca. 1000 € verfügbar sein, die über *mindestens* 1 Terahertz Taktfrequenz und 1 Terabyte Speicher verfügen³⁵⁸.

Damit wäre bereits mit konventioneller Technik noch oberhalb der atomaren Grenze und oberhalb der Quantenebene mehr als ausreichend dafür gesorgt, dass „Mooore's Law“ noch wenigstens weitere 5 bis 7 Jahre seine Gültigkeit behält, bzw. sogar seine Geschwindigkeit weiter steigert.

Dabei ist noch nicht berücksichtigt, dass man mit mehreren Prozessoren parallel und auch mehreren Speichermedien parallel, diese exorbitanten Werte von *1 Terahertz und 1 Terabyte*

³⁵⁶ <http://www.netzwelt.de/news/69761-holographiedvd-mehr-als-ein-terabyte.html>

³⁵⁷ Das frühe Universum erlebte eine Phase sog. *inflationären* Wachstums, als es sich aus der hypothetischen Singularität des Urknalls zu seiner initialen Größe von einigen Millionen Lichtjahren Größe innerhalb aller kürzester Zeit entwickelte. Dies extreme Wachstum sprengt jede sinnvoll notierbare exponentielle Wachstumsfunktion, denn nach bisherigem Kenntnisstand, verlief es schneller als die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes - und trägt daher diesen eigenen Terminus. Sehr kompetent nachzulesen in: Fritsch, Harald (1996): „*Die Verbogene Raumzeit – Newton, Einstein und die Gravitation*“ - (Die ersten Sekunden) / Piper / München / S. 353

³⁵⁸ Pressemitteilung vom 25.02.2007: Intel hat einen Prototypen mit 80 Prozessorkernen erfolgreich getestet, und die magische Schallmauer von *1 Teraflop* mit nur einer CPU dieses Typs durchbrochen. Intel bezeichnet diesen Schritt als Meilenstein in die nun eröffnete „*Tera Scale Era*“: <http://www.intel.com/research/platform/terascale/teraflops.htm>

noch komfortabel nach oben multiplizieren kann. Es wird zunehmend schwerer diese Zahlen noch anschaulich zu visualisieren, mathematisch hingegen bereitet es keinerlei Probleme. Praktisch verhält es in diesem Kontext für die Industrie sogar so, dass die drei großen Chip produzierenden Unternehmen - Intel³⁵⁹, AMD³⁶⁰ und IBM³⁶¹ - zugleich Leistungssteigerung als auch parallele Miniaturisierung für ihre „Produktpipeline“ als Strategie verwenden und dabei tatsächlich enorme Geschwindigkeitsentwicklung realisieren können. Die modernen Chips verwenden das sog. „Multicore“³⁶² Verfahren, bei dem multiple Prozessoren auf einem Chip integriert verschaltet werden. Hierbei wird der oben erwähnte Multiplikationseffekt das erste Mal in der Praxis parallel zum Skalierungseffekt der Prozessorleistungssteigerung erprobt. Es zeichnet sich ab, dass die Strategie mehrere Kerne in einen Prozessor zu implementieren, einen Wendepunkt in der Geschichte der Prozessorarchitektur darstellt:

„We are dedicating all our future product development to multicore designs. We believe this is a key inflection point for the industry.“³⁶³

Die derzeit modernste Variante ist der erwähnte „Cell“³⁶⁴ Prozessor.

Die Namensgebung wurde bewusst gewählt um die Anlehnung der Strategie an die der Organik zu betonen. Es werden momentan (Stand 08.2005) bis zu *acht* Prozessoren auf einem Cell Chip untergebracht, geplant sind allerdings im kommenden Schritt 16 und dann stetig mehr Prozessoren pro Chip. Intel hat seinen ersten sog. „Quadcore“ Chip für 2007 angekündigt³⁶⁵ und in den nächsten fünf Jahren eine weitere „Verzehnfachung“ der Zahl von Prozessoren pro CPU. Die bisherige 8 Prozessor Chip Variante des Cell leistet ersten Tests zu Folge bereits bis zu „1 Teraflops theoretische Peak Performance“³⁶⁶. Für 2008 ist die Fertigstellung des sog. „Roardrunner – Supercomputer“³⁶⁷ von IBM mit den neuen „Cell“ Chips geplant. Das US Department of Energy (DOE) hat diesen neuen Großrechner in Auftrag gegeben, er wird mit *32.000 Prozessoren* parallel auf einer Fläche von 1.100 m² betrieben. Er wird laut Planung der erste Rechner weltweit sein, der die inzwischen legendäre

³⁵⁹ <http://www.intel.com/technology/computing/htt/>

³⁶⁰ <http://multicore.amd.com/Global/>

³⁶¹ http://www-5.ibm.com/de/pressroom/presseinfos/2004/041129_2.html

³⁶² <http://de.wikipedia.org/wiki/Multicore-Prozessor>

³⁶³ Hennessy, John (2007): „Computer Architecture: A Quantitative Approach“ / Morgan Kaufmann / S. 195 (Intel Präsident Paul Otellini – zitiert nach seiner Rede auf dem: „Intel Developers Forum 2005“)

³⁶⁴ <http://www.the-cell-chip.de/>

³⁶⁵ <http://futurezone.orf.at/hardcore/stories/89027/>

³⁶⁶ <http://www.heise.de/ct/04/26/018/>

³⁶⁷ <http://www.heise.de/newsticker/meldung/77986/from/rss09>

*Petaflop-Grenze*³⁶⁸ durchbricht. Seine finale Peak Performance soll bei 1,6 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde liegen – dies sind 1,6 Petaflop, oder der zwölfte Teil der hypothetischen Rechenleistung eines menschlichen Gehirns.

Der Cell Chip, der vorrangig für Spielkonsolen entwickelt wurde, weist eine neuartige Architektur auf, mit sehr hohen Leistungswerten für einen *singulären* Chip, realisiert durch seine Multi-Kern Strategie. Diese Bauweise lässt alle konventionellen bisherigen Chips, die allein den linearen Skalierungseffekt eines Kernes nutzen, weit hinter sich zurück.

Hier wird zugleich erstmals im industriellen Maßstab der Bottom Up Ansatz – Komplexitäts – und Effizienzsteigerung durch Vernetzung multipler Einheiten auf einem Chip – realisiert. Die ersten Ergebnisse dürfen als *wegweisend* bezeichnet werden. Die Skalierung in immer höhere Terahertz bzw. Teraflops Bereiche wird dabei im Fachjargon als *vertikale Skalierung*³⁶⁹ bezeichnet, die parallele Nutzung multipler Einheiten dieser Leistungsklasse als *horizontale Skalierung*³⁷⁰.

Mit diesen neuen Chips rückt das erklärte Ziel der für KI postulierten notwendigen Performance von 20.000 Teraflops in greifbarer Nähe. Ein einziger Cell Prozessor leistet wie erwähnt heute bereits 1 Teraflops – und Roadrunner leistet ab 2008 mit 32.000 Cell Prozessoren im Parallelbetrieb zu erwartende 1,6 Petaflop. Es stellt sich nun die Frage, wie viele Prozessoren kann man parallel sinnvoll und effizient betreiben? – 10.000 – 10 Millionen oder 10 Milliarden? Das biologische Vorbild des Gehirns des Menschen leistet es in nur 1,4 Kg Volumen mit sogar 100 Milliarden Neuronen noch höchst effizient miteinander Information zu verarbeiten. Dieses Vorbild gilt es technisch wenigstens einzuholen – um KI zu realisieren – evtl. auch zu überbieten.

Technisch ist dies lediglich noch eine Frage der Miniaturisierung und der Skalierung, sowie wirtschaftlich eine Frage der Finanzierung und ökologisch eine Frage der zu verwendenden Ressourcen und der zu bebauenden Fläche. Wir werden im Kapitel über Politik noch eine nähere Beispielrechnung und Plausibilitätsprüfung solcher Großprojekte darlegen.

Die große Herausforderung liegt allerdings noch in der Software, die aktuell nicht ganz in ihrer Entwicklung mit derjenigen der Hardware mithalten kann.

Betrachten wir vorerst die technischen Gegebenheiten der aktuellen Hardwareevolution im Gebiet der „Multi Core CPU’s“ oder Mehr Kern Prozessoren:

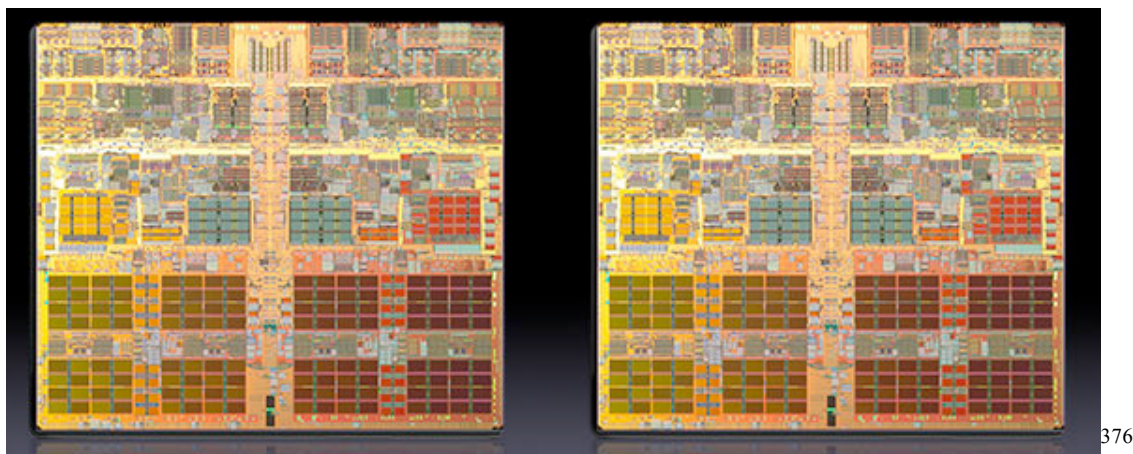
Der erste handelsübliche Multicore und Multiprozessor Desktop PC für Privatanwender

³⁶⁸ vgl. Valero, Mateo (2000): „*High Performance Computing: Third International Symposium, ISHPC 2000*“ / Springer / Berlin, Heidelberg, New-York

³⁶⁹ www.oracle-10g.de/down/RAC2_Clusterarchitekturen.pdf

³⁷⁰ <http://ch.sun.com/d/sunnews/success/executives/3bets.html>

wurde im Oktober 2005 von der Firma Apple in den Markt eingeführt. Es wurden hier erstmals kommerziell die horizontale und vertikale Skalierung parallel eingesetzt. Zwei CPU's mit bis dato neuester 90 Nanometer Fertigung pro Prozessorkern (Dualcore) und somit insgesamt vier Prozessorkerne sind parallel im Einsatz. Der sog. Quad. G5³⁷¹ kann dadurch mit nahezu vierfacher Leistung - im Vergleich zu „Solo-Core“ Konkurrenz Modellen aufwarten. Der Anwendungsbereich solcher hochperformanter Rechner reicht vom professionellen Grafiker oder Videospezialisten³⁷², über wissenschaftliche Anwendungen wie etwa mathematische Berechnungen und Simulationen, bis hin zu Bereichen der Supercomputer Anwendungen³⁷³. Die Universität von Virginia³⁷⁴ hat bereits in 2004 über 1100 ähnlicher³⁷⁵ „G5“ Geräte zur sog. „Terascale computing facility“ zusammengeschaltet. Folgende Grafiken sollen die Arbeitsweise dieser zukunftsweisenden Computerarchitektur illustrieren.



Man kann auch als nicht Techniker gut erkennen, dass in diesen Prozessorkernen mehrere Einheiten parallel betrieben werden. Die untere Hälfte des sog. „DIE“ beinhaltet die berechnenden Einheiten, während auf der oberen Hälfte Steuerungselemente, der sog. „Cache“ sowie Einheiten zur Koordinierung des parallelen Betriebes platziert sind.

³⁷¹ <http://www.apple.com/powermac/dualcore.html>

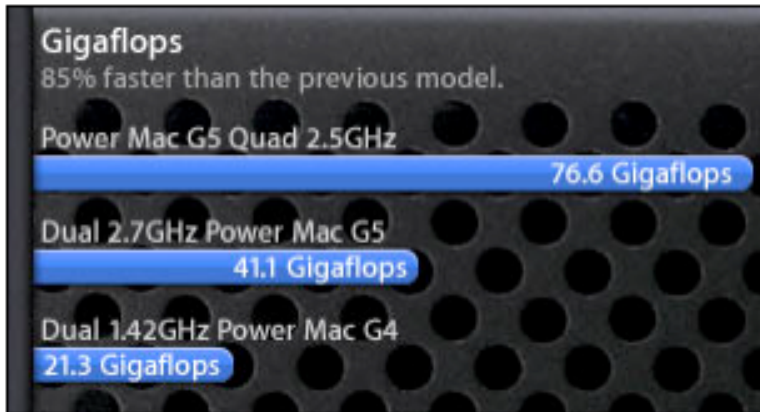
³⁷² sog. Rendering Prozesse die in diesen Branchen angewendet werden sind enorm Prozessor intensive Aufgaben. Filter oder Effekte zu berechnen dauert in einigen Fällen mehrere Tage.

³⁷³ <http://www.tcf.vt.edu/index.html>

³⁷⁴ <http://www.tcf.vt.edu/systemX.html>

³⁷⁵ (Dabei handelte es sich noch um 2 GHZ Dualprozessormodelle – die durch die neueste Quadcore Reihe bereits erneut um den Faktor 2 an Rechenleistung überboten werden.)

³⁷⁶ <http://www.apple.com/powermac/>



377

Dieser sog. „Benchmark“ zeigt anhand der zwei Vorgänger Modelle des aktuellen Modells der Apple Power Mac Baureihe, dass mit jeder Produktgeneration die Rechenleistung nahezu **verdoppelt** wurde. Diese Grafik illustriert somit sehr eindrucksvoll die ungebrochene Gültigkeit von „Moore’s Law“.

Ein kleiner Ausblick in die Welt der Supercomputer soll die Möglichkeiten des extrem konsequenten Parallelisierens von Prozessoreinheiten veranschaulichen:

Der stärkste derzeit (2005) verfügbare *Einzelplatzrechner* leistet wie oben beschrieben 76,6 *Gigaflops*. Der Terascale Cluster der Virginia Universität leistet derzeit 12,25 *Teraflops*.



Peter Aaron/ESTO 378

Man sieht auf dieser Grafik, wie die einzelnen „Units“ in einem Supercomputer angeordnet sind. Um Platz zu sparen, werden die 1100 „Dual 2,3 Ghz Apple XServe G5 Cluster Nodes“ in sog. 19“ Racks montiert. Eine sehr aufwändige Kühlung und Vernetzung macht den höchst effizienten Betrieb der Anlage auf engstem Raum möglich.

³⁷⁷ <http://www.apple.com/powermac/dualcore.html>

³⁷⁸ <http://www.tcf.vt.edu/systemX.html>

Der stärkste aktuell geplante *Supercomputer*, soll von Fujitsu³⁷⁹ in Japan um 2010 fertig gestellt werden. Er wird mit einer Peak Performance von 3 *Petaflops*³⁸⁰ bzw. 3000 Teraflops aufwarten können. Dies entspräche der Leistung von 500.000 handelsüblicher PC's – und das wäre *22 Mal so schnell* wie der aktuelle Top 500 Spitzenreiter der globalen Supercomputer - „Blue Gene“ von IBM mit 136 Teraflops³⁸¹.

Dieser Supercomputer wäre dann nur noch um den *Faktor 7* langsamer, als die postulierten 20.000 Teraflops bzw. 20 Petaflops Performance des menschlichen Gehirns. Auch wenn diese Zahlen in dieser Notation nahezu beschaulich klingen, muss man sich vergegenwärtigen, dass 3 Petaflops die unvorstellbare Dimension von 3 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde repräsentieren – oder: 3.000.000.000.000.000 Floating Point Operations per Second - diese beachtliche Rechenleistung steht bereits in etwa 5 Jahren zur Verfügung.

Es gibt keine bislang bekannte technische Hürde bei der Realisation, lediglich die Bauzeit und die Regulierung der Finanzierung verursachen die 5 jährige Dauer des Projekts.

Es fällt nicht schwer zu extrapolieren, wie lange es dauern wird, bis dieses Limit von 3 auf 20 Petaflop erhöht werden kann. Es fällt ebenfalls nicht schwer ins Gewicht, wenn das menschliche Gehirn etwas mehr oder weniger leistet als 20 Petaflops. Durch das exponentielle Wachstum der Leistung der Technik im Parameter der Performance, würde selbst wenn das menschliche Gehirn *10 Mal* so rechenstark wäre wie angenommen, dieser Faktor 10 nach Moores Law in nur 4 - 5 Jahren technischer Entwicklung aufgeholt, obwohl es insgesamt ca. 50 Jahre gedauert haben wird, 20 Petaflop erstmalig zu realisieren.

(Verdoppelung der Leistung alle 18 Monate: 20 Petaflops – 40 – 80 – 160 Petaflops)

Das Erreichen der humanen Rechenkapazität³⁸² durch technische Konstrukte, wird allerdings eher einem Eintritt in ein „Kontinuum“ gleichen, in das sukzessive „eingetaucht“ wird, als einem fixen Schwellenwert, den es einfach zu überwinden gilt. Denn bei der Realisation von KI sind wie erwähnt zahlreiche Faktoren zu berücksichtigen, die neben der notwendigen Performance wie erwähnt noch als zentral anzusehen sind. Faktoren der reinen Differenz von Performance um mehrere Exponentialgrößen jedoch, lassen sich mit der gezeigten Entwicklungsgeschwindigkeit sehr leicht in kürzester Zeit kompensieren.

Es wird hier deutlich, dass selbst mit heute verfügbarer Technologie oberhalb der atomaren Grenze, die Wachstumsfunktion von Moore's Law sowie die Performance von Chips,

³⁷⁹ <http://www.top500.org/upcoming.php>

³⁸⁰ <http://www.forbes.com/markets/feeds/afx/2005/06/22/afx2107265.html>

³⁸¹ <http://www.top500.org/sublist/System.php?id=7605>

³⁸² mehr zu den exakten Grenzen folgt in Kap. 3. über die physikalischen Grundlagen der KI

Speichermedien und Supercomputern eher geneigt ist zu beschleunigen, statt sich zu verlangsamen. Von dem noch ungenutzten Potential, unterhalb der atomaren Grenze, wissen wir bislang nur so viel, dass es noch einmal einen Raum für Steigerung der Performance bietet, der vorsichtig formuliert alle bisher realisierte Performance übertrifft³⁸³.

Für Moore's Law lässt sich daher sagen:

Dieses deduktiv entwickelte Gesetz, dass seit 40 Jahren³⁸⁴ permanent empirisch neu belegt wird, hat bis heute keinerlei technische oder physikalische Hürde erkennen lassen, die seine weitere Gültigkeit existentiell in Frage stellen würde. In den gezeigten Fällen macht es sogar Sinn davon auszugehen, dass die maximale Geschwindigkeit der Wachstumsfunktion von Moore's Law aktuell noch nicht angemessen erfasst wird.

Den Grund für diese wahrscheinliche Beschleunigung gilt es sicherlich darin zu suchen, dass die Mittel, Werkzeuge und Instrumente mit denen heute geforscht und produziert werden, bereits adaptiert und optimiert sind, eben durch die Hilfe der Computer selbst.

Präzisionswerkzeuge werden von Präzisionsrechnern erstellt, um diese Rechner stetig noch weiter zu präzisieren und zu optimieren. Dies ist ein sich selbst verstärkender

Rückkopplungseffekt – eine Resonanz der Weise der Technologischen Evolution auf die Technologie Entwicklung selbst. Wir werden diesen „*Technologie Resonanz Effekt*“ (*TRE*) später noch näher erörtern. Typischerweise führen solche Resonanzeffekte wenn sie sich ungebremst ausbreiten könne in sämtlichen Systemen zu Resonanzkatastrophen:

- Ein Glas zerspringt wenn ein Sänger die Eigenfrequenz des Glases stimmlich trifft
- Eine Brücke schwingt sich auf, wenn eine Soldatenkompanie im Stechschritt rhythmisch trampelnd exakt die Eigenfrequenz der Brücke trifft, bis diese einbricht.
- Ein Mikrofon erzeugt ein Ohrenbetäubendes Geräusch, wenn es sich selbst zugleich aufnimmt wie über die Verstärker sendet – die sog. Akustische Rückkopplung.

Technologie wird als System hier keine Ausnahme darstellen. Der hypothetische Punkt, an dem Technologie ihren Zenit erreicht, wird vom “Singularity Institute for Artificial Intelligence” die “Singularität” genannt:

„Since technology is the product of cognition, the Singularity is an effect that

³⁸³ vgl. Drexler, Eric (1986): „*Engines of Creation*“ / Anchor Books / New York

³⁸⁴ vgl. Carlson, Jim (2002): „*Itanium Rising: Breaking Through Moores 2nd Law*“ / Prentice Hall

snowballs once it occurs - the first smart minds can create smarter minds, and smarter minds can produce still smarter minds.³⁸⁵

Es liegt im Rahmen des Möglichen, dass dieser autokatalytische Prozess einen Punkt erreicht, wo es Schwierigkeiten bereiten wird, den Prozess noch zu verstehen. Evtl. wird der Prozess sogar unverständlich – aber noch ist das eine reine theoretische Möglichkeit. Ebenso ist möglich, dass der Mensch sich technisch anpasst³⁸⁶, an Prozesse, an die es unmöglich wird, sich biologisch anzupassen. Rodney Brooks ist der Auffassung, dies sei sogar unvermeidlich. Kritiker befürchten auch eine Beschleunigung der Lebenswelt, die kritikwürdige Ausmaße annehmen kann. So wurde beispielsweise ein „Verein zur Verzögerung der Zeit“³⁸⁷ gegründet. Wenn wir all die Daten und Fakten die bisher aufgezählt wurden jedoch nüchtern und kritisch zugleich betrachten, dann stellt sich schnell heraus, dass wir in summa, von den zu erwartenden Effekten der skizzierten Art, wenigstens so viele Chancen aufzuzählen vermögen, als dort potentiell auch Gefahren auszumachen sind.

Man darf also auch in einer Zeit der exponentiellen Beschleunigung von technologischen Fortschritt weiter Hölderlin zitieren: „*Wo aber Gefahr ist, wächst das Rettende auch*“³⁸⁸.

Eine weitere „Gesetzmäßigkeit“, die stark am exponentiellen Verlauf der Wachstumsfunktion von Moore’s Law orientiert ist, sich aber auf den Nutzen von technischen bzw. sozialen Netzwerken sowie auf Entwicklungsphasen von Märkten konzentriert, ist das sog. „Metcalfs Law“ – hier wird mathematisch bestätigt, wie ungemein nützlich ein wie oben gezeigter Resonanzeffekt sein kann:

„Robert Metcalfe was the inventor of the Ethernet protocol, an early and successful method for joining computers into a network. He was also a founder of 3Com. He made the observation, now known as Metcalfe’s Law, that *the connections of a network increase in proportion to the square of the number of nodes.*“³⁸⁹

Seine exponentielle Dynamik gewinnt dieses Gesetz daher, dass der Nutzen eines

³⁸⁵ <http://www.singinst.org/>

³⁸⁶ Brooks, Rodney (2002): „*The Merger of Flesh and Machines*“ – in: Brockman, John (Hrsg.) / „*The next fifty Years*“ / Phoenix / London

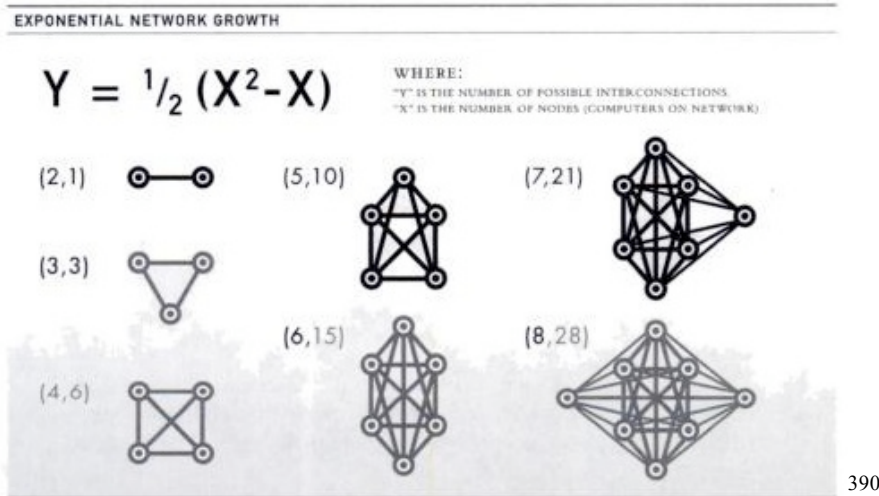
³⁸⁷ <http://www.zeitverein.com/>

³⁸⁸ sehr ausführlich ist die Kontroverse um die vermeintliche „Ermordung der Realität“ nachzulesen unter: Baudrillard – das perfekte Verbrechen. Siehe:

<http://www.egs.edu/faculty/ baudrillard/ baudrillard-das-perfekte-verbrechen.html>

³⁸⁹ Lee Martin, H. (2006): „*Techonomics: The Theory of Industrial Evolution*“ / CRC Press /S. 91 (Hervorhebung im Original)

Kommunikationssystem mit dem Quadrat der Anzahl der Teilnehmer wächst. Die Zahl der Möglichen Verbindungen in einem Netzwerk verhält sich exponentiell zur Zahl der Knoten im Netzwerk. Eine Grafik zur Illustration:



Für das Beispiel des Internet heißt das etwa, dass sein Nutzen – sprich primär sein Informationsgehalt, sowie die Wertigkeit der verfügbaren Information – sich grob *vervierfacht*, wenn sich die Zahl der Nutzer verdoppelt.

Das Prinzip der Nützlichkeit von großen Gruppierungen gilt nicht nur für den Aspekt der Information, sondern auch für Aspekte der Versorgung mit Nahrung und Energie bzw. Wärme. In der Natur findet man es sehr deutlich wieder, im Verhältnis aller Spezies zwischen ihrer Körperoberfläche und ihrem Volumen. Die Oberfläche – oder Haut – wächst stets im Quadrat zur Körpergröße, das Volumen des Körpers - oder die Anzahl seiner Zellen – wächst jedoch kontinuierlich in der dritten Potenz der Körpergröße. Die mathematisch resultierende Divergenz dieser beiden Wachstumsfunktionen, schlägt sich darin nieder, dass etwa eine Maus täglich ein Viertel ihrer Körpermasse an Nahrung aufnehmen muss – um ihre Energiekonsumption durch Wärmeemission an die Umwelt zu kompensieren – wohingegen ein Elefant mit ca. 2 – 3 % seines Körpergewichtes an Nahrungsaufnahme gut versorgt ist.³⁹¹ In diesem grundlegenden mathematischen Phänomen, liegt somit sowohl ein Hauptaspekt der Ursache zu finden, dass mehrzellige Organismen in der Evolution seit Milliarden Jahren sehr erfolgreich sind, wie auch ein bedeutender Aspekt dafür, dass der Mensch es in allen Kulturen bevorzugt soziale Verbände zu knüpfen.

Die Relevanz dieses Phänomens hat der Internetspionier David P. Reed für soziale Netzwerke

³⁹⁰ S.O.

³⁹¹ www.uni-muenster.de/Physik.DP/lit/PhysikBiologie/Tiere.pdf

herausgearbeitet. Seine Untersuchungen kulminieren im sog. „Reedsches Gesetz“³⁹² bzw. Reed's Law³⁹³. Er greift den Aspekt der Nützlichkeit für Gruppen heraus, und fokussiert auf den *Vernetzungseffekt*. Diesen sieht er als zentral, weil in einer gegebenen Größe N der Teilnehmer einer Gruppe, die Zahl möglicher Untergruppen stets 2^N beträgt. Damit kann der Nutzen für eine Gruppe, der initial recht klein sein mag, in einer größeren Anzahl von Gruppen schneller wachsen als z.B. in Metcalfs Law ($N(N-1)/2$), weil Gruppen bei ihrer Suche nach Synergie ja nicht nur Untergruppen bilden können, sondern auch Kooperationen zur Suche nach Synergie. Es resultiert mit 2^N für große Gruppen wieder ein exponentielles Wachstum, ähnlich wie bei Moore's Law und auch bei Metcalf's Law.

Das Menschen also Gruppen, soziale Gemeinschaften und Staaten bilden, liegt nicht zuletzt an mathematischen Grundsätzen. Diese gelten sowohl für alle Tiere – von Amöben über Mäuse bis zu Elefanten – sowie natürlich für den Menschen selbst. Doch diese Mathematik gilt genauso für die Technologie. Ein Computerchip etwa profitiert ebenso wie ein vielzelliger Organismus von diesen drei Gesetzen. Die Interaktionen seiner Komponenten in Bezug auf Energie und Information, werden bei größerer Zahl seiner Komponenten auf möglichst engem Raum stetig effizienter. Kürzere Wege und Synergieeffekte lassen ihn stetig ökonomischer arbeiten, wenn man seine Teile weiter miniaturisiert. Darin liegt das Geheimnis des Erfolges von Moore's Law, ebenso wie die hohe Effizienz des menschlichen Gehirns, das übrigens trotz nur 2% Anteil am Körpergewicht etwa 20% der gesamten Energie³⁹⁴ des Stoffwechsels verbraucht.

Nach diesen Betrachtungen wird es kaum verwundern, dass alle drei Gesetze nun auch für hybride Systeme gelten, sprich solche die auf Partizipation von Biologie und Technologie beruhen, z.B. für eine Anzahl Arbeiter an einem Fließband. Henry Ford³⁹⁵ erkannte den Effekt als erster und nutzte ihn ökonomisch. Genauso gilt dies für eine Gruppe Teleworker in einem modernen heutigen Helpdesk Zentrum, wie etwa das von IBM³⁹⁶.

Der Nutzen eines biologischen / technischen Systems – respektive eines hybriden Systems - steigt im Quadrat zur Zahl der Partizipanten. Dies gilt nun insbesondere für das Internet, dessen größte Stärke in seinem organischen Wachstum liegt, und das mit Bravour alle drei Gesetze sowohl durch den biologischen Anteil seiner Nutzer, wie durch den technischen Anteil seiner Infrastruktur bestätigt.

³⁹² http://de.wikipedia.org/wiki/Reedsches_Gesetz

³⁹³ <http://www.reed.com/Papers/GFN/reedslaw.html>

³⁹⁴ <http://www.meb.uni-bonn.de/epileptologie/aktion/dekade/faszination/faszination.htm>

³⁹⁵ http://de.wikipedia.org/wiki/Henry_Ford

³⁹⁶ <http://www-306.ibm.com/e-business/ondemand/us/campaign/helpdesk.shtml>

Die exponentielle Natur dieser Prozesse wird sowohl in Biologie, in Soziologie und auch in der Technologie bestätigt. Mehr Evidenz kann eine empirische Betrachtung kaum liefern. Zum Abschluss dieser Betrachtungen mathematischer Zusammenhänge ein exemplarisches Zitat über eine Einschätzung zur Neurobiologie, die in ihren Prognosen gemeinhin wesentlich konservativer bleibt, als die vergleichsweise optimistische Gilde der Ingenieure, Physiker und Informatiker:

„Mir scheint, dass in den molekular orientierten Disziplinen der Neurobiologie die Frage nach der Erreichbarkeit der Forschungsziele nur mehr eine Frage der noch benötigten Zeit ist, nicht mehr ein grundsätzliches erkenntnistheoretisches Problem.“³⁹⁷

³⁹⁷ Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn*“ / Suhrkamp / FFM / S. 24

2.3.2 Die Korrelation von Struktureller Komplexität und Performance

(eines berechnenden Substrats)

„Die Hirnforschung, die wir heute betreiben, hätten wir vor 20 Jahren schon wegen mangelnder Rechenkapazität nicht durchführen können.“³⁹⁸

Wolf Singer

Verlassen wir vorerst den Aspekt der exponentiellen Beschleunigung von Geschwindigkeit und Speicherkapazität, um uns den relevanten Aspekten dieser Entwicklung für die KI selbst zu widmen. Wenn wir die ungeheure Entwicklung in Bezug auf Geschwindigkeit der Berechnungen und Speicherdichte der verwendeten Medien analysieren, dann taucht unweigerlich die Frage auf, inwiefern die *Skalierungen korreliert sind mit dem Thema der KI* - und wenn ja, warum und bedingt durch welche Faktoren?

Die Korrelation zwischen dem Parameter Speicher-Dichte /Rechen - Geschwindigkeit³⁹⁹ und dem Ziel der KI muss dazu näher untersucht werden. Wir werden erneut einen Blick über den Tellerrand der Informatik hinaus werfen, und Belege für diese Korrelation in der Neurophysiologie und der Evolutionstheorie suchen.

Was wir sicher wissen, ist das bis dato mit der Strategie der Skalierung von Geschwindigkeit und Dichte von Informationsverarbeitung bzw. Information selbst, enorme Erfolge in der KI⁴⁰⁰ erzielt wurden.

Es gibt heute bereits Androiden, mit rudimentärer KI ausgestattet und einem Endoskelett aus aktiv motorisch bewegten künstlichem Körperregionen, die ein mimisch und auch semantisch durchaus beeindruckend „intelligentes Verhalten“ aufweisen bzw. „suggerieren“.

Interessant wäre hier auch zu fragen, ob nicht nur die KI in der Lage ist, einen uns „verständlichen“ Zugang zur Simulation von Intelligenz abzubilden, sondern auch einen solchen, in den wir uns „hineinversetzen“ können?

Der Beweis wird auf sich warten lassen, bis die erste KI den Turing Test besteht, jedoch spricht stark dafür, dass dies genauso möglich sein wird, wie das Gefühl gegenüber einem Mitmenschen, denn jede Form von Intelligenz muss den *ubiquitären Kontingenzgenerator* der durch die Quantenmechanik der Raumzeit vorgegeben ist nutzen – wenn die oben vorgestellte

³⁹⁸ Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn – Essays zur Hirnforschung*“ / Suhrkamp / FFM / S. 218

³⁹⁹ Dieser Parameter wird ab hier als „Performance“ bezeichnet

⁴⁰⁰ vgl. Moravec, Hans (1999): „*Vom Siegeszug der künstlichen Intelligenz*“ / Hamburg

These zutrifft. Auch KI wird also vermittelt durch die Fähigkeit der Kontingenz so etwas wie „unsicher“ sein können, sich „merkwürdig“ fühlen oder manche Entscheidung „aus dem Bauch heraus“⁴⁰¹ fällen müssen.

Auch wenn die Substrate der KI vermutlich dem technisch assoziierten Silizium näher stehen als dem organisch assoziierten Kohlenstoff, wird KI seinem biologischen Vorbild in seinem „modus operandi“ nahezu wie ein *Zwilling* gleichen. Die möglichst große Ähnlichkeit der KI mit dem Menschen steht zudem ganz weit oben auf der Agenda der wichtigen Vermarktungskriterien. In Japan wird dies bereits „vorbildlich“ konsequent umgesetzt:



Android“ Repliee Q1“⁴⁰² im Gespräch mit zwei Mentoren. Der Android steht Rede und Antwort, spricht lippensynchron in aktuell vier Sprachen, blinzelt, zeigt Mimik und hebt und senkt seinen Brustkorb analog einer simulierten Atmung.⁴⁰³

Bei der Expo 2005, die im März in Japan eröffnete, wurden zur Begrüßung der Besucher ebenfalls Androiden eingesetzt, die mit über 40.000 Phrasen in 4 Sprachen den Besuchern Rede und Antwort standen und so beeindruckend Zeugnis ablegten für die jüngsten Fortschritte der Disziplin.⁴⁰⁴

Im Vergleich zu früheren Versuchen, wirken die heutigen Androiden beinahe körperlich lebensecht, wenn auch gegenüber dem menschlichen Original noch eine Welt an Details liegt,

⁴⁰¹ Pfeifer, R. (1988): „*Artificial intelligence models of emotion.*“ – siehe auch :

<http://citeseer.ist.psu.edu/pfeifer88artificial.html>

⁴⁰² http://news.nationalgeographic.com/news/2005/06/0610_050610_robot.html

⁴⁰³ <http://ed-02.ams.eng.osaka->

u.ac.jp/lab/development/Humanoid/ReplieeQ1/ReplieeQ1_eng.htm

⁴⁰⁴ <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=263128>

die es noch zu optimieren gilt. Das dabei offenbarte Potential ist immens, wie obige Beispiele erkennen lassen. Neben dem Momentum Intelligenz wird somit auch das Momentum der physischen Präsenz, der Emotionalität und der Körperlichkeit an sich für KI relevant.

Wieso aber sollten genau die Parameter Geschwindigkeit und Speicherdichte relevant sein, für den Fortschritt von KI, wieso nur diese zwei Größen, wieso nicht andere oder viel mehr? Die Körperlichkeit ist als Argument für einen lebensechten Androiden sicherlich unverzichtbar, spielt aber im hier zentralen Argument der KI Korrelation mit „Performance“ Parametern von Hardware eine sekundäre Rolle.

Um diese hier postulierte Korrelation einfacher und präziser zu benennen, möchte ich hier den Begriff der „strukturellen Komplexität“⁴⁰⁵ für diese KI Diskussion fruchtbar machen.

Luhmann hat diesen Terminus sowohl zur systemtheoretischen Modellbildung genutzt als auch ganz konkret als Parameter der Organisation von „*Politischer Planung*“. Der Terminus ist also systemtheoretisch „offen“, um Inhalte und Bedeutungen verschiedener Disziplinen zu transportieren. Hier in der KI soll „strukturellen Komplexität“ als ein *integrierender Meta - Parameter* verstanden werden – ähnlich wie Singer ihn benutzt - der stets dann ansteigt, wenn die Komponenten der KI - i.d.r. Speicherbausteine, Transistoren, diverse Halbleiterverbindungsmaterialien und stetig differenziertere Algorithmen - in ihrer Beschaffenheit oder Organisation dergestalt skaliert werden, dass eine Steigerung der messbaren Kenngrößen hinsichtlich Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung bzw. Dichte des Datenraumes resultiert.

Zur Relevanz der Korrelation von KI und struktureller Komplexität soll hier als Einleitung ein Zitat von Wolf Singer dienen, der die Sachlage aus der Perspektive eines Neurophysiologen skizziert:

„Um Information von A nach B zu übertragen, müssen entweder Zellen wandern oder Substanzen ausgeschüttet werden, die sich verteilen können. In diesem Fall lässt sich die Information nicht zu einem bestimmten Ziel leiten. (...) Erst durch die Erfindung von Telekommunikationssystemen, den elektrisch erregbaren Nervenzellen, konnten die Komponenten des Systems sesshaft werden und trotzdem ihren Partnern durch ein topologisch strukturiertes Netz von Kommunikationskanälen, oder in unserem Fall Nervenfasern, hochselektiv Informationen übermitteln. Diese Möglichkeit steigert die Leistungsfähigkeit komplexer Systeme *dramatisch*, weil sie die Realisierung spezieller *Verarbeitungsarchitekturen* erlaubt.“

Die Interaktionen sind nicht mehr auf die nächsten Nachbarn beschränkt, sondern werden von topologischer Nähe unabhängig. Dadurch lassen sich die Begrenzungen des cartesischen Raumes überwinden und *hochdimensionale*

⁴⁰⁵ Luhmann, Niklas (1975): „*Politische Planung*“ / VS Verlag / S. 42

Verarbeitungsarchitekturen realisieren. Strukturelle Komplexität ist proportional zur Quantität speicher- und verarbeitbarer Information. Somit liegt die Informationsmenge, die organisierte Architekturen bewältigen können, um Größenordnungen über jener, die nicht strukturierte Systeme (...) bewältigen können. Infolgedessen kann auch mehr Wissen aufgenommen werden, was wiederum eine weitere Differenzierung in Architekturen erlaubt und der Optimierung des Systemverhaltens zugute kommt. (...) Das sich entwickelnde Gehirn nutzt seine verteilte Intelligenz, um sich selbst zu strukturieren. Wenn ich „verteilte Intelligenz“ sage, so tue ich dies in voller Absicht, denn es gibt keinen Ort im Gehirn, wo seine Intelligenz konzentriert wäre. Sie residiert in der funktionellen Architektur, ist eine emergente Eigenschaft des Ensembles selektiv gekoppelter Komponenten, wobei keine der Komponenten als solche mit genügend Wissen ausgestattet ist, um das Ganze koordinieren zu können.“⁴⁰⁶

Wolf Singer leistet hier gleich in mehrfacher Hinsicht Pionierarbeit. Er benennt die Faktoren der topologischen (räumlichen) Organisation des Gehirns, in ihrer Natur der „Hochdimensionalität“ genauso, wie die Korrelation der strukturellen Komponenten in dedizierter Benennung der Bedingungen für Intelligenz. Der Aspekt der „Dimensionalität“ eines beliebigen Phänomens der Natur, wird bislang in der wissenschaftlichen Diskussion kaum gewürdigt. Dabei ist gerade dieser Aspekt einer der absolut zentralen, kaum eine wissenschaftliche Aussage macht Sinn, bevor die Frage der Dimensionalität des Bezugssystems⁴⁰⁷ erörtert wurde. Wir werden im Kapitel über Physik ausführlich auf dieses Argument zu sprechen kommen.

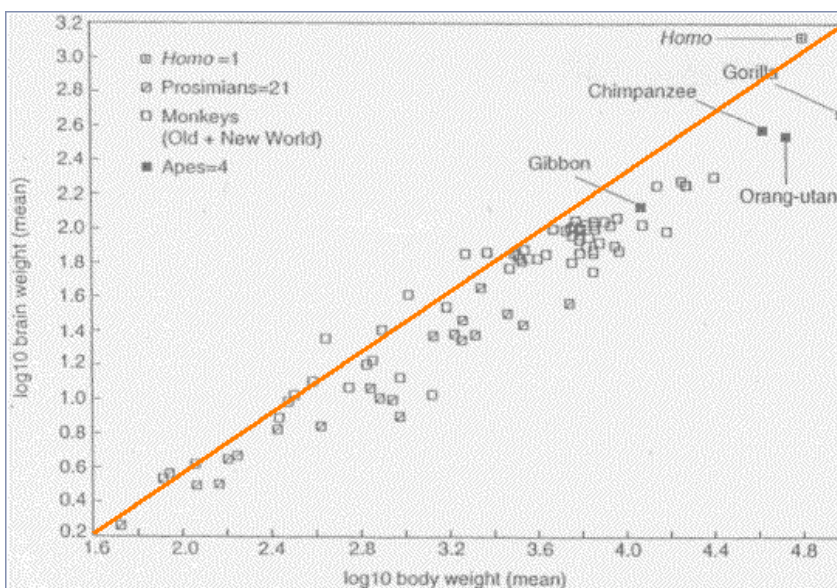
Darüber hinaus, wagt er sich in philosophisch hochgradig differenziert zu behandeltes Gebiet. Er kristallisiert die Selbstorganisationskraft des Gehirns als sich selbst verstärkendes iterativ evolutionäres und emergentes Konzept heraus. Das Konzept der Emergenz ist in der KI Forschung geradezu eine „feste Größe“ geworden, und erfährt zudem wie hier gesehen starken Zuspruch aus dem Lager der Neurophysiologie.

Für uns ebenfalls hoch interessant, ist Singers Definition der Korrelation von *struktureller Komplexität* und speicher- und verarbeitbarer Information (*Performance*), sowie die zentrale Stellung der organisierten Architektur. Wir dürfen davon ausgehen, dass dieser Beitrag aus der Neurophysiologie, die *Proportionalität* zwischen den beiden Größen auf empirisch gut gesicherte Basis stellt. Das Max Planck Institut hat hier Jahrzehnte der Forschung investiert, und eine große Mehrheit der heute involvierten Forscher stellt diese Korrelation daher als

⁴⁰⁶ Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn – Essays zur Hirnforschung*“ / Suhrkamp / FFM / S. 208 – 209 (*Hervorhebungen nicht im Original*)

⁴⁰⁷ vgl. Fritzsche, Harald (1996): „*Die Verbogene Raumzeit – Newton, Einstein und die Gravitation*“ - (Die ersten Sekunden) / Piper / München

gesichertes Wissen dar. Singers Zitat liefert uns daher einen ersten gut fundierten Hinweis darauf, dass die gesuchte Korrelation tatsächlich besteht. Wenn dem so ist, wäre KI auf dem besten und einzig richtigen Wege, durch die fortgesetzte Steigerung dieser Parameter in absehbarer Zeit Aspekte von Intelligenz künstlich erzeugen zu können. Diese Korrelation nimmt so neben dem Konzept der Emergenz eine absolut zentrale Stellung für das gesamte Projekt der KI ein. Es gibt noch ein entscheidendes weiteres Argument für diese Korrelation: Die Architektur und Beschaffenheit der Gehirne aller denkbaren Säugetiere - vom gemeinen Nager bis hinauf zu dem sehr menschenähnlichen Bonobo Schimpansen - von dessen Gehirnarchitektur wir uns genetisch nur zu 1,5% unterscheiden⁴⁰⁸, sind so gründlich erforscht, dass die Korrelation bzw. Proportionalität sich empirisch ableiten lässt, anhand geeigneter Abgleichung der „Leistungsdaten“ / „Performance“, der verschiedenen Aggregationen von Neuronen. Der Fachterminus für die Korrelation von Körpergewicht, Gehirngewicht und geistigen Fähigkeiten heißt *Allometrie*⁴⁰⁹, und gestattet die Notation der Verhältnismäßigkeiten in einen logarithmischen Graphen:



*Die hier gezeigte Korrelation zeigt in logarithmischer Notation, dass reines Körpergewicht und das Gewicht des Gehirns bei den sog. „Mammalen“ in einem proportionalen Verhältnis stehen. Auch die Gehirnleistung selbst, schließt sich analog dieser Proportionalität an.*⁴¹⁰

Resultat ist eine stetig ansteigende Wachstumsfunktion, wenn man die Linie des Menschen zurückverfolgt, durch den gesamten bisherigen Evolutionsverlauf⁴¹¹. Es besteht durchaus die Möglichkeit, dass der heutige Mensch diesen Graphen noch nicht als „endgültiger“ Kandidat

⁴⁰⁸ http://www.bmbf.de/pub/kosmos_gehirn.pdf.

⁴⁰⁹ <http://biologie.naturtoday.de/Allometrie>

⁴¹⁰ <http://www.cognition.iig.uni-freiburg.de/.../allometrie.htm>

⁴¹¹ vgl. Klingenberg, Christian Peter / “Heterochrony and allometry: the analysis of evolutionary change in ontogeny“ / In: Biological Reviews, Bd. 73 (1998): S. 79–123

anführt. Keine andere Ahnenlinie irgendeiner Gattung ausser den Mammalen liefert einen Graphen⁴¹² mit vergleichbaren Werten, auch nicht die Spezies mit nominal größeren Gehirnen, als das des Menschen. Für die Korrelation von struktureller Komplexität und Performance, lässt sich so ableiten, dass die reine Größe des Gehirns nicht so sehr entscheidet, über dessen Performance, wie dessen Struktur.

Auch das Postulat der Emergenz - das Singer in Assoziation mit der diskutierten Korrelation gebracht hat - wirkt auf diesem Hintergrund als Argument treffend, trotz der erwähnten philosophischen Diskussionswürdigkeit. Es bedarf offensichtlich einer „kritischen Schwelle“ – evtl. genau der 1,5% genetischer Differenz zum Bonobo? – bis das neuronale Aggregat „Intelligenz“ in Form eines Effektes der „Emergenz“ hervorbringen kann. Jedenfalls ist unstrittig, dass Humanoide als intelligent gelten - und Bonobos nur sehr bedingt oder in „Aspekten“ als intelligent gelten – und es ist unstrittig, dass die ca. 30.000 funktionalen Gene⁴¹³ der DNS nur um 1,5% differieren – zwischen Humanoid und Bonobo.

Rein faktisch liegt also die Annahme eines „Schwellenwertphänomens“ - ähnlich einem Phasenübergang bei Elementen recht nahe, auch wenn es noch andere wichtige Faktoren für Intelligenz gibt, neben der Genetik.

Die unterschiedliche Gehirn Allometrie ist nicht allein für Intelligenz verantwortlich⁴¹⁴, involviert in diese Differenz ist ebenfalls der Parameter der strukturellen Komplexität bzw. der architektonischen Topologie des Organs „Gehirn“, wie Singer bereits weiter oben zitiert wurde. Obwohl nun Gehirn Allometrie und Topologie quasi aus der Genetik resultieren, werden diese Faktoren zusätzlich noch epigenetisch beeinflusst, was oft argumentativ vernachlässigt wird. Antonio Damasio bemerkt dazu:

„Es gibt nicht genug Gene, um die Struktur genau zu bestimmen und jedem Teil unseres Organismus seinen Platz zuzuweisen, vor allem nicht im Gehirn, wo Milliarden Neuronen ihre synaptischen Kontakte herstellen. Das Missverhältnis ist deutlich: Wir besitzen wahrscheinlich so etwa 10^5 (100 000) Gene, aber haben mehr als 10^{15} (eine Billiarde) Synapsen im Gehirn.“⁴¹⁵

So wird allein schon aufgrund der Mathematik sehr drastisch deutlich, dass die Genetik nur für gewisse Aspekte der strukturellen Komplexität des Gehirns einen Beitrag liefern kann.

⁴¹² <http://www.computer-champ.de/stud/mitschriften/CNS2.pdf> (Computational Neuroscience II Inhaltsverzeichnis)

⁴¹³ www.stat.uni-muenchen.de/~strimmer/publications/lmu-einsichten2005.pdf

⁴¹⁴ vgl. Wills, Christopher (1993): „*Das vorauseilende Gehirn. Die Evolution der menschlichen Sonderstellung*“ / FFM / S.Fischer

⁴¹⁵ Damasio, Antonio (2004): „*Descartes' Irrtum*“ / Ullstein / München / S. 155

Dazu noch ein Zitat von spezialisiert thematisch involvierten Evolutionsforschern:

„At birth, our brains are still growing at fetal rates (...); if this increase continued in utero, heads would soon become too big for successful parturition“⁴¹⁶

Es verhält sich für die Ontogenese⁴¹⁷ des Menschen im Gegensatz zu allen anderen Primaten so, dass sich die embryonale Entwicklung *ex utero* bis in den 21. Monat hinzieht. Die verfrühte Geburt ist eine Folge der Beckenform und -Größe beim Menschen⁴¹⁸. Andernfalls käme der dann viel zu große Kopf nicht mehr durch den relativ engen Beckenausgang. Der Mensch nimmt also insofern eine *Sonderstellung* in der Evolution ein, das noch unreife Gehirn wird bereits enorm vielen Umweltreizen ausgesetzt, noch bevor seine strukturelle Komplexität sich in der Isolation des Uterus voll ausgebildet. Diese letzten *zwölf* Monate Gehirn Ontogenese *ex utero*, in denen die noch sehr plastische Etablierung der neuronalen Verschaltung bereits unzähligen Informationen und Sinnesreizen aus der Umwelt ausgesetzt ist, dürften für die spätere Emergenz von Intelligenz des neuronalen Substrats, von entscheidenderer Bedeutung sein, als die lediglich 1,5% genetische Differenz zu unseren evolutionär nächsten Verwandten, den Bonobos. Dieser Aspekt, der entscheidenden Bedeutung von sehr früh in die Ontogenese mit involvierter *Information*, die zur Ausformung der finalen strukturellen Komplexität des Organs Gehirns beiträgt, ist der für die KI Forschung *entscheidende Hinweis* der Evolutionsbiologie, der bislang oft kaum beachtet und gewürdigt wurde. Ein sehr starkes Argument, für diese Position liefert Antonio Damasio:

„Das Äquivalent der spezifischen Merkmale, zu deren Festlegung in den Schaltkreisen von Gehirnstamm oder Hypothalamus die Gene wesentlich beitragen, tritt erst lange nach der Geburt zum restlichen Gehirn hinzu, (...) Soweit evolutionär moderne Gehirnteile betroffen sind, legt das Genom aller Wahrscheinlichkeit nach allgemeine und keine genauen Anordnungen der Systeme und Schaltkreise fest.“⁴¹⁹

Es ist also gut abgesichert, dass bedeutende Aspekte der strukturellen Komplexität des Gehirns nicht allein aus dem Genom resultieren. Die *Umwelt und deren epigenetisch*⁴²⁰ *kommunizierte Information* trägt wesentlich zur Ausformung eines Gehirns bei.

⁴¹⁶ vgl. McKinney, Michael L. und Kenneth J. McNamara (1991): „*Heterochrony. The Evolution of Ontogeny*“ / New York / Plenum Press

⁴¹⁷ vgl. Gould, Stephen Jay (1977): „*Ontogeny and Phylogeny*“ / Harvard University Press / Cambridge, Massachusetts

⁴¹⁸ McKinney und McNamara, 1991 (s.o.), S. 295

⁴¹⁹ Damasio, Antonio (2004): „*Descartes' Irrtum*“ / Ullstein / München / S. 157

⁴²⁰ <http://www.uni-bielefeld.de/idm/neuro/protokoll-02.html>

Verlassen wir die Aspekte der Evolution des Gehirns hier zunächst, denn es geht uns noch primär um die offenbar *proportionale Korrelation* von struktureller Komplexität und der Mächtigkeit der Performance eines Systems.

Kann man aus diesem Postulat, und den hier dazu angestellten Überlegungen, Aussagen ableiten über die Bedingungen der Emergenz von Intelligenz generell, auch unabhängig von Spezies oder einem neuronal berechnenden Substrat?

Es wird hier nicht möglich sein, diese Frage erschöpfend zu diskutieren – soviel sei vorab bereits gesagt, aber wir haben die Möglichkeit die Frage in ein neues Licht zu rücken.

Die empirische Forschung der Biologie und der Neurophysiologie bestätigen Singers Postulat mit großer Übereinstimmung. Es ist nicht die schiere Größe eines Gehirns, das Intelligenz ausmacht. Ein Elefant, ein Pferd oder ein Blauwal übertreffen den humanoiden Kortex voluminös bekanntlich bei weitem⁴²¹. Es sind Struktur und Ontogenese die hier ihre zentrale Rolle als Argumente in dieser Frage beanspruchen.

Jede KI Forschung, die diese Erkenntnisse außer Acht lässt, macht nach Ansicht des Autors entscheidende strategische Fehler, verschwendet Zeit, Geld und Humankapital.

Der oben erläuterte deduktive *Top Down* Ansatz vernachlässigt den hier erarbeiteten Aspekt der Ontogenese der Bedingungen von Intelligenz. Er fordert von einem auf dem Reißbrett fertig konzipierten NN mit implementierten komplexen Instruktionen – die Emergenz von Intelligenz – quasi mit dem Einschalten des Gerätes.

Der induktive *Bottom Up* Ansatz berücksichtigt allerdings die Ontogenese, ein NN soll lernen und muss trainiert werden, die Intelligenz soll emergieren bei hinreichender Menge und Komplexität der internalisierten Information – *als eine Funktion in der Zeit*.

Denn wenn wir den Faktor Ontogenese nach seinen Parametern analysieren und zerlegen, dann resultiert mathematisch die strukturelle Komplexität *und* deren Organisation in der *Zeit*. Somit ist Ontogenese kein eigenes Argument für die Bedingungen von Intelligenz, sondern ein *synthetisches Argument*, es leistet eine entscheidende Verfeinerung des Aspektes der topologischen Strukturierung - die *temporale Strukturierung!*

Als erster hat der Computer Pionier John von Neumann auf das „Problem, die Kategorie Zeit in die Logik einzubeziehen“⁴²², hingewiesen. Er formulierte bereits 1945 die wesentlichen Elemente der bis heute verwendeten klassischen Architektur von Computern, die im Kern auf

⁴²¹ vgl. Wills, Christopher (1993): „*Das vorauseilende Gehirn. Die Evolution der menschlichen Sonderstellung*“ / FFM / S.Fischer

⁴²² vgl. von Neumann, John (1991): „*Die Rechenmaschine und das Gehirn*“ / Oldenbourg

Turings Idee der „Universellen Turing Maschine“⁴²³ basierte. Josef Weizenbaum bemerkte dazu:

„Es war einer der größten Triumphe der menschlichen Intelligenz, als 1936 der englische Mathematiker Alan M. Turing beweisen konnte, dass der Bau einer solchen Maschine möglich ist.“⁴²⁴

Ansonsten gilt Weizenbaum als ausgesprochener Fürsprecher der These der Unmöglichkeit der technischen Simulation des Gehirns. Er konzentriert seine Kritik primär auf die kategoriale Verschiedenheit von Computern und Neuronen. Weizenbaum versäumte es jedoch, diese Differenz hinreichend zu belegen, und griff daher nach heutigem Maßstab in seiner Kritik zu kurz – denn nach heutigem Wissenstand, hat es sich erübrigt zu fragen, in welchem Substrat sich „Intelligenz“ manifestiert – die Frage die Frage nach Kohlenstoff oder Silizium ist sekundär geworden.

Strukturelle Komplexität muss in *Raum* und *Zeit* nach spezifischen Mustern organisiert sein – erst gemeinsam sind diese Faktoren notwendig und hinreichend. Man kann diese Notwendigkeit mit der Herausforderung der Proteinfaltung vergleichen: Es ist nicht hinreichend, die exakt richtige Zahl Moleküle zu verketteten, um z.B. eine funktionale Aminosäure zur Photosynthese zu befähigen, sondern dies ist lediglich notwendig. Hinreichend ist es hingegen erst, wenn sowohl die richtige Zahl Moleküle verknüpft sind, als auch deren *räumliche* Ausrichtung zueinander exakt justiert wurden.

Für den Fall der Intelligenz tritt zu dieser hohen Anforderung der *numerischen* und *topologischen* Ordnung, nun noch als drittes notwendiges Kriterium, das der *temporalen* Ordnung hinzu.

Eine Bestätigung der Relevanz der temporalen Ordnung des Gehirns, als zweite wichtige Größe neben der räumlichen Ordnung, liefert erneut Antonio Damasio:

„Mit anderen Worten, es ist eine Frage der zeitlichen Abstimmung. Wenn die Aktivität in anatomisch getrennten Hirnregionen abläuft, dies aber annähernd im gleichen zeitlichen Rahmen geschieht, bleibt die Möglichkeit, sie gewissermaßen hinter den Kulissen zu verbinden und den Eindruck zu erwecken, dass alles am gleichen Ort geschieht. Damit ist noch keineswegs erklärt, wie die Zeit die Integration bewerkstelligt, sondern nur die Vermutung geäußert, dass der zeitliche Ablauf ein wichtiger Teil des Mechanismus ist. Das Konzept einer Integration durch die Zeit hat sich im Laufe des letzten Jahrzehnts entwickelt und spielt jetzt

⁴²³ Teuscher, Christof (2004): „*Alan Turing: Life and Legacy of a Great Thinker*“ / Springer / Berlin / S. 244

⁴²⁴ Weizenbaum, Joseph (1978): „*Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft*.“ / Suhrkamp / Frankfurt/Main / S. 88

eine wichtige Rolle in der Arbeit vieler Theoretiker.⁴²⁵

Die Integration, von der hier die Rede ist, bezieht sich auf die Leistung des Gehirns, an verschiedenen Orten in seiner Topologie anfallende neuronale Aktivierungsmuster zu integrieren. Die Repräsentation dieser Aktivierungen, wird allgemein als Basis eines jeden mentalen Zustandes angesehen. Neben der rein topologischen Schwierigkeit dieser Integration, ist eben die *temporale* Integration mentaler Bilder das zentrale Argument für Bewusstsein und Intelligenz. Es gibt nach einhelliger Meinung aller involvierten Forscher kein „Zentrum“ für Bewusstsein oder Intelligenz. Die zeitliche und räumliche Ordnung der Verarbeitung von Information selbst kommen somit als erste Kandidaten neben der rein materiellen numerischen Organisation der Neuronen in Frage, um dieses Phänomen zu ergründen – es bedarf über diese beiden Aspekte hinaus, auch keiner weiteren Aspekte mehr. Raum und Zeit sind als Ursache für Bewusstsein und Intelligenz notwendig und hinreichend. *Alles weitere* sind aus dieser neuen Perspektive bedeutende Epiphänomene wie Umwelt, Genetik, Emotionalität, Körperlichkeit, etc. – aber eben auch *nur Epiphänomene* – im Zentrum stehen singular räumliche und zeitliche Ordnung von Information – *unabhängig vom Substrat* - in dem sich diese Struktur entfaltet. Sehr klar formuliert dies auch Wolf Singer:

„Entgegen der Vermutung von Descartes’, dass es irgendwo im Gehirn ein siguläres Zentrum geben müsse, in dem alle Informationen zusammenkommen und einer einheitlichen Interpretation zugeführt werden – einen Ort an der Spitze der Verarbeitungspyramide, wo das innere Auge die Welt und sich selbst betrachtet - , entgegen dieser plausiblen Annahme erbrachte die Hirnforschung den Beweis, dass ein solches Zentrum nicht existiert.“⁴²⁶

Die bewiesene Nichtexistenz dieses „Zentrums“, macht die Notwendigkeit einer neuen bislang nicht genug beachteten „Dimension“ deutlich, in der die lange postulierte „Trennung“ von Information und Substrat sich als nicht mehr zentral erweist. Die Integrationsleistung, die Damasio in seinen gezeigten Zitaten sucht, und die Singer als sog. „Bindungsproblem“⁴²⁷ bekannt gemacht hat, finden nun beide ihre Lösung in der Integration über die *Zeit*. Das Verhalten von struktureller Komplexität in einer temporalen Ordnung, eröffnet eine neue Dimension der Komplexität und bietet eine mögliche Lösung des diskutierten Problems auf elegante Weise. Wie kann man diese Herausforderung an die menschliche

⁴²⁵ Damasio, Antonio (2004): „*Descartes’ Irrtum*“ / Ullstein / München / S. 139

⁴²⁶ Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn – Essays zur Hirnforschung*“ / Suhrkamp / FFM / S. 31

⁴²⁷ s.o. / S. 32

Abstraktionsfähigkeit pragmatisch angehen?

„In linear time temporal logic there is a finite set of states, such that each state has a unique successor. Hence, the logic cannot reason about multiple possible futures. This is possible with an alternative form of temporal logic: *computation tree logic* (CTL – also known as *branching time temporal logic*), which reasons about time in the form of a tree, with states represented by nodes in the tree. Because each state can have more than one successor, it is possible, in this logical system to reason about several possible future outcomes.“⁴²⁸

Die pragmatische Auflösung der Dimension Zeit in der Computer Logik, ist in einfachen Worten ein „Baumdiagramm“. Allerdings eines, dass auf diese Weise die „Simulation“ des Verlaufes der Zeit repräsentiert. Was „Zeit“ für KI oder natürliche Intelligenz bedeutet, kann auf diese Weise allererst erforscht werden. Bislang ist das Verständnis über diese Dimension seit Einsteins Vereinigung mit dem Raum im Begriff der Raumzeit⁴²⁹ kaum vorangekommen. Zeit ist dynamisch und relativ, soviel ist erwiesen, aber ist sie evtl. auch diskret (basiert auf Partikeln)? – evtl. basiert sie auf Quanten? – kann sie Information tragen⁴³⁰? – verhält sie sich logisch?

Um dies zu erforschen, benötigt es „Prüfstände“ und geeignete Experimente. Die Simulation von KI zur Erforschung von temporalen Phänomenen erfordert in ganz besonderer Weise enorme Rechenleistung. Um dem erwähnten Phänomen der „kombinatorischen Explosion“ zu begegnen, hilft bei einer Simulation nur eine „Eingrenzung“ auf eine beschränkte Zahl der Entwicklungsoptionen einer Funktion in der Zeit, oder aber extreme Rechenkraft und eine komplette Abbildung der Funktion in einem relativ kurzen Zeitraum.

Die derzeit modernste praktische Methode der Realisation eines solchen „Prüfstandes“ ist die Simulation von Aspekten von Intelligenz auf *Supercomputern*. Erst mit dieser sehr neuen Technologie wird es zum ersten Mal überhaupt möglich, diese beinahe selbstverständliche Dimension unserer Existenz auf elementarer Ebene zu erforschen. Über die Zeit wissen wir nach aller bisherigen Forschung *ohne Supercomputer* vergleichsweise erst so wenig, wie über den Mond, *vor der Erfindung des Teleskops*.

Im Einklang mit der wissenschaftlichen Tradition, der Klärung von Fragen an die Natur durch das Experiment, trifft diese neue Arbeit auf große Resonanz und genießt international sowohl

⁴²⁸ Coppin, Ben (2004): „*Artificial Intelligence Illuminated*“ / Jones and Bartlett / London / /S. 488 (Hervorhebungen nicht im Original)

⁴²⁹ vgl. Schwinger, Julian (2002): „*Einstein's Legacy: The Unity of Space and Time*“ / Courier / New York

⁴³⁰ vgl. Harmuth, Henning F. (1993): „*Information Theory Applied to Space-Time Physics*“ / World Scientific Publishing / Singapore

reges Interesse der Forschergemeinde als auch politische Zuwendung in Form von finanzieller Förderung und Gestaltung von Rahmenbedingungen. Politisch sinnvoll kann solche Förderung dadurch gestaltet werden, dass Forschungsziele in internationalen Kooperationen angegangen werden. Dies ist ökonomisch nahezu unabdingbar, durch die enorme Höhe der erforderlichen Summen zum Bau von modernen Supercomputern. Es ist aber auch im Interesse der involvierten Forscher Teams, die komplexe Aufgaben leichter lösen können, wenn diese zuvor entsprechend segmentiert werden.

Bevor wir uns jedoch diesem Topos zuwenden, wollen wir noch einen Blick ins interdisziplinäre Terrain werfen. Wie das Thema exponentielles Wachstum sich in der Technologie auswirkt, haben wir uns anhand der *drei* „Gesetze“ von Moore – Metcalf und Reed weiter oben angesehen. Es resultierte die Quintessenz, dass neben 1.) der organischen Dynamik des *Wachstums* von Leistungsparametern, auch 2.) deren *strukturelle Komplexität* eine entscheidende Rolle spielt. Hier haben wir nun erarbeitet, dass sich die Koeffizienten dieser Komplexität fundamental über die Organisation von 3.) *Information in Raum und Zeit* ergeben.

Für die Entwicklung von KI sind alle *drei* dieser hier zusammengefassten Aspekte zentral. Es bedarf dazu einer uneingeschränkten Kritikfähigkeit aller bislang erarbeiteten Konzepte, sowie einer völligen Offenheit gegenüber revolutionär neuen Ansätzen. Um alle *drei* obigen Gesetze von Moore, Metcalf und Reed – sowie alle *drei* Aspekte der Organisation von Information bei der Konstruktion von KI zu berücksichtigen, kann es nach Auffassung dieser Dissertation nur ein Mittel geben: Die Nutzung der Quantenphysik für die KI.

2.3.3 Skalierungsfaktoren und evolutionäre Aspekte

„Die Rezeptionsgeschichte der heliozentrischen Kosmologielehre und der Darwinschen Evolutionstheorie legen nahe, dass sich schließlich die naturwissenschaftlichen Beschreibungen gegen Überzeugungen durchsetzen, die auf unmittelbarer Wirklichkeitserfahrung beruhen, und dass wir uns schließlich an die neuen Sichtweisen gewöhnen.“⁴³¹

Wolf Singer

Bevor wir uns im Kapitel über die Physik der KI der Quantenphysik zuwenden werden, wollen wir abschließend zu unseren Betrachtungen zur adäquaten Konstruktion von KI noch einmal der Natur selbst bei ihrer Methodik explizit nachgehen.

Evolutionär bedingt, ist unser Gehirn darauf „konditioniert“ eher die *linearen Prozesse* in seiner Aufmerksamkeit zu priorisieren, exponentielle Prozesse werden daher primär linear wahrgenommen. Ein Beispiel:

Eine Seerosenpopulation verdoppelt ihre Fläche auf einem Weiher täglich. Sie beginnt mit 1/8 des Weihers. Am folgenden Tag bedeckt sie 2/8, und am dritten Tag sogar 4/8 des Weihers. Frage: Wenn dieses Wachstum nun in drei Tagen die Hälfte des Weihers eingenommen hat, wie viele Tage wird es dauern, bis der komplette Weiher bedeckt ist?

Die erstaunliche Mehrheit der befragten Personen wird antworten, in weiteren drei Tagen. Unabhängige psychologische Testreihen haben dies bestätigt. Überrascht reagieren die meisten Personen sogar, wenn man ihnen eröffnet, dass bereits am nächsten Tag der gesamte Weiher bedeckt sein wird.⁴³²

Ähnlich verhält es sich mit einem divergierende Faktor *10 Millionen* Differenz zwischen heute technisch möglicher Simulation von Aspekten der Performance des Gehirns und seiner natürlichen vollen Performance. Dieser Faktor erscheint daher unanschaulich, weil das menschliche Gehirn es aus der Erfahrung seiner Evolution nicht gewohnt ist, in exponentiellen Maßstäben oder in diesen Zahlendimensionen zu visualisieren.

Ein weiteres Beispiel von evolutionär konditionierter Fehleinschätzung:

Der Erfinder des Schachspiels, soll der Legende nach ein einfacher indischer Bauer mit

⁴³¹ Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn – Essays zur Hirnforschung*“ / Suhrkamp / FFM / S. 76

⁴³² vgl. Umstätter, Walter: „*Die evolutionsstrategische Entstehung von Wissen*“, oder <http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/pub66.html>

mathematischer Begabung gewesen sein. Er führte seinem begeisterten König das Spiel vor und dieser bot daraufhin an, ihn dafür fürstlich zu belohnen. Der Bauer zeigte sich vermeintlich bescheiden, indem er für jedes der 64 Felder lediglich die Verdoppelung eines einzigen Weizenkornes auf dem ersten Feld annehmen wollte. Der König überschlug im Kopf die ersten 10 Felder: 1 – 2 – 4 – 8 – 16 – 32 – 64 – 128 – 256 – 512 – etc... Er konnte kaum verstehen, wie der Bauer so bescheiden sein konnte. Die weitere Extrapolation dieser Zahlenreihe über die verbleibenden 54 Felder erschien ihm völlig ungefährlich im Verhältnis zu den riesigen Ländereien seines Königreiches und er willigte unbesorgt ein.

Viele Menschen würden auch heute noch das Ergebnis dieser Zahlenreihe im Bereich von einigen Hunderttausend bis maximal einigen Millionen Weizenkörnern abschätzen. Im Extremfall also die Ernte einiger Hektar Weizen. Was kommt nach einer groben „Schätzung“ auf Feld 64 für eine Zahl heraus?

Das Ergebnis von 18.446.744.073.709.551.615 oder (2^{64}) oder ca. *18 Trillionen*⁴³³ - oder *18 Milliarden Milliarden*, hat den König und seinen Schatzmeister allerdings sehr überrascht. Es überrascht auch heute noch jeden, der diese Zahl zum ersten Mal zu visualisieren versucht. Eine Kette mit LKW Ladungen bis zum Rand mit Weizen gefüllt, würde *231.666 Mal* um den Erdball herum reichen. In der gesamten Geschichte seines Königreiches wurde nur ein Bruchteil dessen an Weizen erzeugt, was der König dem Bauern nun schuldete, geschweige denn, dass er so viele Körner jemals hätte lagern können – er hatte sich „verschätzt“...

Wir sind, um mit Singer zu sprechen noch nicht daran „gewöhnt“, exponentielle Funktionen sind für unser Gehirn evolutionär bedingt eine „ungewohnte“ Erfahrung – wir müssen uns konditioniert *notwendigerweise* „verschätzen“.

Die Millionen Jahre Anpassung unseres Gehirns an eine Evolution in Wald, Steppe, Tundra und urzeitlichen Bedingungen des Überlebens, haben uns fest „verdrahtet“ viele neuronale Fähigkeiten genetisch überliefert. Es war z.B. wichtig, zur Versorgung der Sippe die Menge der Nahrung und des Brennholzes abzuschätzen, die man benötigte um über den Winter zu kommen. Dieses Verhältnis ist als linear progressiv leicht visualisierbar und „abzuschätzen“. Verdoppelte sich die Größe der Sippe, war etwa die doppelte Menge beider Ressourcen nötig. Wer darin erfolgreich war, linear progressiv skaliert zu visualisieren, konnte seine Gene erfolgreich weitergeben und wer sich grob verschätzte, der starb mitsamt seiner Sippe in harten Wintern, und seine weniger erfolgreichen Gene verschwanden aus dem Genpool. Über exponentielle Entwicklungen jedoch, haben wir Millionen Jahre nahezu nichts genetisch

⁴³³ <http://de.wikipedia.org/wiki/Weizenkornlegende>

tradiert. Die Entwicklung eines Begriffes von Zeit führte zum Kalender und der primär landwirtschaftlichen Nutzung seiner linear progressiven Abfolge der Jahreszeiten. Der Umlauf einer Mondphase ist stetig, die Umlaufzeit der Erde um die Sonne ist stetig und die Saat und Erntezeit fällt stetig erneut in homologe Zeitfenster.

Die Erwartungshaltung von *linear progressiven Vorgängen*⁴³⁴ ist dem Homo Sapiens per biologischer und kultureller Evolution genetisch „einprogrammiert“ worden.

Diese Habituation ist heute z.B. immer noch sehr stark ausgeprägt etwa an der Modalität einiger Steuermodelle von Finanzmathematikern erkennbar, wobei es heute in vielen Fällen die fortgeschrittenere Strategie darstellen dürfte, sich auch hier nun exponentiellen Verhältnissen anzupassen. Das „Versagen des Rentensystems“ etwa beruht zum großen Teil auf einer Unterschätzung der exponentiellen Natur der Dynamik der Bevölkerungspyramide. Die Herausforderung der Visualisierung von *exponentiellen Vorgängen*⁴³⁵ ist für unser Gehirn evolutionäres Neuland, daher ist es nahezu „unmenschlich“, durch Überschlagsrechnung oder dem Versuch der Veranschaulichung vor „unserem geistigen Auge“ ein adäquates Bild zu entwerfen, von jeglicher exponentiellen Wachstumsfunktion.

Als die ersten Eisenbahnen gebaut wurden, haben viele Ärzte eindringlich vor deren Benutzung gewarnt, der menschliche Körper sei für solche enormen Geschwindigkeiten nicht geeignet, dies müsse langfristig zu ernstesten gesundheitlichen Schäden führen. Die ersten Eisenbahnen fuhren mit stattlichen 12 Km/h. Ein heutiger Transrapid fährt etwa 400 Km/h und das schnellste Fortbewegungsmittel mit menschlichen Insassen ist das Space Shuttle mit 12.000 Km/h. Bis heute wurde keine gesundheitliche Beeinträchtigung nachgewiesen. Wir leben in einer Zeit der *extremen* Beschleunigung aller Prozesse die uns umgeben. Insofern ist es nur verständlich, dass sich heute nur wenige Menschen bildhaft vorstellen können, dass wir bereits in 10 – 15 Jahren mit KI-begabten Robotern werden umgehen können, als seien es „gleichwertig intelligente“ Mitbewohner unseres Habitats – mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit wird es dennoch so sein.

Ein Faktor 10 Millionen erscheint in der alltäglichen Anschauung oft weniger „greifbar“ als etwa eine Verdoppelung – denn diese kann man sich sehr gut lebensweltlich vorstellen. Die Natur kennt abstrakte Multiplikationsfaktoren aus der Evolution und der Phylogenese (Stammesgeschichtliche Entwicklung einer Spezies)⁴³⁶. Ein Embryo⁴³⁷ etwa erlebt eine

⁴³⁴ vgl. Janich, Peter (1992): „*Grenzen der Naturwissenschaft*“ / Beck / München

⁴³⁵ vgl. Hoffmeister, F. and Bäck, T. (1992): „*Genetic Algorithms and Evolution Strategies: Similarities and Differences*“ / Sys-1/92 / Universität Dortmund

⁴³⁶ vgl. Gould, Stephen Jay (1977): „*Ontogeny and Phylogeny*“ / Harvard University Press / Cambridge, Massachusetts

numerische Skalierung seiner Zellen von der Befruchtung bis zur Geburt ca. um den Faktor 100.000.000.000.000 (*100 Billionen oder 100 Millionen Millionen*) in lediglich 9 Monaten. Nach einem Leitsatz der Biologie, ist die Ontogenese eine Rekapitulation der Phylogenese, insofern ist das Heranreifen eines Embryos im Uterus, von den Gameten über das Keimblatt über die Zellfurchung bis zur Ausbildung der Organellen – seine Ontogenese – ein *Zeitraffer* seiner Phylogenese. Ein Embryo erlebt während seiner intrauterinen Phase die Ausbildung von Organellen wie Kiemen und sogar eines schwanzförmigen Fortsatzes der Wirbelsäule. Später werden diese Merkmale im Normalfall wieder zurückgebildet, jedoch liefern sie bis heute Zeugnis von der noch immer in den 3,2 Milliarden Basenpaaren⁴³⁸ der humanen DNS codierten Ahnenhistorie. Dies stellt offenbar einen gewichtigen Grund dafür dar, dass nur ein Fragment dieser DNS Evolutions-Historie heute noch aktiven Code trägt, ca. 30.000 Gene. Der *Mensch* hat etwa die doppelte Zahl Gene einer *Drosophila Melanogasta* (Fruchtfliege) – etwa 10% mehr als eine Maus und nur etwa 1,5% mehr als ein Bonobo *Schimpanse* – dieser „feine Unterschied“ bestimmt real die „*conditio humana*“⁴³⁹.

Es gibt nicht wenige Fürsprecher⁴⁴⁰ der These, dass bei diesem sehr geringen prozentualen Abstand der Spezies *Nagetier - Schimpanse – Mensch* - in der rein numerischen Komplexität des Genoms, das Phänomen des „Selbstbewußtseins“ des Menschen sozusagen den „Quantensprung“ hin zu einer emergenten Qualität des Genoms in der Ausdifferenzierung seiner Komplexität indiziert.

Die morphologische Ausdifferenzierung dieses genetischen Codes, die in nur *9 Monaten* abläuft, hat zuvor zu ihrer Genese etwa *vier Milliarden* Jahre zur Ausdifferenzierung ihrer Komplexität benötigt – etwa seit dem geologischen Erdzeitalter der Inkorporation von Mitochondrien in die ersten Einzeller – dem Paläoarchaikum⁴⁴¹.

Die enorme temporale Differenz dieser Prozesse erscheint in diesem Fall kaum bedenklich oder unmöglich. Wenn wir *9 Monate* mit *4 Mrd. Jahren* vergleichen, fehlt dem Menschen jegliche Visualisierungshilfe. Wir sind qua Evolution quasi „blind“ auf diesem Aspekt unseres geistigen Vermögens. Wir können es nicht „verstehen“ sondern lediglich „erstaunt“ anerkennen. Noch vor nicht langer Zeit wurde man als Ketzer stigmatisiert, wenn man nur

⁴³⁷ vgl. Blechschmidt, Erich (1989): „*Wie beginnt das menschliche Leben? – Vom Ei zum Embryo*“ / 6. Neubearbeitet Auflage / Stein am Rhein

⁴³⁸ <http://www.heise.de/newsticker/meldung/19112>

⁴³⁹ Eibesfeld, Irenäus (1976): „*CONDITIO HUMANA: Vorträge U. Materialien zur Biologie d. Menschen*“ / Vandenhoeck und Ruprecht

⁴⁴⁰ vgl. Metzinger, Thomas (1994): „*Schimpanzen, Spiegelbilder, Selbstmodelle und Subjekte*“ / In: Krämer, Sybille (Hrsg.) / „Geist – Gehirn – künstliche Intelligenz, Zeitgenössische Modelle des Denkens“ / Berlin / S. 41 - 70

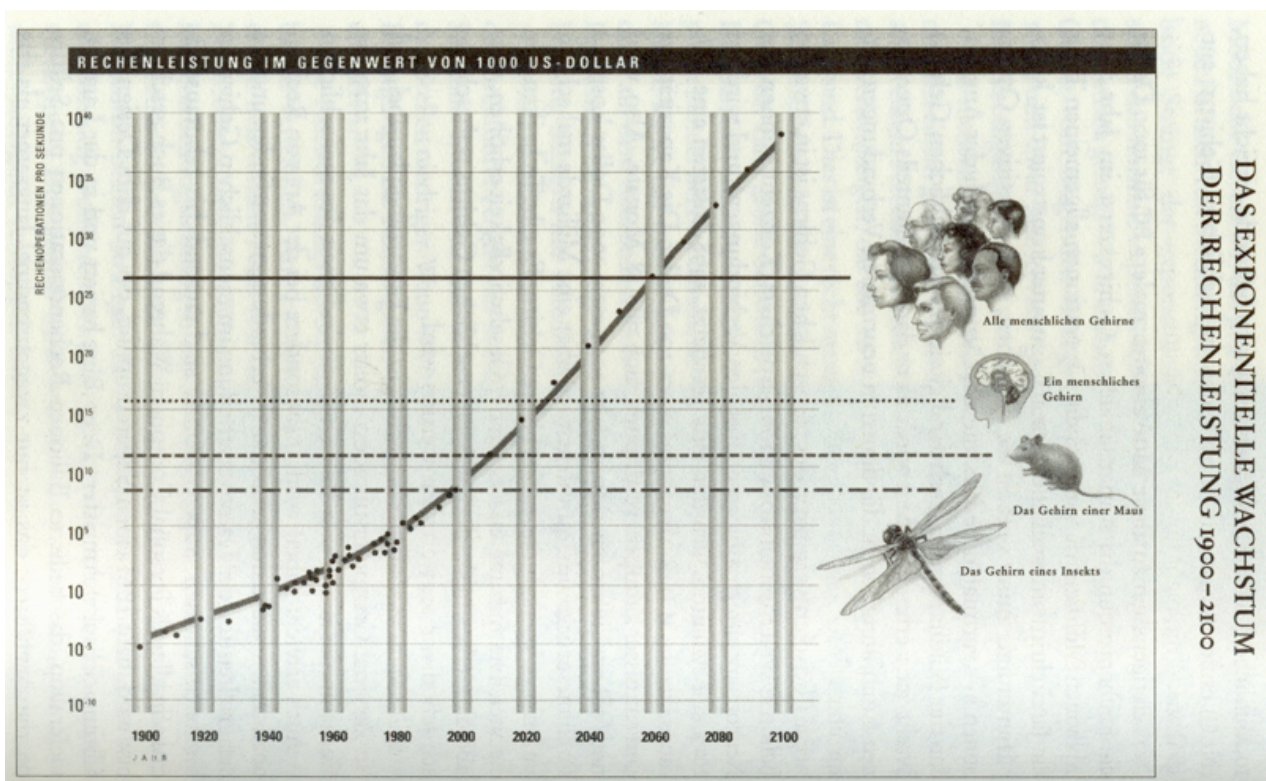
⁴⁴¹ vgl. Walter, Roland (2003): „*Erdgeschichte*“ / Walter de Gruyter

wagte zu behaupten, es hätten vor Christi Geburt überhaupt Vorfahren der Menschheit existiert. Zu „ungeheuerlich“ war eine solch „unverständlich lang entfernte“ Zeitspanne. Der divergierende temporale Faktor beider Prozesse der humanen Onto- und Phylogenese beträgt hier etwa $5,3 \times 10^9$ – wenn wir 9 Monate Ontogenese der höchst entwickelten Spezies der Dauer von 4 Mrd. Jahren Phylogenese der DNS als biologischer Errungenschaft generell gegenüberstellen.

Eine Simulation oder ein Chip, die nun in ihrer Performance um den Faktor 10 Millionen oder 10^6 skalieren sollen, erscheinen von dieser Warte kaum noch unerreichbar.

Auch exponentielle Wachstumsprozesse sind objektiv betrachtet relativ.

Heute erscheinen erstaunliche Dinge nicht mehr „ungeheuerlich“, sondern lediglich noch mathematisch „interessant“, denn es findet eine allmähliche „Gewöhnung“ statt, an solche „Ketzereien“. Zur besseren Visualisierung dieser abstrakten Überlegungen, hier eine Grafik aus dem oft rezipierten Klassiker der KI Thematik: „Homo S@piens“ - des Unternehmers und Computer Pioniers „Ray Kurzweil“ — oder im englischen Original „The Age of Spiritual Machines“:



Die Grafik illustriert die Rechenleistung die man im Gegenwert für 1000\$ jeweils pro Dekade handelsüblich erwerben konnte. Ab dem Jahr 2000 stellt die Kurve eine reine Extrapolation dar. Diese ist durchaus diskussionswürdig – bis zum Jahr 2000 sind allerdings reine Fakten angegeben. Sehr schön deutlich wird der exponentielle Charakter dieser Wachstumsfunktion. Ebenso ist gut erkennbar, wie die Performance der zur jeweiligen Dekade verfügbaren Computer, entlang der logarithmischen Wachstumskurve exponentiell ansteigt. Etwa 1990 war ein Computer für 1000\$ äquivalent leistungsfähig wie das Gehirn eines Insekts. Eine Dekade

*später so performant wie das Gehirn eines Nagetiers. Wenn diese Funktion sich lediglich mit dem bisherigen moderaten Tempo weiter entwickelt, wird ein Computer ca. 2020 so performant sein wie ein menschliches Gehirn.*⁴⁴²

Die spannende Frage lautet heute, nehmen wir es weiterhin als „Ketzerei“ wahr, wenn mathematische Verhältnisse uns „erstaunliche“ neue Ergebnisse nahe legen, oder tun wir dies nur dann bevorzugt, wenn gewisse „Glaubenssätze“ in Gefahr geraten? Ist die alleinige Position des Menschen an der Spitze der Evolution ein solcher „Glaubenssatz“ ?

Nehmen wir nun einmal der Einfachheit halber an, ein Rechner mit der Performance des menschlichen Gehirns ließe sich tatsächlich wie obige Grafik extrapoliert, in 10 – 15 Jahren realisieren. Die obige Grafik veranschaulicht auch gut, wie nahe Insekten, Mäuse und Menschen sich in der reinen Performance ihrer Gehirne eigentlich stehen, wenn man die Leistungsdaten lediglich in einen logarithmischen Graphen⁴⁴³ einträgt. Da wir auf der Skala den letzten „abstrakten“ Faktor 10 Millionen im *moderaten* Zeitraum von ca. 20 Jahren, seit 1980/1985 bis heute absolviert haben, würden wir somit lediglich vorschlagen, das bisherige Tempo der Entwicklung in etwa beizubehalten. Diese Erwartung gilt heute allgemein eher als ein „*Understatement*“ als eine übertriebene Erwartung.

Eine mögliche und wahrscheinliche zusätzliche Beschleunigung der Entwicklung, wie weiter oben exemplarisch ausgeführt, ist nach der logarithmischen Extrapolation nicht einmal erforderlich. Dabei muss klar gesagt werden, dass solche Extrapolationen immer nur eine Näherung darstellen können. Es verbietet sich völlig, diese „Berechnungen“ als „Wissen“ darzustellen, wie es in diversen Publikationen immer wieder getan wird. Wir können über die Zukunft prinzipiell niemals etwas *wissen*, lediglich ist es legitim mit Wahrscheinlichkeiten zu operieren. Das diese Wahrscheinlichkeiten dabei oft an Sicherheit grenzen, nimmt ihnen dennoch nie ihren kategorialen Charakter lediglich eine „mögliche Zukunft“ zu sein, ein Ast eines temporal logischen Baumdiagramms.

Es stellt daher stets prinzipiell lediglich eine Annahme dar, wenn wir überhaupt davon sprechen, dass Rechner eine weitere Steigerung ihrer Performance vollziehen werden. Prinzipiell wäre auch möglich, mit morgigem Tag stellte sich heraus, *alle* technischen Möglichkeiten versagen. Es gäbe keinen logischen Weg auch nur ein einziges Gigahertz mehr pro Chip zu realisieren – dann wäre das Ziel der KI über Performance Steigerung von heute auf morgen schlicht unmöglich. „Realistisch“ betrachtet konvergiert allerdings die

⁴⁴² Kurzweil, Ray (1999): „*Homo S@piens*“, Kiepenheuer & Witsch, Köln, S. 169

⁴⁴³ vgl. Jürgens, Klaus Dieter (1989): „*Allometrie als Konzept des Interspeziesvergleiches von physiologischen Größen*“ / Paul Parey Verlag

Wahrscheinlichkeit des *gleichzeitigen* Versagens aller aufgezeigten Entwicklungsmöglichkeiten in einer asymptotischen Funktion gegen Null. Zwei denkbare Unterbrechungen dieser Wachstumsfunktion wären etwa ein atomarer planetarer Katastrophenfall, oder der Einschlag eines über 1 Km durchmessenden Meteoriten. Bleibt eine Katastrophe solchen Ausmaßes aus, lässt sich mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit weiterhin eine Performance Steigerung realisieren, kommen wir Schritt für Schritt und Dekade für Dekade auf obiger Skala voran und es ist dann unausweichlich, dass in absehbarer Zeit die „kritische Schwelle“ des Gleichstandes des Parameters Performance zwischen biologischen und technischen Entitäten erreicht werden wird. Allerdings betrachten wir hier einen technischen Parameter - die reine Rechenperformance – auf dem ein Gleichstand zwischen Biologie und Technik erreichbar ist. Damit kann hier noch nicht gesagt werden, dass dies übertragbar wäre auf den Parameter der „Intelligenz“ absolut – die postulierte Korrelation ist bislang noch nicht mit letzter mathematisch hinreichender Evidenz bewiesen, auch wenn die Ausführungen von Brooks⁴⁴⁴, Singer⁴⁴⁵, Kurzweil⁴⁴⁶, Moravec⁴⁴⁷, etc. die Notwendigkeit dieser Korrelation sehr überzeugend präsentieren und ihre hohe Wahrscheinlichkeit nahe legen.

Zum Abschluss dieses Kapitels soll eine nochmalige Unterstreichung der prinzipiellen Problematik der richtigen Einschätzung von den Möglichkeiten der Technologie gegenüber der Biologie dienen.

„There is a lesson here about the neocortex. It isn't made of superfast components and the rules under which it operates are not that complex. However, it does have a hierarchical structure that contains billions of neurons and trillions of synapses. If we find it hard to imagine how such a logically simple but numerically vast memory system can create our consciousness, our language, our cultures, our art, this book, and our science and technology, I suggest it is because our intuitive sense of the capacity of the cortex and the power of its hierarchical structure is *inadequate*. The cortex does work. *It isn't magic*. We can understand it. And like a computer, ultimately we can build intelligent machines that work on the same principles.“⁴⁴⁸

Die hier diskutierte evolutionär konditionierte Fehlleistung des menschlichen Gehirns in

⁴⁴⁴ vgl. Brooks, Rodney (2005): „*Menschmaschinen*“ / Fischer / FFM

⁴⁴⁵ vgl. Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn*“ / Suhrkamp / FFM

⁴⁴⁶ vgl. Kurzweil, Ray (1999): „*Homo S@piens*“ / Kiepenheuer & Witsch, Köln

⁴⁴⁷ vgl. Moravec, Hans / „*Die Robotik- eine Vorankündigung*“ / FAZ vom 26. 07.2005 / S. 53

⁴⁴⁸ Hawkins, Jeff (2004) „*On Intelligence – How a new Understanding of the Brain will lead to the creation of truly intelligent machines*“ / Times Books / New York / S. 176
(Hervorhebung nicht im Original)

Bezug auf exponentielle Verhältnisse, beschreibt Hawkins ganz sachlich als „*inadequate*“, und hält zugleich die zentrale Aussage über die Funktion des Gehirns fest:

Obwohl es beinahe „unendlich“ kompliziert *erscheint*, weil wir nicht in exponentiellen Maßstäben „denken“ können, ist das Gehirn eines sicher nicht: *Magie!*

Das Gehirn ist ein komplexes Phänomen, dass sich aber ganz natürlich wissenschaftlich *vollständig* erklären lässt, wenn man nur bereit ist, sich seine Komplexität auf jeder seiner Ebenen der Funktion detailliert anzusehen. Es bleibt kein *metaphysischer Rest!*

Wenn wir dies bejahen, dann müssen wir aber zugleich anerkennen, das alles was exakt beschrieben werden kann – heute oder morgen – auch technisch simuliert werden kann. Nur im Falle der *Magie* wäre uns ihre Imitation technisch versagt, alle anderen Phänomene sind technisch in ihrer Beherrschung lediglich eine Frage der Zeit. Die Korrelation der beiden Parameter Rechenperformance und Intelligenz zu verifizieren, ist wie erwähnt ein Kernthema dieser Arbeit, und es wird sukzessive über die Kapitel dieser Arbeit weiter verfolgt. Dieses Kapitel stellt einen weiteren Beitrag dazu dar. In diesem Bestreben, soll nun - wie oben angekündigt - der Aspekt der technischen Simulation der Leistungsdaten eines biologischen Gehirns in Supercomputern erörtert werden.

2.4 Das Spektrum der Leistungsfähigkeit von Simulationen

2.4.1 Simulation eines Gehirns durch neuronale Computer

Denken heißt überschreiten. Ernst Bloch

Denken ist Rechnen. Thomas Hobbes

Wo das Rechnen anfängt, hört das Verstehen auf. Arthur Schopenhauer

Dem Aspekt der Möglichkeiten und technischen Hintergründe von *Simulationen* wollen wir hier besondere Aufmerksamkeit schenken, denn die jüngste Forschung auf dem Fachgebiet der hochperformanten NN's und der KI, haben einmütig ihren gemeinsamen Kurs der Steigerung von Supercomputer Performance zum Zwecke der Perfektionierung von Simulationen als ihre „Maxime“ erklärt. Zudem führt die Möglichkeit der Simulation von temporalen Strukturen, Rechner erstmals in das Stadium, diese Größe zumindest per Simulation nicht nur in ihre Berechnungen, sondern auch in ihre strukturelle Komplexität mit einzubinden. Dazu bemerkte ein Sprecher der internationalen Supercomputer Konferenz in Heidelberg 2005:

"In 1986, when we started the Supercomputer seminar as a Friday/Saturday activity in Mannheim, it was mainly a German initiative with the intention to get industry, academia, and research into one boat. That was at the time when we all were young and supercomputers were getting popular: Nowadays, the ISC at Heidelberg is the conference in Europe where these people are coming together to hear, to learn and to discuss the new trends which have challenged *all of us interested in simulation* and other compute-intensive applications for more than 20 years. It is the honor of Hans Meuer to run and celebrate this yearly event, and we will see how - and where - it will develop within the next twenty years."⁴⁴⁹

Auf ihrem Weg, die Proportionalität von struktureller Komplexität und Informationsverarbeitungskapazität (Performance) eines Computers zu immer neuen Grenzen zu skalieren, haben jüngste Anstrengungen nun Typen von Supercomputern erreicht, die den Sprung über eine erste kritische Schwelle geschafft haben. Die Rede ist von „neuronalen Computern“ – Supercomputer, mit denen es möglich ist, Teile oder Areale des menschlichen Gehirns in absoluter Identikalität bis auf das einzelne Neuron präzise zu simulieren. Aktuell

⁴⁴⁹ Dr. Wolfgang E. Nagel, Director of the Center for High Performance Computing and Professor for Computer Architecture, Dresden University of Technology - online: <http://www.supercomp.de/isc2005/index.php?s=default> (Hervorhebung nicht im Original)

lässt der Konzern IBM ein Projekt initiieren, daß er „Blue Brain“ getauft hat:



Der Aufbau eines IBM Supercomputers neuester Generation in einer grafischen Illustration des Vorhabens - entnommen aus der Internetpräsenz des Projekts „Blue Brain“. Die den Supercomputer rechts „umrankenden“ Neuronen repräsentieren die künstlerische Antezipation der Emergenz von künstlicher Intelligenz während des Projekts – hierin sehen offenbar die Beteiligten eine sie einende starke Motivation.⁴⁵⁰

Die Veranstalter wollen bis 2008 ein komplettes Areal des Gehirns mit 10.000 Neuronen simulieren bzw. *emulieren*. Der israelische Wissenschaftler der Polytechnischen Hochschule Lausanne (EPFL), Henry Markram, kommentiert dies wie folgt:

„The neocortex constitutes nearly 80% of the human brain and is made of a repeating stereotypical microcircuit of neurons. This neural microcircuit lies at the heart of the information processing capability of the neocortex, the capability of mammals to adapt to a rapidly changing environment, memory, and higher cognitive functions. Our goal is to derive the blue print for this microcircuit.“⁴⁵¹

Der eigens dazu entwickelte IBM-Supercomputer „Blue Brain“ unter der Supervision des „Brain – Mind Institutes“⁴⁵², der in einer Sekunde bis zu 22,8 *Billionen* Rechnungen erledigt, ist somit nach Angaben des Unternehmens 3500 Mal schneller als das aktuell leistungsstärkste handelsübliche Modell. Die Forscher wollen so die bislang übliche Experimentierdauer von ca. *drei Jahren* auf *wenige Sekunden* zu verkürzen. Denn insbesondere auch die temporale Dauer ist für Simulationen von Intelligenz durch obige Argumentation ein zentraler Faktor.

Damit gewinnt das Postulat der Korrelation von struktureller Komplexität, temporaler

⁴⁵⁰ <http://bluebrainproject.epfl.ch/>

⁴⁵¹ Tsodyks, M. & Markram, H. (1997): “*The neural code between neocortical pyramidal neurons depends on neurotransmitter release probability.*” / Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 94 / S. 719-723.

⁴⁵² <http://bmi.epfl.ch/index.html>

Komplexität und Performance für die KI eine bedeutende Chance hinzu, in absehbarer Zeit via Experiment bestätigt zu werden.

Unabhängig davon, ob es bereits mit diesem Konstrukt gelingt Intelligenz zu generieren, ist dieses Projekt schon dann erfolgreich, wenn es gelingt ein Areal des Gehirns zu *emulieren*. Damit ließe sich nach Ansicht der das Projekt leitenden Wissenschaftler, bereits eine Qualität der Simulation erreichen, die Aufschlüsse über die grundlegenden Funktionsprinzipien des Gehirns in derart präziser Form ermöglichen, dass etwa die Heilung bestimmter Gehirnerkrankungen durchaus realistisch in Aussicht gestellt werden kann.

Darüber hinaus, setzt sich das Projekt zum Ziel, in der folgenden Ausbaustufe des Computers, eine *komplette* Simulation des menschlichen Hirns durchzuführen. Da aktuell lediglich 10.000 Neuronen avisiert sind, diese per Simulation in ihren Aktivitäten zu berechnen – das gesamte Gehirn aber ca. 100.000.000.000 Neuronen umfasst - wäre dies eine geplante Skalierung der Größenordnung der Simulation um den bereits zuvor erwähnten *Faktor 10 Millionen*.

Nach gründlicher Diskussion der technischen Machbarkeit einer Skalierung dieser Größenordnung, darf man also durchaus behaupten, dass dieses Projekt sehr gute Chancen auf Realisation in den kommenden ca. 10-15 Jahren hat. Ein Gespräch der FAZ mit Wolf Singer zeigt exemplarisch die Komplexität der Aufgabe:

FAZ: Was müßte eine Simulation leisten?

Singer: Wenn man die Utopie der Simulation weiterspänne, müßte man für die Nachahmung eines einzigen Neurons einen Chip bauen, der 30.000 oder 40.000 Eingänge analog verrechnen kann, wobei all diese Kontakte nach bestimmten Lernregeln veränderbar sein müssen. Diese Regeln kennt man zwar schon recht gut und könnte sie implementieren. Man müßte aber noch eine Reihe von Kontrollmechanismen vorsehen, über die modulierende Systeme auf diese Neurone zugreifen können, um sie im richtigen Arbeitsbereich zu halten und dafür zu sorgen, daß nichts Beliebiges gelernt wird. Und schließlich müssen diese hoch komplexen "Biester" auf sehr kluge Weise miteinander vernetzt werden, damit intelligente Leistungen erbracht werden könnten.⁴⁵³

Nun, wie wir im vorherigen Kapitel gesehen haben, stehen mindestens fünf Wege zur Verfügung die hier geforderte „*enorme*“ Performance der materiellen Recheneinheiten weiter zu steigern. Dies ist eine Basismotivation mit großer Tragkraft und permanenten sukzessiven Erfolgen. Natürlich darf man auch nach allem gesagten die Auffassung vertreten, dass dies prinzipiell *niemals* gelingen wird. Allerdings lässt sich dafür nach bisherigem Wissensstand nun kein stichhaltiges Argument mehr liefern. Die Tradition des „Neinsagens“ ist in der

⁴⁵³ http://www.palais-jalta.de/texte/Interview_Singer.rtf

Geschichte der Wissenschaft ein exzessiv erprobtes Element, man denke etwa an die Konstruktion des Flugzeuges, den ersten Überschallflug oder an den Flug zum Mond. Stets war die Zahl der Skeptiker derart hoch, dass es quasi „motivierend“ auf die Pioniere wirkte, das Ziel trotz der allgemein erklärten „*Unmöglichkeit*“ dennoch zu erreichen.

Es gehört in den einschlägigen Kreisen der Forschergemeinde einfach zum „guten Ton“ eines erfahrenen Wissenschaftlers, dem Projekt KI stets mit einer kritischen bis ablehnenden Haltung gegenüber zu stehen. Dies unterstreicht die enormen Anforderungen des Projekts, sowie die Skepsis die durch zahlreiche falsche Prognosen und übertriebene Erwartungen generiert wurde. Diese „Haltung“ zeigt aber auch, dass es prinzipiell keine epistemologischen, naturwissenschaftlichen oder sonstigen Einwände gibt, KI ist lediglich ein sehr *anspruchsvolles* Unterfangen – Skepsis ist sinnvoll aber tradierte Ablehnung eher die Regel.

Diese Dissertation vertritt die These, dass es technisch gelingen wird, das Gehirn trotz aller zu bedenkenden Herausforderungen seiner Komplexität technisch nicht nur gleichwertig zu simulieren, sondern es zu übertreffen, und dies in absehbarer Zeit. Dabei gilt es zu beachten, dass der Unterschied zwischen natürlicher Intelligenz und ihrer technischen Simulation zunächst noch eine bedeutende Differenz der beiden Realisationen darstellt. Wenn wir in den kommenden Kapiteln jedoch die Quantenphysik diskutieren, werden wir bedeutende Argumente dafür finden, dass die technische Simulation dem biologischen Vorbild so „nahe“ folgen müssen wird, dass auf dem Weg der Konstruktion von KI die fundamentalen Funktionsprinzipien des Gehirns erforscht und simulierbar werden. Selbst die verbleibende Differenz - das sog. „*Explanatory Gap*“⁴⁵⁴ - zwischen natürlicher und künstlicher Intelligenz wird damit zur Disposition gestellt. Denn wenn *Subjektivität*⁴⁵⁵ - darin besteht die wahre Herausforderung von KI - nicht auf Magie basiert, dann basiert sie der Logik entsprechend auf wissenschaftlich erforschbaren Grundlagen der Naturgesetze, wie jedes andere Phänomen der Natur letztlich auch. Wir werden uns bald dazu in den Bereich der *Quantenphysik*⁴⁵⁶ begeben, um dieser Frage detailliert nachzugehen.

⁴⁵⁴ Tye, Michael (1997) „*Ten Problems of Consciousness: A Representational Theory of the Phenomenal Mind*“ / MIT Press / S. 15

⁴⁵⁵ vgl. Vattimo, Gianni (1986): „*Jenseits vom Subjekt*“ / Edition Passagen

⁴⁵⁶ vgl. Shimony, Abner (1997): „*On Mentality, Quantum Mechanics and the Actualization of Potentials*“ / in: Penrose, Roger: „*The Large, the Small and the Human Mind* / Cambridge

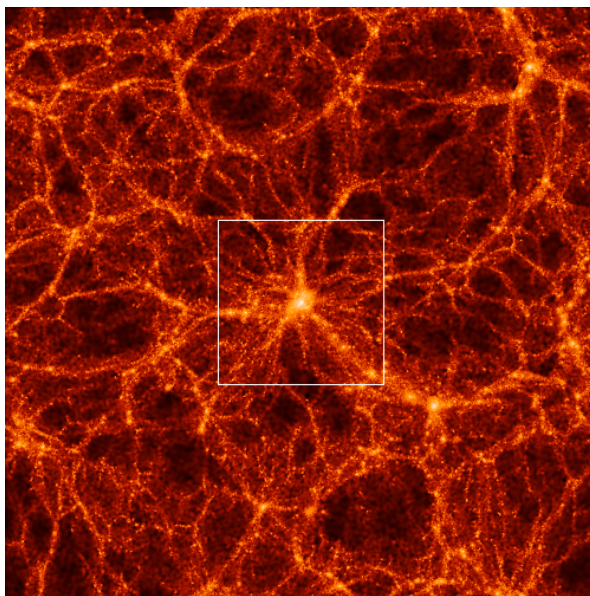
2.4.4 Computer Simulationen in wissenschaftlicher Anwendung

„Jemand forderte Picasso auf, er solle die Dinge so malen, wie sie sind – objektive Bilder. Er murmelte, dass er nicht recht wisse, was das sei. Der Mann, der ihn bedrängte, zog eine Fotografie seiner Frau aus der Brieftasche und sagte: “Hier, sehen Sie, das ist ein Bild von ihr, wie sie wirklich ist.“ Picasso betrachtete es und erwiderte: „Sie ist ziemlich klein, finden Sie nicht? Und ziemlich platt.“

Gregory Bateson

Das erste Beispiel der heute partiellen und später möglichen kompletten Simulation der neuronalen Aktivität des menschlichen Gehirns, durch das „Blue Brain“ Projekt von IBM haben wir oben bereits kennen gelernt.

Ein weiteres nicht weniger beeindruckendes Beispiel liefert „Gadget“⁴⁵⁷. Die zentrale Person hinter diesem Projekt der Simulation der *Entstehung des Universums* ist Volker Springel vom Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching, Leibnitz-Preisträger 2004 und Schöpfer des Computerprogramms mit Namen „Gadget“. Durch dessen Leistungsfähigkeit der Algorithmen wird in Verwendung auf modernen Supercomputern die Simulation von ganzen Teilen des Alls ermöglicht. Folgende Grafik illustriert die Arbeit der Forschergruppe um ihn:



Der Original Bildtext der Bildquelle⁴⁵⁸:

„As a starting point, we used the LCDM-GIF simulation, carried out by the Virgo consortium. The following panel shows a slice through the simulation box, centered by Volker Springel on the richest cluster that has formed in the periodic simulation volume. Using GADGET together with Bepi' Tormens zooming initial conditions generator ZIC, we have resimulated this object of mass $\sim 10e15$ Msun/h several times, with ever increasing numerical resolution. In the last step, we reached a mass resolution of $4.7e7$ Msun/h, with about 20 million particles ending up in the virial radius of the final cluster.“

Die roten Filamente stellen die Verteilung der Partikel des Universums in einem sehr frühen

⁴⁵⁷ <http://www.mpa-garching.mpg.de/galform/gadget/index.shtml#papers>

⁴⁵⁸ <http://www.mpa-garching.mpg.de/galform/gadget/clusters.shtml> (Hervorhebungen im Original)

Stadium dar. Solch extrem exakte Simulationen der Entstehung des Weltalls führen nach Auffassung der Forscher zu neuen Erkenntnissen der Bedingungen seiner Geburt und seiner künftigen Entwicklung. Ein weiteres naturwissenschaftlich und geisteswissenschaftlich inspiriertes Simulations- Projekt, stellt der „Earth Simulator“⁴⁵⁹ dar.

Der Supercomputer von „NEC“, auf dem das Projekt läuft, führte noch bis zum Jahr 2004 die weltweite Rangliste⁴⁶⁰ mit Abstand gegenüber allen Konkurrenten an. Das große und langfristige Ziel des Projektes ist es, die „geologische Zukunft“ der ganzen Erde durch „holistische“ Berechnung aller Daten des gesamten Planeten zu berechnen. Davon ist das Projekt in der bisherigen Ausbaustufe noch weit entfernt, jedoch sind auch die mittelfristigen Ziele recht ambitioniert, etwa Vorhersage der Klimaentwicklung, der Plattentektonik oder der Populationen von Meeresbewohnern die als Nahrungsmittel knapp werden. Die Rechenleistung des Earth Simulator betrug bei seiner Installation in Yokohama in 2002 beachtliche 34 Teraflops, diese Leistung hat im Jahr 2004 der Supercomputer „Blue Gene“⁴⁶¹ von IBM mit 70,72 Teraflops in nur zwei Jahren mehr als verdoppelt.⁴⁶²

Die Ausbaustufe II von Blue Gene Anfang 2005⁴⁶³ brachte eine erneute Verdoppelung auf 136,8 Teraflops. Ende 2005 wurden in der Ausbaustufe Blue Gene L sogar 280 Gigaflops erreicht, womit eine abermalige Verdopplung erreicht wurde.

Moore’s Law lässt sich nach bisheriger Datenlage also genauso auf einzelne Prozessoren wie auf komplexe Supercomputer mit tausenden von Prozessoren anwenden:

- | | | |
|----------------------------------|----------------------|------------------|
| - Earth Simulator | 2002: 34 Teraflops | (Basislinie) |
| - Blue Gene I | 2004: 76 Teraflops | (ca. Faktor 2) |
| - Blue Gene II | 2005: 136 Teraflops | (ca. Faktor 4) |
| - Blue Gene L ⁴⁶⁴ | 2005: 280 Teraflops | (ca. Faktor 8) |
| - Fujitsu Projekt ⁴⁶⁵ | 2010: 3000 Teraflops | (ca. Faktor 100) |

Wenn sich die skizzierte Entwicklung realisiert in diesem Tempo, dann darf eine

⁴⁵⁹ <http://www.es.jamstec.go.jp/esc/jp/index.html>

⁴⁶⁰ <http://www.top500.org/>

⁴⁶¹ Blue Gene soll mit seiner Rechenleistung in der Protein-Forschung, in der Nanotechnologie und in der Klimaforschung eingesetzt werden. Er ist am „Lawrence Livermore National Laboratory“ installiert, und wird permanent weiter ausgebaut. (http://domino.research.ibm.com/comm/pr.nsf/pages/rsc.bluegene_2004.html)

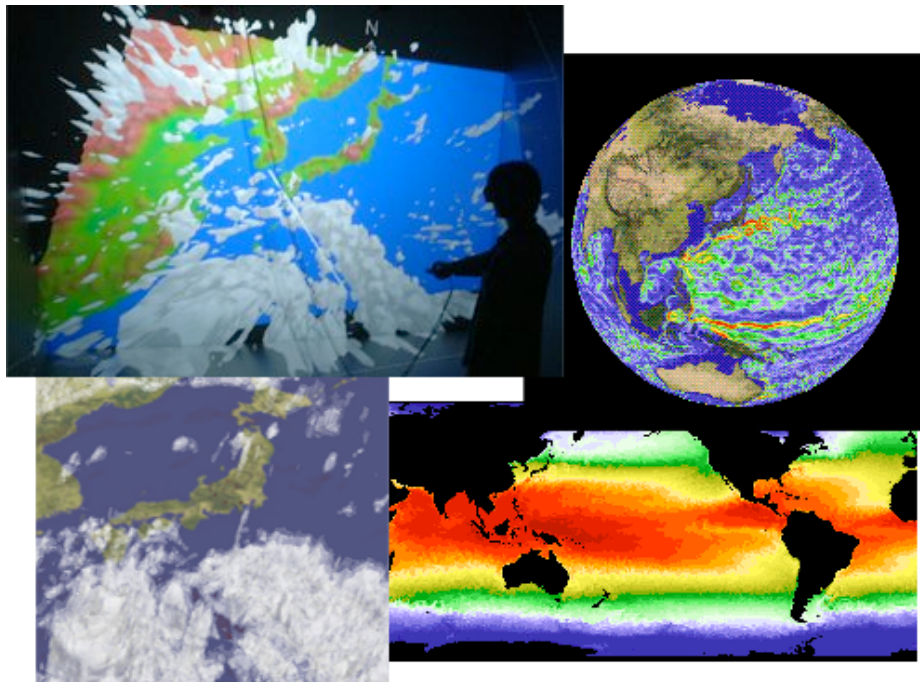
⁴⁶² http://de.wikipedia.org/wiki/Earth_Simulator

⁴⁶³ <http://www.top500.org/sublist/System.php?id=7605>

⁴⁶⁴ <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=276716>

⁴⁶⁵ <http://www.top500.org/upcoming.php>

Beschleunigung der Wachstumsfunktion nach Moore's Law konstatiert werden. Folgende Grafik illustriert die Arbeit des „Earth Simulator“ :



„The Earth Simulator Center, funded by the Japanese government, is the birth place of the Earth Simulator, a super computer designed to provide a "holistic simulation of the entire earth system" that "may enable accurate prediction of the future by modelling present conditions based on data about the

past." The Journal of the Earth Simulator, which is available online from this website as of June 2004, provides updates on the Earth Simulator and related research.“

(Original Text der Beschreibung des „Earth Simulator“ auf der Weltrangliste der Supercomputer)⁴⁶⁶

Das Projekt des „Earth Simulator“ hat die japanische Regierung mit 400 Mio. \$ unterstützt, und es war neben dem rein wissenschaftlich verfolgten Interesse sicherlich auch ein Prestigeobjekt auf politischer Ebene, den weltweit schnellsten Computer in Japan zu bauen. Nicht ohne die Ambition diesen Titel zurück nach Amerika zu holen, wurde IBM mit der Konstruktion von „Blue Gene“ beauftragt. Der Wettstreit um den weltschnellsten Computer hat offenbar also mittlerweile politische Dimensionen angenommen. Japan plant für 2010 den US Supercomputer Blue Gene II erneut etwa um den Faktor 10 zu überbieten, durch oben erwähntes Fujitsu Projekt.

Auch Europa ist bestrebt in diesem „Wettstreit“ aufzuholen. Mit dem DEISA Projekt⁴⁶⁷ ist es gelungen einen virtuellen Zusammenschluss von vier Hochleistungsrechnern in Frankreich, Italien und Deutschland zu etablieren, die kumuliert über eine Performance von immerhin 20 Teraflops verfügen. Derartig durch Vernetzung erzielte kumulierte „Peak Performance“ von Supercomputern, wird derzeit aufgrund ökonomischer Vorteile favorisiert erforscht. Die Disziplin ist aktuell in einem sehr dynamischen Prozess und bekannt durch den Terminus

⁴⁶⁶ <http://www.top500.org/sublist/Site.php?id=2101>

⁴⁶⁷ <http://idw-online.de/pages/de/news89231>

„Grid – Computing“⁴⁶⁸ in Konkurrenz zu der räumlich zentralisierten Variante des sog. „Cluster Computing“⁴⁶⁹ „.

Der „Earth Simulator“ hat jedoch neben der reinen Funktion der Simulation von Wetter, Klima, usw. noch einen Aspekt, der ihn einzigartig macht. Kein anderer Supercomputer weltweit ist mit solch enormen Mitteln vor allem dazu ausgestattet, um ein „holistisches“ und damit sehr junges wissenschaftliches Konzept mit der Genauigkeit eines Computers zu berechnen. Die Homepage des „Earth Simulator“ beschreibt ihr Projekt wie folgt:

„The success in The Earth Simulator demonstrated that the computer simulation is a powerful methodology not only for the scientific research, but also for the prediction of our future. However, because nature as well as human society is a complex system, which consists of a huge number of different scales and various elementary processes, we cannot realize the general simulation including the total interactions between all microscopic processes in the universe even using The Earth Simulator. Holistic Simulation Research Program is a challenging project, in which we try to overcome this difficulty by creating a new type of simulations.“⁴⁷⁰

Um diese Ambitionen heute bereits richtig einzuwerten ist die bisherige Ergebnislage noch zu spärlich, doch der Ansatz ist viel versprechend und die bisherigen Ergebnisse wecken hohe Erwartungen. Ein weiteres Beispiel zur Leistungsfähigkeit von Simulationen rührt bezüglich seiner Intentionen aus der Politikwissenschaft her. Ein Zitat dazu:

"Es ist eben verhältnismäßig leicht, einen Satelliten zu den äußeren Planeten zu schicken. Jedenfalls sehr viel leichter, als zum Beispiel eine vernünftige Arbeitsmarktpolitik zu machen", sagt Rainer Hegselmann. Rainer Hegselmann leitet an der Universität Bayreuth den von ihm aufgebauten Studiengang "Philosophy and Economics" und befasst sich mit der Dynamik von Meinungsbildungsprozessen. Eine Computersimulation, die er gemeinsam mit seinem langjährigen Mitstreiter, dem Bremer Mathematiker und Ökonomen Ulrich Krause, entwickelt hat, soll zeigen, wie die Mechanismen der Meinungsbildung funktionieren. (...)

Crashsimulationen für die physikalische Wirklichkeit funktionieren ganz gut. Mit Crashsimulationen für die soziale Realität stehen wir noch am Anfang. (...)

"Sozialphysik" nennt man das, was Rainer Hegselmann betreibt. Und das, glaubt er, ist eigentlich sogar viel spannender als die herkömmliche Naturwissenschaft.⁴⁷¹

Diese Kette der Zitate stellt einzelne Argumente aus einem Interview in den Focus der Betrachtung, die unsere nähere Aufmerksamkeit im Kontext der hier behandelten Thematik von „holistischen“ Simulationen verdienen. Der Ansatz den Hegselmann hier verfolgt,

⁴⁶⁸ <http://www.gridforum.org/>

⁴⁶⁹ <http://www.clustercomp.org/>

⁴⁷⁰ <http://www.es.jamstec.go.jp/esc/research/HolisticAlgo/index.en.html>

⁴⁷¹ <http://www.heise.de/tr/artikel/print/59831>

entstammt unschwer zu erkennen aus der Spieltheorie.

Dem Mathematiker John Forbes Nash⁴⁷² wurde 1994 für seine Leistungen in der Spieltheorie der Nobelpreis verliehen, nicht zuletzt dadurch gelangte die Disziplin zu einer sehr präzisen mathematischen Grundlage und genießt seither gerade in den Sozialwissenschaften immer mehr Aufmerksamkeit.

Die Herangehensweise, die Spieltheorie auf ein so komplexes „Spielfeld“ wie das der politischen Meinungsdynamik in einer potentiellen Millionenpopulation anzuwenden, stellt somit eine logische Weiterentwicklung von sehr einfachen 2 Personen „Spielen“ wie etwa dem klassischen „Gefangenendilemma“⁴⁷³ dar.

Die bereits auf elementarer Ebene sehr komplexe Theorie⁴⁷⁴, die heute Anwendung in sehr vielen wissenschaftlichen Disziplinen findet, wird nahezu unüberschaubar komplex, wenn man versucht die Zahl der „Spieler“ nach oben zu skalieren, sprich auf realistische Bedingungen mit Millionen von Partizipanten zu erweitern. Für eine Simulation einer politischen Meinungsdynamik ist aber gerade dies entscheidend. In der Soziologie ist dieses Problem genauso wie in der Mathematik und Informatik ebenfalls als „Skalierungsproblem“ bekannt. Es hat sich inzwischen eine Subdisziplin der Soziologie etabliert, die sich speziell mit Überschneidungen aus Informatik und Soziologie beschäftigt – die *Sozionik*.

„Diese Frage, die die Soziologie entlang solcher Unterscheidungen wie Individuum und Gesellschaft, Handeln und Strukturen, System und Akteur usw. diskutiert, wird im Rahmen der Sozionik unter dem Etikett des *Skalierungsproblems* als relevanter Problemfokus ausgemacht.“⁴⁷⁵

Für den Erfolg einer solchen sozialen Simulation ist also zentral, dass man geeignete Algorithmen hat, um die Komplexität der Interdependenzen der Spieler durch geeignete Größen zu parametrisieren, weil ansonsten die Komplexität exponentiell skaliert, und unberechnbar wird. Zudem bedarf es dann noch genügend Rechenleistung, um eine solche

⁴⁷² Nash, John F. (2002): „*The Essential John Nash*“ / Princeton University Press

⁴⁷³ Braun, Dietmar (1999): „*Theorie Rationalen Handelns in der Politikwissenschaft: Eine kritische Einführung*“ / Leske und Budrich / S. 187

⁴⁷⁴ John F. Nash bewies, dass jede Riemannsche Mannigfaltigkeit isometrisch in den euklidischen Raum eingebettet werden kann (der Einbettungssatz von Nash). Die Frage, ob das geht, wurde bereits von Bernhard Riemann gestellt und die landläufige Meinung in den 1950er Jahren war, dass dem nicht so sei. Das Resultat von Nash kam sehr unerwartet und hat weitreichende Konsequenzen.

⁴⁷⁵ Kron, Thomas (2002): „*Luhmann modelliert: Sozionische Ansätze zur Simulation von Kommunikationssystemen*“ / VS Verlag (Hervorhebung Im Original)

Simulation durchzuspielen, mit alternierenden Parametern, um die Ergebnisse zu validieren. Die Soziologie hat hier unter anderem die „Verteilte Künstliche Intelligenz“ (VKI) herangezogen, um solche aufwendigen Simulationen dennoch zu bewältigen. Jörg Wellner schreibt im Auftakt zu seinem Artikel: „Luhmanns Systemtheorie aus der Sicht der verteilten Künstlichen Intelligenz“

„In der Künstlichen Intelligenz spielt zwar die Analyse auch eine gewisse Rolle, aber im Vordergrund steht die Synthese intelligenter Systeme und im Falle der verteilten Künstlichen Intelligenz die Synthese vieler autonomer Einzelsysteme zu einem Gesamtsystem mit sozialen Charakterzügen.“⁴⁷⁶

Es steht außer Frage, dass alle bis dato durchgeführten derartigen Simulationen lediglich *Näherungen* darstellen, die in ihrer Aussagekraft dadurch eingeschränkt sind, dass stets nur ein winziger Ausschnitt der Parameter der „Realität“ erfasst werden können. Eine Berechnung, die 20 Millionen Partikel - wie in obigem Beispiel zur Simulation des Universums - enthält, dauert bei idealen Bedingungen auf sehr schnellen heutigen Supercomputern immer noch mehrere Tage bis Wochen. Eine Simulation der Meinungsdynamik einer ganzen Nation, ist sicherlich noch von weitaus mehr Parametern als von 20 Millionen abhängig. In einer vorsichtigen Schätzung könnte man annehmen, dass in einem einzigen Individuum die Zahl der Parameter zur Wahl einer politischen Meinung etwa bei besagten 20 Mio. liegen könnte. Man müsste somit zur Berechnung der Komplexität der Dynamik in einer Nation diese Zahl mit sich selbst multiplizieren. Das Ergebnis von 40^{13} ist astronomisch, allerdings durchaus innerhalb etwa einer Dekade durch Skalierung der Leistung der Computersysteme zu bewältigen, wie in dem Argument für den Faktor 10 Mio. bereits erörtert wurde. Damit eröffnet sich ganz real die Möglichkeit eine ganze Nation mit allen Motiven der Motivationen aller Individuen zu *simulieren*. Um *diese* Möglichkeiten verantwortungsvoll nutzen zu können, sind eine Dekade der Vorbereitungszeit nach bisheriger Erfahrung ein relativ knapp bemessenes Zeitfenster. Es wird also mit hoher Wahrscheinlichkeit zu Vorkommnissen in der virtuellen Welt so wie in künstlichen Gesellschaften kommen, die so nicht antezipiert wurden, und die die reale Gesellschaft entsprechend „überraschen“. Nicht zuletzt dadurch, weil die virtuelle Welt sich wesentlich schneller entwickelt, als man „vernünftigerweise“ annimmt – und zugleich wesentlich langsamer, als man es in Science Fiction und Utopien „glaubhaft“ cineastisch umgesetzt zum

⁴⁷⁶ Wellner, Jörg (2002): „Luhmanns Systemtheorie aus der Sicht der verteilten Künstlichen Intelligenz“ – in: Kron, Thomas (Hrsg.): „Luhmann modelliert: Sozionische Ansätze zur Simulation von Kommunikationssystemen“ / VS Verlag

Konsum angeboten bekommt. Die „Wahrheit“ um unsere Begriffe, von Kommunikation, Person und Handlung, treffen sich dann irgendwo in der Mitte zwischen dem Turing Test – und „*Second – Life*⁴⁷⁷“.

Thomas Malsch wirft daher die Frage auf, eingeleitet durch ein ausgiebiges soziologisches Gedankenexperiment eines rein virtuell an der Gesellschaft partizipierenden Menschen, ob auch Computern untereinander eine „soziale Kommunikation“ einzuräumen ist:

„Umstellung des Turing Tests von Kognition auf Kommunikation, das bedeutet die Frage nach der menschlichen oder maschinellen Identität eines unsichtbaren Gesprächspartners zu ersetzen durch die Frage, ob die Interaktion zwischen Mensch und Computer als Kommunikation bezeichnet werden kann oder nicht. (...) Wenn sich Interaktionen zwischen Menschen und Computerprogrammen als soziale und das heißt: sinnverarbeitende Kommunikationen qualifizieren lassen, dann stellt sich die weitreichende Frage, ob dies auch für die Interaktion zwischen Computerprogrammen gelten kann.“⁴⁷⁸

Sein „Gedankenexperiment“ führt über die Fülle der Phänomene der virtuellen heute alltäglichen Welt zu einer positiven Beantwortung dieser Frage, und damit wird die Grenze zwischen realer und künstlicher Sozialität - nach seiner Auffassung - einmal mehr einer Grunddifferenz beraubt. *Gesellschaft ist simulierbar*, lautet die Essenz solcher Untersuchungen. Insofern gliedert sich das Beispiel der Simulation von Politik nahtlos in den Kanon der Simulation von Erde, Klima, Universum, etc. ein. Aus der Perspektive der Systemtheorie, der Physik und der Philosophie, sind diese allesamt lediglich „äußerst komplexe Parameterräume“⁴⁷⁹, die sich daher prinzipiell auch berechnen lassen – entsprechende Kapazität und Zeit vorausgesetzt.

Diese Beispiele sollen hier vorerst genügen, um die Möglichkeiten und Reichweiten von Simulationen in ihrem Status Quo und ihrem Potential zu erörtern. Es steht zu erwarten, dass die staatlichen Anstrengungen zur Verfeinerung der Ergebnisse dieser Disziplin noch erheblich zunehmen werden. Angesichts der bislang schon sehr ermutigenden Forschungsstände, ist es sehr wahrscheinlich, dass Projekte zur Simulation von Gesellschaft mit entsprechenden Mitteln ausgestattet werden, um ihre Forschung zu intensivieren.

Der *demokratische Prozess als Gesamtheit* kann mit diesen Mitteln erforscht und neu

⁴⁷⁷ <http://secondlife.com/> (Sorgt für enorme Aufmerksamkeit der Medien, durch inzwischen über 8 Mio. Nutzer, und der kompletten Simulation von Sozialen Prozessen in einer rein virtuellen Gesellschaft, von Flirt über Kommerz bis zur unvermeidbaren Kriminalität.)

⁴⁷⁸ Malsch, Thomas (2005): „*Kommunikationsanschlüsse: Zur Soziologischen Differenz realer und künstlicher Sozialität*“ / VS Verlag

⁴⁷⁹ Reichenbach, Hans (1951): „*Philosophische Grundlagen der Quantenmechanik*“ / Vieweg Verlag / S. 214

ausgeleuchtet werden. Es besteht durchaus die berechtigte Aussicht, dass das Individuum durch derartige Forschung wieder stärker in den Focus rückt, als dies bislang möglich war, mit der Gesellschaft als unberechenbarer „Blackbox“.

Es erscheint insofern plausibel, dass uns eine ganze *Dekade der Simulationen* erwartet. Wir werden in den abschließenden politischen Handlungsempfehlungen erneut auf die Wichtigkeit von Simulationen zu sprechen kommen.

2.4.3 Zusammenfassung und Zwischenfazit des ersten Teils

*Computers ... have penetrated our daily lives
and are becoming society's central nervous system.*⁴⁸⁰

TOHRU MOTO-OKA

Wir haben die Funktionsprinzipien von Künstlichen Neuronalen Netzen angesehen, und deren Möglichkeiten in Bezug auf die Adaption der Fähigkeiten natürlicher Neuronaler Netze erörtert. Nach Diskussion der Optionen hat sich der induktive Ansatz des „Bottom Up“ Verfahrens als aussichtsreicher Kandidat erwiesen, Intelligenz als emergentes Phänomen zu erzielen, wenn die Korrelation aus struktureller und temporaler Komplexität sowie Performance bis in eine derzeit favorisierte sog. „Schwellenwertzone“ von ca. 20 Petaflops skaliert wird.

Nach Erörterung der Möglichkeiten von Evolutionären Algorithmen, und entsprechenden Reflexionen über deren logische Freiheitsgrade, kamen wir zu der Einschätzung, dass Software – präziser „evolutionäre Algorithmen“ - prinzipiell der einzig gangbare Weg sind, um durch Effekte der Kontingenz und der Synergie mit der Hardware, auf der sie angewendet wird, Aspekte von Intelligenz technisch zu realisieren.

Wir haben uns im Anschluss die Eigenschaften und Extrapolationen von exponentiellem Wachstum in der Natur und in ausgewählten Beispielen der technischen Entwicklung angesehen. Es deutet bei bisheriger Datenlage (Moore's Law et al.) alles darauf hin, dass keine Abflachung der Wachstumsfunktion für die weitere Skalierung - oben als zentral markierter Korrelation zwischen struktureller/temporaler Komplexität und Performance - zu erwarten ist.

Im Ausklang haben wir uns praktischen Anwendungsbeispielen der heute verfügbaren astronomischen Dimensionen von Rechenleistung zugewendet. Simulationen können aktuell nicht nur Klimawandel, Quadranten des Universums und Kollisionen von subatomaren Partikeln realitätsgetreu darstellen, sondern in absehbarer Zeit ebenfalls das Verhalten von großen Gruppen von Individuen en detail simulieren, sowie großen Mengen von Neuronen absolut realitätsgetreu simulieren. Eine perfekte technische Simulation wird als *Emulation*⁴⁸¹ bezeichnet – eine Emulation eines menschlichen Gehirns durch eine technische Apparatur

⁴⁸⁰ <http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0113.html?m%3D8>

⁴⁸¹ Platzner, Marco / Vernalde, Serge / Becker, Jürgen (2004): „*Field-Programmable Logic And Applications: 14th International Conference, FPL 2004, Antwerpen*“ / Springer / S. 65

wäre gleichbedeutend mit der Erreichung des erklärten Ziels der KI. Dieses Ziel liegt nach heutiger Lage der Fakten, durch keine unüberwindliche Hürde mehr von uns getrennt in naher prognostizierbarer Zukunft.

Die einzig „knappen“ Ressourcen dazu sind Zeit, Geld und der (politische) Wille zur Realisation von KI – die weitere Verfügbarkeit von Energie aus beliebigen Quellen, sowie die anhaltende Gültigkeit der Naturgesetze sind dabei vorausgesetzt.

Was an den in diesem Kapitel gezeigten Argumenten, Zitaten und Rechenbeispielen deutlich werden sollte ist im Kern folgendes: In dem historisch und anthropologisch durchaus verständlichen Bestreben des Menschen, die Grundlagen seiner Existenz, seiner Intelligenz und seines Bewusstseins besser zu verstehen, indem er deren Bedingungen versucht technisch zu simulieren, sind ihm stetig neue Grenzen gesetzt.

Zunächst sind diese Grenzen epistemologischer Natur, was viele Forschungsgebiete zu „Trial & Error“ Methoden animiert. Trotz aller erkenntnistheoretischer Hürden, in der Praxis der naturwissenschaftlichen Forschung stellten sich bislang ausnahmslos alle sog. „Grenzen“ als rein technisch bedingter Natur heraus. Zudem werden diese Grenzen unablässig neu definiert und weiter in bislang unerforschte Regionen ausgedehnt, z.B. durch immer neue technische Verfahren, unermüdlich immensere fiskalische Aufwendungen, die stetig noch *präzisere* Manipulationen der Substanz gestatten. Es soll keinem „Machbarkeitswahn“ oder „Technik Opportunismus“ das Wort geredet werden - Technik und Fortschritt sind kein Selbstzweck - aber es gehört zur Aufgabe dieser Arbeit, die Dinge von allen Seiten zu betrachten. Es wäre kaum zweckdienlich, die Rolle der Technologie unterzubewerten und damit ein unrealistisch niedriges Entwicklungspotential zu prognostizieren. Wir würden so eine unvorteilhafte Unterschätzung begünstigen, die uns unvorbereitet in Schwierigkeiten bringen kann.

Insbesondere der Parameter der technischen Präzision ist in jüngster Zeit beachtlichem Fortschritt gegenüber zu stellen. Dies liegt an den bislang oft unterschätzten Möglichkeiten die auf mikroskopischer Ebene derzeit aus der Theorie in die Praxis umgesetzt werden.

Um mit Richard Feynmann zu sprechen: *There is plenty of room at the bottom!*⁴⁸²

Technisch realisierbare Präzision, bei der Bearbeitung von Werkstoffen hin zur Manipulation einzelner Atome, darf daher als der *vorrangige Parameter* von technischem und industriellem Fortschritt in unserem Jahrhundert verstanden werden. Letztlich resultiert dann aus einem voranschreitenden technischen Verständnis oftmals auch eine Evolution des epistemologischen Verständnisses solcher Prozesse. Welche Motivation oder Disziplin nun als primär für diesen Prozess erachtet werden soll, kann oder darf, wird in der zunehmend

⁴⁸² <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>

interdisziplinär geführten Diskussion der KI zunehmend sekundär. Die naturwissenschaftlichen Fortschritte wirken dabei befruchtend auf die Fortschritte der Geisteswissenschaften – und vice versa: Die Verfeinerungen der Denkmodelle, die Verfeinerungen der Methoden, die Verfeinerungen der Erkenntnisse, die Verfeinerungen der Fertigkeiten, usw. – alle diese Parameter die Wissenschaft und Kulturleistung beschreibungsfähig machen – vermittelt durch die Kulturleistung der Sprache – lassen deutlich *eine positive Tendenz* sichtbar werden, die ein „Wachstum“ an technischem und auch kulturellem Wissen indizieren.

Es kann nach Diskussion aller obigen Punkte als *extrem unwahrscheinlich*⁴⁸³ angenommen werden, dass diese Entwicklung auf dem gegenwärtigen Niveau innehalten oder sich verlangsamen wird. Vielmehr ist aufgrund der gezeigten Entwicklungen mit einer *Beschleunigung des Tempos*⁴⁸⁴ bzw. konservativ interpretiert wenigstens mit gleich bleibendem exponentiell skalierendem Fortschrittstempo zu rechnen.

Zusätzlich zu den temporären technischen und epistemologischen Grenzen sind entscheidende „Hürden“ dadurch gesetzt, welchen politischen Rahmenbedingungen im jeweiligen Zeitrahmen zu beachten sind, bzw. förderlich wirksam werden. Es soll daher in den folgenden Kapiteln verstärkt die *Bedeutung* des Projektes der KI herausgearbeitet werden.

Das Projekt der KI ist für die Menschheit nicht bloß ein „weiteres“ Projekt.

Es reiht sich nicht lediglich nahtlos ein in Projekte wie etwa die Vernetzung der Kontinente mit Eisenbahn und Telegrafleitungen. Es ist nicht lediglich ein neues Kräftemessen der Nationen wie etwa der kalte Krieg oder die ideologische Kontroverse zwischen Kapitalismus und Kommunismus.

Das Projekt der KI ist so sehr wie keines zuvor, ein Projekt der menschlichen Selbstfindung.

Ein Zitat, dass für Deutschland und ganz Europa Hoffnung gibt, den „abfahrenden Zug“ noch nicht gänzlich verpasst zu haben, stammt aus der Forschungsabteilung von Hewlett-Packard:

"The age of computing has not even begun," says Stan Williams, a research scientist at Hewlett-Packard. "What we have today are tiny toys not much better than an abacus. The challenge is to approach the fundamental laws of physics as closely as we can."⁴⁸⁵

⁴⁸³ vgl. Goertzel, Ben (2002): „*Creating Internet Intelligence: Wild Computing, Distributed Digital Consciousness, and the Emerging Global Brain*“ / Springer

⁴⁸⁴ Kurzweil, Ray (2005): „*The Singularity is near*“ / Penguin Books / New York

⁴⁸⁵ Peter Schwartz - Rita Koselka, Fortune (July 2006): „Quantum Leap“ / The future of computing / published on CNN-Money / siehe auch:

http://money.cnn.com/2006/07/26/magazines/fortune/futureoftech_quantum.fortune/index.ht

3.0 Die Physik der Künstlichen Intelligenz

3.1 Information und Entropie

3.1.1 Die „Grundbausteine“ des Universums

„Was aber ist, wenn diese Theorien wirklich zutreffen und wir wie durch ein Wunder schrumpften und in das Gehirn eines Menschen – wenn dieser denkt – gelangten. Wir würden sehen, wie all diese Pumpen, Kolben, Zahnräder und Hebel arbeiten, und könnten ihre Arbeitsweise – was die Mechanik anbelangt - vollständig beschreiben. Doch in dieser Beschreibung würde das Denken mit keinem Wort erwähnt werden! Es wäre nichts weiter als eine Beschreibung von Pumpen, Kolben und Hebeln!“

Gottfried Wilhelm von Leibniz

Was ist Information? – Information ist Information - es ist weder Energie noch Materie! So oder ähnlich zirkulär lesen sich viele kursierende „Versuche von Definitionen“, es wäre müßig hier Zeit aufzuwenden, um der kaum jemals lösbarer Aufgabe der finalen Definition zu begegnen. Es ist daher zweckmäßiger, Arbeitsthesen und Sondierungen zu verwenden, für den jeweils pragmatisch erforderlichen Kontext. Zudem sind wir spätestens seit Gianni Vattimos vielbeachteter Theorie des „*schwachen Denkens*“⁴⁸⁶, uns der Anforderung an die moderne Wissenschaft bewusst, dass Letztbegründungen zu vermeiden sind, sondern wir eher eine Theorie wie auch eine Definition als offene Prozesse verstehen wollen. Die Informatik etwa kennzeichnet Information dadurch, dass sich diese als Grundelement sowohl speichern, abrufen und auch bearbeiten lässt. Eine brauchbare Arbeitsdefinition findet sich z.B. im Internet bei der freien Enzyklopädie Wikipedia:

„Information (von lateinisch: informare 'bilden, durch Unterweisung Gestalt geben') ist potenziell oder tatsächlich vorhandenes nutzbares oder genutztes Wissen. Wesentlich für die Information ist die Wiedererkennbarkeit sowie der Neuigkeitsgehalt anhand eines bestimmten Musters von Materie und/oder Energieformen in Raum und/oder Zeit: Das verwendete Muster ist für einen

[m](#)

⁴⁸⁶ Hans-Martin Schönherr (1989): *„Die Technik und die Schwäche: Ökologie nach Nietzsche, Heidegger und dem "schwachen Denken" / Wien*

Betrachter innerhalb eines bestimmten Kontextes von Bedeutung und verändert dadurch dessen inneren Zustand - im menschlichen Zusammenhang insbesondere dessen Wissen. Formaler ist *Information* die Beseitigung von Unbestimmtheit.,⁴⁸⁷

Wir werden nur gewisse Aspekte des Informationsbegriffes hier darstellen können, es soll aber dadurch eine neue Sichtweise gewonnen werden. Die bekannten und gut verstandenen Aspekte von Information – die etwa in obiger Definition angesprochen sind - sind sämtlich komfortabel in der Literatur⁴⁸⁸ verfügbar, daher wird es uns hier allein interessieren, welche Tragweite der Begriff für das Thema der KI hat.

Dazu ist es fruchtbar, eine Untersuchung auf wirklich elementarer Ebene anzustellen.

Bislang wird der Informationsbegriff vornehmlich *klassisch* verstanden und interpretiert, was seine Verortung im Definitionsraum der Physik betrifft. Die klassische Sicht hat etwa diese mathematische Form:

„The Definition of Information:

Initial Situation: $I_0 = 0$ with P_0 equally probable outcomes;

Final Situation: $I_1 \neq 0$ with $P_1 = 1$, i. e. one single outcome selected.

The Symbol I denotes information, and the definition of the information is

$$I_1 = K \ln P_0 \quad (1.1)$$

where K is a constant and „ln“ means the natural logarithm to the base „e“.

*The use of the logarithm in formula (1.1) is justified by the fact, that we want the information to have an additive property.*⁴⁸⁹

Diese mathematische Definition ist die denkbar einfachste und zugleich präzisest mögliche Definition der Information als *Funktion in der Zeit*. Allerdings nur gültig, in einer klassisch homolog alternierenden Zeit mit $P_0 - P_1 = P_2 - P_1$. Wenn wir die wörtliche Definition oben mit der mathematischen hier zitierten vergleichen, fällt auf, dass beide Herangehensweisen sowohl rein klassisch sind – die Quantenphysik also nicht integrieren – und somit eine zweistellige Logik als gegeben annehmen. Das ist eine starke und voraussetzungsreiche Vorannahme, die das gesamte Bild aller möglichen Ergebnisse verzerrt, wie wir bereits weiter

⁴⁸⁷ <http://de.wikipedia.org/wiki/Information>

⁴⁸⁸ vgl. Harmuth, Henning F. (1993): „*Information Theory Applied to Space-Time Physics*“ / World Scientific Publishing / Singapore

⁴⁸⁹ Brillouin, Leon (2004): „*Science and Information Theory*“ / Courier Dover / S. 1

oben angesprochen⁴⁹⁰ haben.

Wir können einer physikalischen Definition auf elementarer Ebene allerdings nur gerecht werden, wenn wir die klassische Ebene respektieren und zudem die quantenphysikalische Ebene mit in die Untersuchung einbeziehen. Es wäre sonst nur ein halbes und kein wirkliches Verständnis von *Information* möglich.

Es muss auch berücksichtigt werden, um bei dem mathematisch präzisen obigen Modell zu bleiben, dass $P_1 = P_2$ identisch sein könnten, oder noch extremer auch P_1 und P_1 unterschiedlich sein können. Wenn solche Zustände mit berücksichtigt werden, was nur in mehrstelligen Logiken⁴⁹¹ geleistet werden kann, dann wird Information mit einer weiteren völlig neuen Dimension erfasst.

Dieser Punkt der Differenzierung von klassischer und quantenphysikalischer Information ist ein in seiner Tragweite notorisch verkanntes Faktum,

daher werden wir ein wenig Konzentration darauf verwenden dies deutlich zu machen.

Die Linie die zwischen diesen beiden Konzepten verläuft ist *kategorial*.

Die „Leitdifferenz“ dieses Konzeptes, um systemtheoretisch mit Luhmann zu sprechen, zwischen der klassischen und der modernen Physik, ist der Umgang mit der Quantenphysik.

„In attempts to understand the mind-matter connection it is usually assumed that the idea of matter used in Newtonian mechanics can be applied to the internal workings of a brain. However, that venerable concept does not extrapolate from the domain of planets and falling apples to the realm of the subtle chemical processes occurring in the tissues of the human brains. To achieve logical coherence one must employ a framework that accommodates these crucial processes. A *quantum* framework must be used in principle.“⁴⁹²

Newton und Einstein entwarfen noch ein Weltbild, in dem „Gott nicht würfeln“⁴⁹³, wie der Begründer der Relativitätstheorie⁴⁹⁴ öffentlich seine Einschätzung bekannte. Die moderne Physik anerkennt hingegen die qualitative „ontologische“ Dimension der „Unschärfe“ – wie seit Heisenberg⁴⁹⁵ allgemein gebräuchlich – als eine nicht weiter hinterfragbare Eigenschaft

⁴⁹⁰ Nortmann, Ulrich (1996): „*Modale Syllogismen, mögliche Welten, Essentialismus: eine Analyse der aristotelischen Modallogik*“ / De Gruyter

⁴⁹¹ vgl. Wolff, Michael (2004): „*Abhandlungen über die Prinzipien der Logik*“ / Vittorio Klostermann

⁴⁹² Stapp, Henry Pierce (1993): „*Mind, Matter and Quantum Mechanics*“ / Springer / S. 3 (Hervorhebung im Original)

⁴⁹³ Stewart, Ian (2002): „*Does God play Dice?: The New Mathematics of Chaos*“ / Blackwell

⁴⁹⁴ vgl. Wickert, Johannes (1972): „*Einstein*“ / Rohwolt / Hamburg

⁴⁹⁵ vgl. Heisenberg, Werner (1958): „*Die Physikalischen Prinzipien der Quantentheorie*“ / Hirzel / Stuttgart

der Realität. Um sich dieses Thema näher anzusehen, sei hier auf die berühmte Diskussion rund um die sog. „Kopenhagener Deutung“⁴⁹⁶ verwiesen, in der die „Quantennatur“ aller Teilchen als eine reine „Wahrscheinlichkeitsfunktion“ interpretiert wird. Diese Sichtweise erfuhr seit ihrer Einführung wachsenden Zuspruch und wird bis heute von der Majorität der involvierten Wissenschaftler favorisiert. Sie wurde seinerzeit von Niels Bohr und Max Born eingeführt und in der Folge von Werner Heisenberg und Erwin Schrödinger⁴⁹⁷ weiter entwickelt. Daneben gibt es konkurrierende Interpretationen, wie etwa die „Vielwelten Theorie“⁴⁹⁸, von Hugh Everett und John Archibald Wheeler, oder neuerdings die bereits angesprochene Superstringtheorie⁴⁹⁹, in der Teilchen nunmehr als multidimensionale Energiefelder interpretiert werden – und zwar ohne Ausnahme alle Teilchen des gesamten Kosmos⁵⁰⁰. Diese stellen nur eine Auswahl der Theorien dar, wie Teilchen quasi auf den physikalischen Grund ihres Daseins gefolgt werden kann, um eines Tages per Experiment den finalen Beweis für eines der Modelle zu erbringen.

Es steht jedoch zu erwarten, dass der Begriff der *Information* zunächst noch in diese Modelle integriert werden muss, bevor eine finale Theorie⁵⁰¹ zu erwarten ist. Diese sog. TOE – Theory of Everything⁵⁰² – ist solange nur in Ansätzen verfügbar, allerdings sind diese Ansätze der TOE schon recht fruchtbar, wie wir noch sehen werden.

Bevor wir dieses Thema jedoch eröffnen, wollen wir begründen, warum diese stark naturwissenschaftlich geprägten Überlegungen im Kontext einer geisteswissenschaftlichen Arbeit stattfinden. Wir haben als Kernthema die politische Bedeutung der KI gewählt. Es war hilfreich dazu, zunächst einen Blick auf den Zusammenhang von natürlichen und künstlichen Neuronalen Netzen zu werfen. Dann haben wir die Korrelation von Computer Performance und der möglichen Emergenz von Intelligenz analysiert. Um nun einen entscheidenden Schritt

⁴⁹⁶ <http://www.quantenwelt.de/quantenmechanik/wellenfunktion/kopenhagen.html>

⁴⁹⁷ siehe dazu: Schrödinger, E. 1935. (1983): „*Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik*“, 23:807-812, 823-828, 844-849. (Translation by J. T. Trimmer) (1980) in Proc. Amer. Phil. Soc., 124:323-338.) In *Quantum Theory and Measurement* (ed. J.A. Wheeler and W.H. Zurek). Princeton University Press.

⁴⁹⁸ Everett, H. (1973): „*The theory of the universal wave function. In The many-worlds interpretation of quantum mechanics*“, ed. BS DeWitt and N. Graham, Princeton University Press, Princeton, New Jersey

⁴⁹⁹ vgl. Greene, Brian (2000): „*Das Elegante Universum - Superstrings, verborgene Dimensionen und die Suche nach der Weltformel*“, Siedler

⁵⁰⁰ vgl. Brout, R. / Englert, F. / Gunzig, E. (1978): „*The Creation of the Universe as a Quantum Phenomenon*“ / in: Annals of Physics / Vol. 115

⁵⁰¹ vgl. Nieuwenhuizen, P. von (1978): „*Supergravity and the Unification of the Laws of Physics*“ / in: Scientific American (February Edition)

⁵⁰² vgl. Hawking, Stephen (2005): „*The Theory of Everything: The Origin and Fate of the Universe*“ / Phoenix Books

weiter zu gehen – wie *Bewusstsein* mit neuronalen Funktionen korreliert ist bzw. sein könnte, werden wir allerdings erst dann etwas aussagen können, wenn uns Grundbegriffe der Quantenphysik vertraut sind. Dieser Zusammenhang zwischen *Bewusstsein* und Quantenphysik mag zunächst überraschen, liegt aber eigentlich recht nahe, wenn man folgende allgemein favorisierte Auffassung der Organisation des Gehirns bedenkt:

*Das Gehirn „beinhaltet“ Neuronen – die Neuronen beinhalten Moleküle – die Moleküle beinhalten Atomen – die Atome beinhalten Nukleonen – die Nukleonen beinhalten Quarks – die Quarks beinhalten Quanten – Quanten sind nach neuesten Erkenntnissen Schwingungen reiner Energie.*⁵⁰³

Dieses „Schichtenmodell“ der hierarchischen Größenverhältnisse der Komponenten der Materie wird bislang von *Niemandem* in der wissenschaftlich orientierten Fachwelt inhaltlich in Frage gestellt – offen bleiben allerdings viele philosophische Fragen des Modells. Es ist insofern logisch unabdingbar, auch eine Aussage über die Quantenebene der Neuronen und deren Gesetzmäßigkeiten zu treffen, wenn man fundamentale Erkenntnisse über die Korrelation von neuronalen Prozessen, Quantenmechanik⁵⁰⁴ und *Bewusstsein* anstrebt. Diesen Aspekt wegzulassen, weil die wissenschaftliche Basis vergleichsweise jung aber dennoch hervorragend experimentell belegt ist, wäre gleichzusetzen mit einer gewissen Haltung der Naivität – um es vorsichtig auszudrücken. Die Quantenphysik gilt heute als eines der erfolgreichsten physikalischen Modelle überhaupt, und ihre Arbeit erfordert eine Disziplin und logische Stringenz wie kaum ein anderes Forschungsfeld. Quantenphysik soll schließlich in ihren Ergebnissen auf den gesamten Kosmos anwendbar sein - sowohl auf den Laser in ihrem CD-Player als auch auf den Quasar in 14 Mrd. Lichtjahren Entfernung – Quanten müssen sich *ubiquitär* nach den gleichen Gesetzen verhalten.

Diese Forderung lässt sich sogar noch verstärken, die Physik *verlangt* stets von *allen* ihren herausgearbeiteten Erkenntnissen eine universale Gültigkeit. Es wäre insofern nicht nur sträflich naiv sondern sogar eine Hybris, wenn nun ausgerechnet die Geisteswissenschaften sich nicht mit der Quantenphysik in Berührung betrachten würden – der fachliche Diskurs findet jedoch diesbezüglich entweder gar nicht oder nur sehr spärlich statt.

Dies ist der springende Punkt der Argumentation.

⁵⁰³ („beinhaltet“ verdeutlicht semantisch nur unzureichend den nicht exklusiven Charakter der „iterativen Korrelation“)

⁵⁰⁴ vgl. Lockwood, Michael (1991): „*Mind, Brain & the Quantum*“ / The Compound ‘I’ Basil Blackwell / Oxford and Cambridge, MA

Dies zu ändern, und die Wichtigkeit dieser Transferarbeit zwischen den Wissenschaftsdisziplinen zu unterstreichen, ist das vordringliche Anliegen dieser Arbeit. Der erste Ansatzpunkt für dieses Vorhaben, ist der Punkt, an dem sich Quantenphysik und Geisteswissenschaft mit heutigen technischen Mitteln empirisch verifizierbar berühren – in den biologischen Neuronen.

Der legendäre erste wissenschaftliche Ansatz der den Zusammenhang von Quantenphysik und Bewusstsein wissenschaftlich etablierte war Roger Penrose. Er erregte seinerzeit großes Aufsehen mit seiner Theorie der sog. Microtubuli⁵⁰⁵, von der jedes Neuron etwa 10⁷ enthält. Durch quantenphysikalische Prozesse in diesen lediglich 14 Nanometer großen molekularen sog. „polymeren tubulin Dimeren“⁵⁰⁶, die auf die Vesikel der Dendriten und Axone wirken, welche die Kalziumkonzentration an den synaptischen Spalten regulieren, sah er die Schnittstelle zwischen Quantenphysik und Bewusstsein gegeben. Diesen sehr entscheidenden Punkt werden wir später in Kapitel 3.2.3 detailliert behandeln. In der Folge erlebte die Theorie der Interdependenz von Quanten und Bewusstsein – oder: „*Quantum Approaches to Consciousness*“⁵⁰⁷ – durch viele weitere Wissenschaftler wachsende Popularität, die bis heute beständig verfeinert und ausgearbeitet wird. Zur Einschätzung der Bedeutung der Quantentheorie insgesamt sollen folgende Zitate dienen:

„Wir kennen keinen Sektor der Wirklichkeit, in dem die Quantentheorie falsche Aussagen machen würde.“⁵⁰⁸

Thomas Görnitz ist Professor für Didaktik der Physik an der Johann Wolfgang Goethe Universität in Frankfurt. Sein wissenschaftlicher Schwerpunkt liegt in der Erforschung des Zusammenhangs der Nichtlokalität von Quantenphänomenen in Korrelation zur reflexiven Natur von Bewusstseinsphänomenen.

„Wir könnten eines Tages herausfinden, dass, wie einige Physiker vermuten, der Akt der bewussten Beobachtung ein integrales Element der Quantenmechanik ist, der Katalysator, der dafür sorgt, dass sich aus dem Quantennebel ein Ergebnis

⁵⁰⁵ vgl. Kandel, E.R., Schwartz, J.H., and Jessell, T.M. (2000): „*Principles of Neural Science*“ / McGraw Hill, New York

⁵⁰⁶ vgl. Papaseit, C., Pochon, N., and Tabony, J. (2000): „*Microtubule self-organization is gravity-dependent*“ / *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 97, 8364-8368.

⁵⁰⁷ <http://plato.stanford.edu/entries/qt-consciousness/>

⁵⁰⁸ Görnitz, Thomas (2002): „*Der Kreative Kosmos - Geist und Materie aus Information*“ / Spektrum Akademischer Verlag / Heidelberg / S. 84

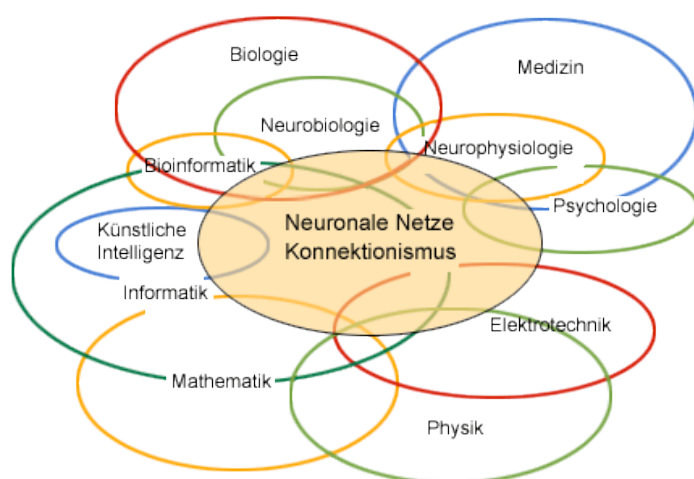
herauskristallisiert.⁵⁰⁹

Brian Greene zählt zu den führenden Physikern auf dem Gebiet der Superstrings, er studierte in Harvard und promovierte in Oxford. Heute ist er Professor für Physik und Mathematik an der Columbia Universität in New York.

„Die Quantentheorie sagt präzise das Verhalten von Atomen und Elementarteilchen voraus sowie die Eigenschaften der zwischen ihnen wirkenden Kräfte. Keine Theorie in der Wissenschaftsgeschichte war erfolgreicher. Sie bildet nicht nur die Grundlage für Atom und Elementarteilchenphysik, sondern auch für Chemie, Elektronik und sogar Biologie.“⁵¹⁰

Lee Smolin forscht am Perimeter Institute for Theoretical Physics in Waterloo und lehrt an der dortigen Universität Physik. Er promovierte in Harvard und forscht seitdem als einer der führenden Köpfe weltweit auf dem Gebiet der Quantengravitation und Kosmologie.

Diese Zitate vermitteln einen Eindruck von der zentralen Stellung der Quantentheorie für die aktuelle Wissenschaft in allen sie tangierenden Disziplinen. Bislang war der Einflussbereich dieser bedeutenden Theorie spürbar auf die Naturwissenschaften begrenzt. Nachdem aber eine heute vielfach fruchtbare Konvergenz der wissenschaftlichen Disziplinen gerade in den für das Thema KI relevanten Forschungsfragen sich abzeichnet, beginnt sich der Einflussbereich der Quantentheorie auch zunehmend in den Geisteswissenschaften als tragfähiges Arbeitsgerüst zu erweisen. Die Interdisziplinarität der sich wechselseitig durchdringenden Fachgebiete insbesondere im Feld der KI Forschung macht etwa folgende Grafik deutlich:



Je nach Interesse und fachlicher Ausrichtung des Forschers spielen unterschiedliche Gesichtspunkte neuronaler Netze eine Rolle: Bei Biologen, „Neurobiologen, Neurophysiologen und Medizinern steht besonders der Gesichtspunkt der Ähnlichkeit des Modells mit der biologischen Realität im Vordergrund. Man versucht, künstliche neuronale Netze zu entwickeln, die in möglichst vieler Hinsicht dem biologischen

⁵⁰⁹ Greene, Brian (2004): „Der Stoff aus dem der Kosmos ist – Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit“ / Siedler Verlag / München / S. 510

⁵¹⁰ Smolin, Lee (2004): „Quanten der Raumzeit“ / Fachbeitrag im Spektrum der Wissenschaft / Ausgabe März / S. 54

Vorbild entsprechen, so dass durch Simulation der Modelle Rückschlüsse auf noch ungeklärte Eigenschaften des biologischen Systems möglich werden. Bei Psychologen steht das Interesse im Mittelpunkt, psychologische Phänomene des menschlichen Gehirns mit diesen Modellen zu modellieren, zu simulieren und vorherzusagen. Die Informatik beschäftigt sich zwar teilweise auch mit Fragen einer möglichst biologienahen Simulation und Modellierung der neuronalen Netze, meist steht aber ein anderer Gesichtspunkt im Vordergrund: die Eigenschaften neuronaler Netze als massiv parallele Algorithmen, ihre Lernfähigkeit und Effizienz. Sie werden dabei oft als ein zur sogenannten (symbolischen) künstlichen Intelligenz komplementärer Ansatz zur Erstellung intelligenter Systeme betrachtet. Auch das noch junge Gebiet Bioinformatik im Überschneidungsbereich der Biologie und der Informatik überlappt sich mit dem Gebiet der neuronalen Netze. Mathematiker sind noch stärker als Informatiker an theoretischen Aussagen über die Eigenschaften der stark vereinfachten künstlichen neuronalen Netze interessiert, an Fragen zur Stabilität rekurrenter Netze, zur Speicherkapazität, und zum theoretischen Verhalten von Lernalgorithmen. Dies sind auch Fragen, die sich Informatiker stellen müssen, wenn sie diese Algorithmen auf Rechnern implementieren. Einige Modelle neuronaler Netze sind schließlich aus der Physik entlehnt, so dass sie auch für Physiker sehr interessant sind. Die Elektrotechnik schließlich stellt oft zusammen mit der Informatik spezialisierte Hardware zur Simulation neuronaler Netze zur Verfügung, mit deren Hilfe Netze viel schneller trainiert werden können, als dies mit reinen Software-Simulatoren möglich ist.“⁽⁵¹¹⁾

Beinahe alle Disziplinen die hier angesprochen werden, haben Schnittmengen ihrer Fragestellungen und Forschungsfelder. Zunehmend wird eine Grundhaltung der Konkurrenz der wissenschaftlichen Disziplinen durch eine der Kooperation abgelöst. Diese Überlegungen sollen zunächst ausreichen, um den interdisziplinären Einstieg in das Thema der Quantentheorie zu begründen. Es wird in dieser Arbeit für zentral und unerlässlich erachtet, den Zusammenhang dieser bedeutenden naturwissenschaftlichen Theorie mit der Theorie der KI über das Phänomen des Bewusstseins zu erarbeiten.

Die Berührung geisteswissenschaftlicher und naturwissenschaftlicher ureigenster Forschungsgebiete wird sicherlich hier auf breite Skepsis stoßen – es gilt aber stets zu respektieren – Wissenschaft ist methodischer Zweifel.

Dieses Interesse verfolgt die hier angebotene Weise der Darstellung der Zusammenhänge.

Wir erarbeiten den Einstieg an die Grenzen der Physik mit dem zentralen Begriff der *Entropie*⁵¹². Seine wichtigste heutige Bedeutung verdankt der Begriff Claude E. Shannon⁵¹³,

⁵¹¹Original Kommentar und Grafik der Homepage von Prof. Dr. Guenter Gauglitz, entnommen aus der Präsenz der ChemgaPedia Enzyklopädie des Fachinformationszentrums Berlin:

<http://www.chemgapedia.de/vsengine/printvlu/vsc/de/ch/13/vlu/daten/neuronalenetze/einfuehrung.vlu.html>

⁵¹² Ayres, Robert U. (1994): „*Information, Entropy, and Progress: A New Evolutionary Paradigm*“ / Springer

⁵¹³ http://en.wikipedia.org/wiki/Claude_E._Shannon

der vielfach auch „Vater der Informationstheorie“ genannt wird. Shannon zeigte ebenfalls die Äquivalenz von Information und Entropie auf⁵¹⁴.

$$H = - \sum_i p_i \log_2 p_i$$

(Das Maß der Entropie „H“ wird hier in Bits berechnet, die entweder den Wert 0 oder 1 annehmen können, daher dient als Basis der „Logarithmus 2“, wobei „p_i“ die Wahrscheinlichkeit von „i“ angibt.)⁵¹⁵

Obige Formel wird in ihrer mathematischen Schreibweise nicht für das weitere Verständnis der Argumente benötigt. Wir vollziehen ihren Inhalt rein semantisch nach: Entropie stammt als Begriff aus der Thermodynamik⁵¹⁶, findet heute aber auch Verwendung in der Informationstheorie. Sie bezeichnet ursprünglich „Unordnung“, oder um etwas präziser zu werden, die Zahl der Freiheitsgrade eines Systems, die verfügbar jedoch unbekannt sind. Damit ist Entropie so etwas wie ein „Antagonist“ des Begriffs der Information. Eine leere CD-Rom z.B. kann man exakt mit dem Maß 700 Megabyte Entropie beziffern – wenn man als Freiheitsgrad Speichervolumen definiert - denn das ist ihre Kapazität. Die 700 MB sind inhaltlich nicht bekannt, die CD kann leer oder voll sein, das ist für das „Nichtwissen“ über die Beschaffenheit der Information irrelevant. Man hat allerdings ein exaktes Wissen über die *Größe* der unbekannt Information – eben 700 MB – daher kann man die Entropie einer CD-Rom hinsichtlich ihrer Speicherkapazität sehr exakt benennen, ohne ihren „Inhalt“ zu kennen. Um fundamentale Aussagen über Systeme zu treffen ist die Entropie daher eine wichtige Kennziffer, denn das Maß der Unbestimmtheit der beobachteten Elemente lässt sich so differenzieren von den bekannten Elementen.

Um den Begriff der Entropie im Beispiel der CD-Rom wirklich fundamental anwenden zu können, reicht es natürlich nicht aus, lediglich Ihre Speicherkapazität auf Ebene von Bits und Bytes zu beobachten. Jedes Bit wird realisiert durch eine große Zahl von Atomen – ein Atom misst etwa 0,1 bis 0,5 Nanometer⁵¹⁷ oder auch 10⁻¹⁰ m - die physikalisch die Repräsentation der makroskopisch nutzbaren Information leisten. Diese muss etwa von einem Laser lesbar sein – im Falle der CD-Rom – oder von einem feinen Magnetlesekopf – im Falle einer heute

⁵¹⁴ Bruß, Dagmar (2003): „*Quanteninformatio*n“ / Fischer / Frankfurt a. M. / S. 4

⁵¹⁵ vgl. Brillouin, Leon (2004): „*Science and Information Theory*“ / Courier Dover

⁵¹⁶ Tolman, R. (1934): „*Relativity, Thermodynamisc and Cosmology*“ / Clarendon Press / Oxford

⁵¹⁷ <http://de.wikipedia.org/wiki/Atom>

handelsüblichen magnetooptischen Festplatte. Um mit heutigen optischen oder magnetischen Verfahren ein Bit zu codieren, werden zumeist mehrere Hundert bis Tausende Atome benötigt.

Richard P. Feynman⁵¹⁸, hat in seiner berühmten Rede „There is Plenty of Room at the Bottom“ einmal laut überlegt, dass er 5^3 Atome als eine sichere Basis für die Speicherung eines Bit Information erachten würde - damit wäre ein dreidimensionaler Würfel mit der Kantenlänge 5 Atome in seiner dritten Potenz also ein Gebilde von 125 Atomen notwendig. Seine berühmte Frage war dabei:

„Why cannot we write the entire 24 volumes of the Encyclopedia Britannica on the head of a pin?“

Eine einfache Überschlagsrechnung ergab, dass man dazu lediglich jeden gedruckten Buchstaben um den Faktor 25.000 reduzieren müsste. Dies ist mathematisch und real derart komfortabel möglich, dass man sogar ca. 1000 Atome für jeden Bildpunkt verfügbar hat. In Relation zu seinen geforderten konservativ geschätzten 125 Atomen also quasi ein achtfaches Überangebot – zur Realisation eines einzelnen Bits.

Im Jahr 1959 seiner Rede sorgte er mit solch kühnen Rechnungen für ungeheures Aufsehen. Heute manipuliert man routiniert *einzelne* Atome, und nutzt dies etwa medial wirksam, um z.B. seinen Firmennamen zu schreiben. IBM gelang dies bereits 1989 mit der beachtlich kleinen Zahl von 35 Xenon Atomen.



„Atome haben die Eigenschaft, dass sie sich nahe dem absoluten Nullpunkt von minus 273 Grad Celsius kaum noch bewegen. Diese Kenntnis machten sich Wissenschaftler am kalifornischen Forschungszentrum der Firma IBM zunutze. 1989 gelang es ihnen erstmalig, nahe dem absoluten Nullpunkt 35 Xenon-Atome so anzuordnen, dass sie den Schriftzug IBM bildeten.“⁵¹⁹

Wie man oben sieht, wird hier ein einzelner Buchstabe bereits aus etwa 10 Atomen gebildet, womit man Feynmanns spektakuläre Forderung nach 125 Atomen pro Schriftzeichen aus 1959 bereits 30 Jahre Später um den Faktor 10 übererfüllen konnte. In 30 Jahren von der Utopie zur Alltagsgewöhnlichkeit, ist dies eine Ausnahme oder die Regel?

Es wird schnell verständlich, dass mit der Manipulation einzelner Atome die Grenze der

⁵¹⁸ <http://www.its.caltech.edu/~feynman/plenty.html>

⁵¹⁹ http://www.discovery.de/mikrokosmos_mensch/nanotopia/rastertunnelmikroskop/manipulation.shtml

Speicherung von Information bei weitem noch nicht erschöpft ist. Die Atome haben selbst auch noch eine innere Struktur, die ebenfalls manipuliert werden kann. Wir sehen also an diesem Exkurs, dass Entropie zunächst einen Zusammenhang aufweist, mit dem Wissen von möglichen Freiheitsgraden. Die obigen 700 MB Entropie einer CD-Rom werden sich *vervielfachen*, wenn man die Entropie der CD-Rom von ihren reinen optischen Bits auf ihre Kapazität hinsichtlich ihrer kompletten Zahl der Atome hin betrachtet.

Eine weitere Möglichkeit ist z.B. die Manipulation der Drehachse der Elektronen, die *Spin*⁵²⁰ genannt wird. Indem man den Spin zur Speicherung von Daten nutzt, gegenüber der konventionellen Methode, allein die Ladung der Elektronen zu nutzen, kann man die Entropie weiterhin enorm steigern. Ein erstes Anwendungsbeispiel lieferte das Imperial College in London⁵²¹ am 08. September 2005 – es ist hier in einem Prototypen zum ersten Mal praktisch gelungen, den Spin bei der Konstruktion von Mikrochips zu nutzen, die z.B. in Multimedia - Mobiltelefonen eingesetzt werden sollen. Die Steigerung der Kapazität des von der Forschergruppe verwendeten Mikrochips stieg durch diesen einzelnen Fortschritt immens: von zuvor konventionell 500 Megabyte auf 100 Gigabyte. Mit modernen nanotechnischen Verfahren kann man so also einen *Skalierungs - Faktor von 200* realisieren – auf einem einzigen Chip der Größe eines Daumennagels. Ein weiteres Anwendungsbeispiel für solche enorm hochkapazitiven Mikrochips ist der bereits angesprochene *Quantencomputer*⁵²², weitere Schritte dahin werden wir später noch detaillierter analysieren.

Wie wir bereits anhand der wenigen Beispiele erkennen können, ergibt sich dass fundamentale Maß an Entropie eines Systems nur sehr langwierig über die Untersuchung immer feinerer Komponenten. Nach der Nutzung der Atome – und dann deren Spin zur Speicherung von Bits und Bytes – folgen evtl. weitere Miniaturisierungsstufen. Bits auf einzelnen Quanten⁵²³ codiert, sind bereits in Prototypen realisiert, ein Ende der *Kette* ist mathematisch schwierig zu fokussieren. Ist die Entropie etwa unendlich groß? - Nein, sie ist definitiv endlich, und dies ist auch exakt berechenbar. Dieses Wissen ist extrem nützlich zur Abschätzung der Möglichkeiten von KI - denn wir erfahren die Möglichkeiten oder präziser Freiheitsgrade die biologische Neuronen maximal physikalisch verfügbar haben - denn auch

⁵²⁰ Mezey, Paul (2002): “*Electron, Spin and Momentum Densities and Chemical Reactivity*“ / Springer

⁵²¹ <http://www.imperial.ac.uk/P6807.htm>

⁵²² Mainzer, Klaus (1995): “*Computer - Neue Flugel Des Geistes?: Die Evolution computergestützter Technik, Wissenschaft, Kultur und Philosophie*“ / de Gruyter / S. 434

⁵²³ siehe dazu: Fuchs, C.A. (2002): „*Quantum mechanics as quantum information (and only a little more)*“ / In *Quantum Theory: “Reconsideration of Foundations*”, ed. by A. Yu. Khrennikov, Växjö University Press, Växjö, pp. 463-543

sie sind letztlich gewöhnliche Materie und unterliegen damit den Gesetzen der Entropie. Dann erst können wir präzise sagen, wie groß der verbleibende divergierende Faktor zwischen Biologie und Technologie hinsichtlich der maximal in diesem Universum erreichbaren Entropie tatsächlich ist. Es gibt einen direkten – wenn auch leicht exotischen Weg zur Bestimmung der maximalen Entropie - *man berechnet das Maß der Speicherfähigkeit der Raumzeit*⁵²⁴ *selbst*.

Da Materie die Eigenschaft aufweist, auf jeder Mikrostrukturebene stets noch eine weitere Ebene zu offenbaren, die zur Steigerung ihrer Freiheitsgrade beiträgt und damit die Entropie erhöht, können wir mathematisch leichter an das absolute Maximum gelangen, wenn wir das Medium analysieren, in dem die Komponenten von Materie sich selbst permanent befinden um sich zu konstituieren, hier finden wir als finales Element die Raumzeit selbst als Träger der maximal möglichen Entropie. Man „zäumt das Pferd quasi von hinten auf“.

Bevor wir nun die ultimative Entropie des Kosmos berechnen, was tatsächlich heute möglich ist – eine Schema folgt im nächsten Abschnitt - soll die Bedeutung dieses Begriffes für die KI und für den Bewusstseinsbegriff besser verdeutlicht werden. Es wird so leichter erkennbar, wieso der Begriff der Entropie für das Thema der KI so zentral ist.

Die Entropie ist das absolute Maß *jeglicher* für ein beliebiges System verfügbaren Freiheitsgrade und somit direkt korreliert mit der Zahl *absolut aller* möglichen Zustände eines Systems. Daher die etwas abgehoben pathetisch klingende Formulierung mit dem Terminus „Universum – bzw. Kosmos“. Es ist dabei gleich, ob es sich um eine CD-Rom, eine magnetooptische Festplatte, einen Mikrochip, eine Galaxie oder ein natürliches bzw. künstliches neuronales Netz handelt.

Es kann sich somit kein System je Methoden und Fähigkeiten bedienen, die außerhalb dieses „Rahmens“ liegen. Die Bedeutung dieser Kennziffer, ist noch dadurch gesteigert, dass Entropie nicht gebunden ist an Materie allein, sondern auch reine Energie oder „exotische“ Zustandsformen von Systemen mit inkludiert. Wenn Entropie also angegeben wird, dann ist alles *und zwar restlos alles* in einem System erfasst – was einen Freiheitsgrad liefern könnte. Dieser Begriff impliziert daher aufwändige Mathematik, liefert aber unabdingbar wertvolle Informationen, wenn es um wirklich elementare Fragen der Möglichkeiten und Grenzen von beliebig komplexen Systemen geht. Diese Bestimmung wäre über den Begriff der Information übrigens nicht ohne weiteres möglich, denn sie folgt erst implizit in ihrer Qualität nach der Entropie. Wissen um die Größenordnung des Nichtwissens muss also dem eigentlichen

⁵²⁴ wir werden auf die physikalischen Details eingehen im Zuge der Erörterung des „holografischen Prinzips der Raumzeit“ von Jakob. D. Bekenstein – siehe auch: <http://physique.ref.ac/holophysique/francais/micro-macro.htm>

inhaltlichen Wissen voran gehen – um es einmal so abgewandelt zu pointieren.

Ein weiterer sehr wichtiger Aspekt des Entropie Begriffs, liegt in seiner Eigenschaft anwendbar zu sein unabhängig von der *Dimensionalität* des Bezugssystems. Wenn etwa Größe und Anzahl von Elementen eines Systems als Kennziffern abhängig sind, von der Vierdimensionalität des Bezugssystems, so ist Entropie auch in fünf, sechs oder n-dimensionalen Systemen anwendbar. Konventionell wird der Entropie Begriff auch in vier Dimensionen⁵²⁵ angewendet. Wie wir im nächsten Abschnitt jedoch sehen werden, lässt sich der Begriff dimensional elegant erweitern, durch das sog. holografische Konzept. Dies hat weitreichende Konsequenzen für die KI. Ein NNN oder KNN ist klassisch betrachtet auch nur mit Freiheitsgraden in vier Dimensionen ausgestattet, jedoch wird von Kritikern⁵²⁶ der KI oft angemerkt, dass ein Gehirn bzw. NNN prinzipiell auch in mehr als den klassischen 4 Dimensionen agieren könnte, womit die klassische Sicht zu kurz greifen würde. Moderne Ansätze⁵²⁷ der KI Theorie versuchen also gezielt, auch n-dimensionale Bezugsräume mit einzubeziehen, bei einer Erklärung von Phänomenen wie Intelligenz und Bewusstsein. Dieser Weg soll im Folgenden detaillierter beschrieben werden.

⁵²⁵ http://www.entropysite.com/students_approach.html

⁵²⁶ vgl. Pauen, M. (2001): „*Grundprobleme der Philosophie des Geistes*“ / Fischer / Frankfurt

⁵²⁷ vgl. Hameroff, S.R., and Penrose, R. (1996): “*Conscious events as orchestrated spacetime selections*” / *Journal of Consciousness Studies* 3(1), 36-53.

3.1.2 Wie berechnet man die Entropie der gesamten vierdimensionalen Raumzeit?

"Just as the body survives by ingesting negative entropy, so the mind survives by ingesting information. In a very general sense, all higher organisms are informavores".

George Miller⁵²⁸

Der *zweite Hauptsatz der Thermodynamik*⁵²⁹ hat Gültigkeit für Energie und Entropie, wie man heute weiß. Es kann also beides niemals verloren gehen, sondern lediglich transformiert werden. Anders mit Materie und Information – sie kann aufgrund ihrer internen Struktur sehr wohl verloren gehen, dabei wird sie allerdings in Zerfallsprodukte oder Energie umgewandelt – z.B. im Prozess der Kernspaltung. Entropie und Energie sind jedoch aufgrund eines der am besten bestätigten Gesetze der Physik (s.o.) weder zu vernichten noch zu vermehren – sie sind Grundgrößen des Kosmos – seit seiner Entstehung. Daher ist auch kein *Perpetuum Mobile*⁵³⁰ möglich, und die Zahl der Sterne im Kosmos ist begrenzt wie die Zahl der Atome und Quanten – die Ausgangsenergie des hypothetischen *Big Bang* hat alles geliefert was ist – und es wird niemals ein einziges Atom mehr oder weniger geben. So die bisherige Theorie - Ist das aber wirklich so?

Dieser Bestimmung gilt großes wissenschaftliches Interesse. Einen Hinweis auf eine mögliche Verletzung dieses Prinzips fand Stephen Hawking bei seiner Untersuchung schwarzer Löcher. Sie verletzen scheinbar dieses Prinzip, indem sie große Mengen Sterne und Energie „verschlingen“, und sie damit aus der kosmischen „Energie – Summe“ scheinbar „verbotener Weise“ entführen. Allerdings, so fand er heraus, geben sie diese Energie sehr langsam in Form der „*Hawking Strahlung*“⁵³¹ zurück. Bei der Berechnung dieses Effekts stieß man auf eine exakte Berechnungsmethode der Entropie eines schwarzen Loches⁵³².

Wir benötigen auch diese Betrachtung zwingend, auch wenn sie extremes Abstraktionsvermögen erfordert, aber wir kommen nur so zum eigentlichen Verständnis darüber, warum wir die Entropie *verlässlich* für ein gegebenes Raumvolumen berechnen können, in welchem wir aber nicht sicher die Zahl der Atome oder gar deren Information kennen. Die Entropie eines schwarzen Loches entspricht astronomischen Werten, die sich

⁵²⁸ <http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/pub66.html>

⁵²⁹ Lucas, Klaus (2005): *“Thermodynamik: Die Grundgesetze der Energie- und Stoffumwandlungen“* / Springer / S. 260

⁵³⁰ http://de.wikipedia.org/wiki/Perpetuum_Mobile

⁵³¹ Genz, Henning (2004): *“Nichts als das Nichts“* / Wiley / S. 250

⁵³² vgl. Kaufmann, William (1979): *„Black Holes and Warped Spacetime“* / Freeman / N.Y.

aber sehr elegant aus bekannten Naturkonstanten ableiten lässt. Dazu ein Zitat aus einer Fachpublikation:

„Aus der Hawking Strahlung lässt sich die Proportionalitätskonstante zwischen der Entropie schwarzer Löcher und der Fläche ihres Ereignishorizontes bestimmen: Die Entropie eines schwarzen Loches ist exakt gleich einem Viertel seiner Horizontfläche, gemessen in Planck-Flächen. Die Planck-Länge ist die fundamentale Längeneinheit für Gravitation und Quantenmechanik; sie beträgt 10^{-33} Zentimeter. Die Planck-Fläche ist das Quadrat der Planck-Länge, also 10^{-66} Quadratzentimeter. ... Die Entropie eines schwarzen Lochs von nur einem Zentimeter Durchmesser würde 10^{66} Bits betragen – das entspricht der thermodynamischen Entropie eines Wasserwürfels mit zehn Milliarden Kilometer Kantenlänge.“⁵³³

Über diesen zunächst exotisch anmutenden wissenschaftlichen Ansatz, gelingt es also sehr exakt – *ultimativ exakt* um präzise zu sein – die Speicherkapazität der vierdimensionalen Raumzeit zu bestimmen. Im Falle eines schwarzen Loches ist die Raumzeit bis zu ihrem absoluten Maximum gedehnt. Die Krümmung der Raumzeit und die damit korrelierte Gravitation (siehe Einsteins Relativitätstheorie) sind so stark, dass kein Licht mehr entweichen kann. Zugleich ist die „Menge“ an Entropie pro „Raum Einheit“ maximal, denn mit der Energie und der Materie erreicht hier auch die Entropie ihr *absolutes Maximum*. Noch mehr Dichte würde eine Explosion in die fünfdimensionale Raumzeit verursachen und/oder eine Eruption von Hawking Strahlung in die vierdimensionale Raumzeit. Dieser Zusammenhang lässt es also zu, über die Konstante die Planck⁵³⁴ geliefert hat, exakt die räumliche Geometrie eines schwarzen Loches zu bestimmen. Bekenstein⁵³⁵ hat dann die mathematische Grundlage geliefert, um über die Grundeinheit der Fläche die Informationskapazität zu bestimmen. Dieser überraschende Zusammenhang ergibt sich aus dem „Holografischen Prinzip“⁵³⁶. Damit lässt sich errechnen, dass das sichtbare Universum „mindestens 10^{100} Bits an Information“⁵³⁷ enthält. Das Holografische Prinzip ist n-dimensional anwendbar und macht daher Aussagen über den *gesamten* Kosmos. Wir werden es später noch detaillierter erforschen.

⁵³³ Bekenstein, Jakob (2003): „*Das Holografische Universum*“ / Spektrum der Wissenschaft / 09 – 2003/ S. 38

⁵³⁴ vgl. Planck, Max (1958): „*Das Weltbild der neuen Physik*“ / J. A. Barth / Leipzig

⁵³⁵ Jakob D. Bekenstein ist Professor für Theoretische Physik an der Universität Jerusalem. Er widmet den zitierten Fachartikel seinem Doktorvater John Archibald Wheeler.

⁵³⁶ Der Nobelpreisträger Gerard 't Hooft von der Universität Utrecht stellte das „Holografische Prinzip“ 1993 auf

⁵³⁷ Bekenstein, Jakob (2003): „*Das Holografische Universum*“ / Spektrum der Wissenschaft / 09 – 2003 / S. 39

Bei allen unseren Überlegungen die wir zu KI anstellen werden, haben wir nun die zentrale Erkenntnis über die exakte maximale theoretische Informationsdichte in vier Dimensionen verfügbar. Ein Kubikzentimeter *Raumzeit* kann maximal 10^{66} Bits Information codieren, denn dies ist seine maximale Entropie. Dazu gibt es kein Wenn und kein Aber – alle naturwissenschaftliche Erkenntnis die wir bislang besitzen, macht in diesem Punkt die gleiche klare Aussage, Entropie besitzt eine *absolute Obergrenze*.

Mit dieser Eigenschaft steht die Entropie natürlich in der Physik nicht allein, der leere Raum hat z.B. eine absolut niedrigste Temperatur und das Licht eine absolut maximale Geschwindigkeit. Wir kennen wir seit den Untersuchungen des dänischen Astronomen Ole Römer 1676⁵³⁸ über Beobachtungen der Jupitermonde, spätestens jedoch seit Einsteins fundamentalen Überlegungen zu Raumzeit und Geschwindigkeit, die exakte Obergrenze von Informationsübertragung in vier Dimensionen – es ist exakt die Lichtgeschwindigkeit – oder $C = 299.792.548 \text{ m/s}$.

Da keine Information schneller innerhalb der Raumzeit übertragen werden kann, und wir die maximale Informationsmenge der Raumzeit pro Volumeneinheit ebenfalls kennen, können wir mit diesen ultimativen Maximalwerten für Geschwindigkeit *und* Informationsdichte die in vier Dimensionen möglich sind den *ultimativen Computer*⁵³⁹ berechnen. Diese Überlegung ist für KI ebenfalls zentral – jedes lebendige System muss zwingend *weniger* Performance realisieren als der ultimative Computer, denn dieser Hypothetische „End-Rechner“ ist in jeder Hinsicht mit den absoluten Maximalwerten des Universums, die naturwissenschaftlich zulässig sind, ausgestattet. Dennoch ist er technisch theoretisch realisierbar. KI wird allerdings schon ab Parametern für uns von großem Interesse sein, die noch weit unterhalb dieser maximalen Performance erreicht werden, aber bereits oberhalb des Levels der Performance liegen, die biologische Systeme maximal leisten können. Ingenieure und Ökonomen nennen diese Zone in Marketing Worten den sog. „*Sweet Spot*“. Für uns ist die Einsicht zunächst von Interesse, das Technologie prinzipiell Grenzen gesetzt sind, diese jedoch *bei weiten* noch nicht ausgereizt sind.

⁵³⁸ <http://de.wikipedia.org/wiki/Lichtgeschwindigkeit>

⁵³⁹ vgl. Lloyd, Seth (2000): „*Ultimate Physical Limits to Computation*“ / MIT Department of Mechanical Engineering / MIT 3-160 / Cambridge, Mass. 02139

3.1.3 Der ultimative Computer ist ein schwarzes Loch

"People have been predicting the demise of Moore's law pretty much since it was posited in the early 60's because some manufacturing technology was about to run out, but Moore's law is a law of human ingenuity rather than of nature. Predictions of its demise have been wrong because people are ingenious."⁵⁴⁰

Seth Lloyd

In der Geschichte der Naturwissenschaften, ist es ein oft beobachtetes Phänomen, dass die Wendepunkte der geistig kulturellen Evolution, gekennzeichnet durch Erkenntnisse von paradigmatischer Bedeutung, schon sehr lange vor der Möglichkeit ihres Beweises Einzug in die Diskussionen der Fachwissenschaften gehalten haben. Zunächst geschah dies zumeist als „Kuriosum“ – als eine sehr abwegige meist zu belächelnde „Eselei“ eines aus der „Art“ geschlagenen Kollegen. Nachdem dann das Gelächter wich, und man versuchte die Unmöglichkeit der vermeintlich absurden Postulate zu beweisen, folgte oft das Scheitern. Mit einer staunenden aber nach wie vor tief ablehnenden Haltung wurden dann die „Querdenker“ dennoch aus dem wissenschaftlichen Diskurs „exkommuniziert“ bzw. zumindest gemieden – in dramatischen Fällen sogar getötet.

Einige Beispiele:

- Die Erde ist eine Scheibe – Sie ist eine Kugel
- Die Sonne dreht sich um die Erde – Die Erde dreht sich um die Sonne ...
- Alle Kreaturen sind finale Geschöpfe Gottes – Geschöpfe vollziehen eine Evolution ...
- Das Atom ist unteilbar – Kernspaltung legt subatomare Strukturen frei ...
- Das Universum ist statisch - das Universum dehnt sich inflationär aus ...
- Künstliche Intelligenz ist unmöglich - wird in Kürze sogar Bewusstsein tragen? ...

Dabei erlitten Größen der Geistesgeschichte entweder Verlust an Ansehen, den Schierlingsbecher bzw. Scheiterhaufen, oder aber zumindest herbe Rückschläge ihrer Reputation.

Galilei, Kopernikus, Kepler, Bruno, Darwin, Bohr, Mach, Einstein – sie alle leisteten für die Entwicklung der Kultur und der Wissenschaft „Erkenntnisse paradigmatischer Größe“, um

⁵⁴⁰ Lloyd, Seth (2000): *“Ultimate Laptop”* / New York Times / 5. September, 2000 (oder online: http://www.ar-tiste.com/qcomp_onion/jan2002/UltimateLaptop.htm)

mit Kuhn zu sprechen. Dennoch waren ihre revolutionären Gedanken zunächst gekennzeichnet von einer breiten öffentlichen Ablehnung. Schließlich waren durch ihre Ideen etablierte Lehren gefährdet und so war psychologisch und soziologisch die Ablehnung leicht zu erklären. Dieser sich selbst invertierende Prozess von Gelächter, Ablehnung, Ignoranz - > Akzeptanz und finaler Selbstverständlichkeit – er hat sich seit der kopernikanischen Wende unzählige Male wiederholt.

Noch Einstein etwa entgegnete im Brustton der Überzeugung: „Der liebe Gott würfelnicht!⁵⁴¹“, als er auf die Postulate der modernen Quantenmechanik angesprochen wurde. Selbst ein Genie seines Formats, begegnete der ganzen Theorie der Quantenphysik mit Ablehnung! – und dies, obwohl er noch in seiner eigenen frühen Schaffenszeit gegen Ablehnung und Gelächter anzukämpfen hatte, als er als einziger Wissenschaftler überhaupt mit der Theorie aufkam, die Raumzeit selbst wäre nicht mehr absolut sondern dehnbar, und wenn man sich nur schnell genug relativ zur Lichtgeschwindigkeit bewegte, dann wären Zeitreisen die logische Konsequenz. Zeitreisen galten bis zu ihrem Beleg durch Einstein als absurd, lächerlich und wissenschaftlich völlig indiskutabel. Heute lernt jeder Oberschüler die Dauer von Zeitreisen zu berechnen, die durch den sog. „Dilatationseffekt“ Einsteins auftreten – das Gelächter ist Selbstverständlichkeit gewichen. Die Möglichkeit von Zeitreisen ist empirisch verifizierbarer physikalischer Alltag.

Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass es dem Postulat der Künstlichen Intelligenz ähnlich ergehen wird. Über das Stadium des Gelächters sind wir heute offenbar hinweg, dafür ist KI gesellschaftlich bereits zu relevant für viele Bereiche der Wissenschaft und der Wirtschaft. Die nähere Ausdifferenzierung, dieses stetig wiederkehrenden Prozesses der wissenschaftlichen Revolutionen, liest man detailliert nach bei Thomas Kuhn⁵⁴².

Um dem Thema insgesamt unvoreingenommen zu begegnen, und eine kritische Beurteilung der Chancen und Risiken von KI zu ermöglichen, möchte diese Dissertation einen Beitrag leisten. Wir müssen allerdings bereit sein, auch unkonventionell zu denken, wenn wir uns nicht sehr fruchtbaren neuen Ansätzen verschließen wollen, die zunächst zuweilen auch „lächerlich“ klingen. Kann z.B. ein Galaxien zermalmendes schwarzes Loch ein hochgradig leistungsfähiger Computer sein? – oder kann man es, um noch abstrakter zu denken, evtl. „zähmen“ und im Labor künstlich erzeugen? Die aktuellen Versuche am CERN, dass den Bau des LHC (Large Hadron Colliders) voran treibt, beabsichtigen genau dies:

⁵⁴¹ Stewart, Ian (2002): „Does God play Dice?: The New Mathematics of Chaos“ / Blackwell

⁵⁴² Kuhn, Thomas S. (1996): „*The Structure of Scientific Revolutions*“ / University of Chicago Press

„A spectacular consequence of such a model is the possibility of being able to produce black holes with the next generation of particle colliders. If the centre-of-mass energy of two elementary particles is indeed higher than the Planck scale E_D , and their impact parameter b is lower than the Schwarzschild radius R_H , a black hole must be produced. If the Planck scale is thus in the TeV range, the 14 TeV centre-of-mass energy of the Large Hadron Collider (LHC) could allow it to become a black-hole factory with a production rate as high as about one per second.“⁵⁴³

Was also vor einiger Zeit noch belächelte „graue Theorie“ war, gelangt nun technisch ganz konkret in die Reichweite menschlicher Technologie – man wird nach Lage der Daten mit dem LHC⁵⁴⁴ nach seiner geplanten Fertigstellung im Herbst 2007 genügend Energie produzieren, um „künstliche“ schwarze Löcher herzustellen – wohl bemerkt als deren denkbar kleinste Variante. Diese sog. „mini Black Holes“ werden von Quantenphysikern lang erwartet als Baustein für extrem leistungsfähige Quantencomputer, die wiederum für die erforderliche Performance und Funktionsweise von KI erwartet werden.

Einige weitere Beispiele zur oben begonnenen Reihe:

Obwohl es oft in der Historie noch nicht möglich war, die exakten Daten zu liefern, waren viele der elementaren Zahlen und Naturkonstanten von Belang schon in etwa bekannt, lange bevor ein exakter Nachweis oder Beweis möglich war. Bereits die alten Griechen kannten durch ihre Überlegungen zur Geometrie die Zahl π , die damals bereits als unendlich⁵⁴⁵ vermutet wurde. Heute noch werden permanent mit enormem Rechenaufwand von Supercomputern immer mehr Stellen „hinter dem Komma“ berechnet, es ist bislang kein Ende absehbar. Zudem ist mathematisch der Beweis erbracht worden, dass π tatsächlich *unendlich* ist.⁵⁴⁶

Als ein weiteres Beispiel versuchte Galileo Galilei 1600 als erster die Lichtgeschwindigkeit zu messen, indem er zwei Männer auf zwei weit entfernten Hügeln mit abgedeckten Öllampen positionierte. Dieser aufgrund der Reaktionszeit unpräzisen Messung folgte Ole Römer 1676 mit einer Beobachtung der Jupitermonde, und lieferte bereits sehr präzise Ergebnisse von 295.000 km/s⁵⁴⁷, womit er nur etwa 2% vom heute gültigen Wert abwich. Der Gedanke, dass Licht überhaupt einen messbaren Wert an Geschwindigkeit besitzen

⁵⁴³ Aurélien Barrau and Julien Grain, Grenoble Laboratory of Subatomic Physics and Cosmology (CNRS/Joseph Fourier University). – siehe:

<http://cerncourier.com/main/article/44/9/22>

⁵⁴⁴ <http://lhc.web.cern.ch/lhc/>

⁵⁴⁵ www.stmwfk.bayern.de/downloads/aviso/2003_1_aviso_38-47.pdf

⁵⁴⁶ vgl. Leutbecherl, A. (1996): „Zahlentheorie“/ Springer-Verlag/ Berlin Heidelberg

⁵⁴⁷ <http://de.wikipedia.org/wiki/Lichtgeschwindigkeit>

könnte, wurde lange Zeit gehandelt als undenkbar bis unsinnig. Heute basiert jedes Handy und jeder Taschenrechner auf den präzise vermessenen Naturkonstanten des Elektromagnetismus. Messungen mit Öllampen sind Messungen mit Atomuhren⁵⁴⁸ gewichen – aber Galilei hat die Wirklichkeit damals bereits richtig erkannt – Licht hat eine *endliche* Geschwindigkeit. So können wir heute hinzufügen – die Raumzeit hat eine *endliche* Entropie. Eine ganze Reihe von modernen Konstanten und naturwissenschaftlichen Messgrößen wurde schon seit geraumer Zeit postuliert, aber erst mit der heutigen Präzision der Messtechnik und den technischen Möglichkeiten der experimentellen Verifikation auch astronomisch großer bzw. mikroskopisch kleiner - Zahlen und Größenverhältnisse - ist es möglich geworden sehr exakte und zur weiteren mathematischen Verwendung⁵⁴⁹ taugliche Werte zu berechnen. Mit all diesen Größen und Konstanten gerüstet, hat sich nun ein ambitionierter Wissenschaftler an die Aufgabe gewagt, allein aus empirisch mathematisch verifizierten Naturkonstanten eine weitere Konstante herzuleiten – sie betrifft die *maximal mögliche Information*, die in einem gegebenen Raumquadranten repräsentiert werden kann. Seth Lloyd, ein Professor für „Mechanical Engineering“ am MIT hat diese Berechnungen in einem viel Aufsehen erregenden lediglich 22-seitigen Paper niedergeschrieben, und die Ergebnisse in *Nature*⁵⁵⁰ publiziert. Wir wollen diesem Ansatz, der an Potential ähnlich aussichtsreich ist, wie die Relativitätstheorie es war, hier etwas näher Aufmerksamkeit widmen. Lloyds Eröffnung der Argumentation im Original seiner Publikation lautet wie folgt:

„Computers are physical systems: what they can and cannot do is dictated by the laws of physics^{1–86}. In particular, the speed with which a physical device can process information is limited by its energy^{11–26} and the amount of information that it can process is limited by the number of degrees of freedom it possesses^{5–40}. This paper explores the physical limits of computation as determined by the speed of light c , the quantum scale \hbar and the gravitational constant G . As an example, quantitative bounds are put to the computational power of an ‘ultimate laptop’ with a mass of one kilogram confined to a volume of one liter.“⁵⁵¹

⁵⁴⁸ <http://www.uhrzeit.org/atomuhr.html>

⁵⁴⁹ vgl. Ireland, K. und Rosen, M. (1990): „*A classical introduction to modern number theory*“ / Springer-Verlag / New York / 2nd edn.

⁵⁵⁰ Lloyd, Seth (2000): „*Ultimate Physical Limits to Computation*“ / *Nature* / (vol. 406, no. 6788, 31 August 2000, pp. 1047-1054)

⁵⁵¹ Lloyd, Seth (2000): „*Ultimate Physical Limits to Computation*“ / MIT Department of Mechanical Engineering / MIT 3-160 / Cambridge, Mass. 02139 / S. 1 (Die Fußnoten des Original Textes wurden beibehalten, zu deren Quellenrecherche siehe Primärtext)

Was kann uns eine derart abstrakte physikalische Berechnung über die Möglichkeiten von Computern sagen?

Die Berechnung belegt das weiter oben gezeigte Ergebnis, dass die einzige Grenze für das exponentielle Wachstum der Leistungsfähigkeit von Computern, die Raumzeit selbst ist. Lloyd wendet die Erkenntnis der maximalen Entropie direkt auf den Begriff der Information an – denn jetzt können wir über diese Aussagen treffen – das Maß der maximalen „Unwissenheit“ der Raumzeit ist bekannt, so können wir sie mit „Wissen“ füllen. Lloyd schlägt dazu einen hypothetischen Computer vor, von einem Liter Volumen und maximaler denkbarer Performance.

Da weder bei der weiteren Miniaturisierung der Komponenten ein physikalisch unlösbares Problem absehbar ist, als auch nicht bei der Skalierung der Performance dieser Komponenten, wird dieser Prozess offenbar erst dann eine natürliche Grenze finden, wenn die Tragfähigkeit der Raumzeit für Informationsdichte erreicht ist. Dies ist ein einleuchtender und bestechend logischer Gedankengang – Computer können nicht leistungsfähiger werden, als es die Entropie der Raumzeit gestattet.

Wenn *alle* Freiheitsgrade erschöpft sind, passt kein einziges „BIT“ weitere Information mehr, in einen hypothetischen Laptop mit dem Volumen 1 Liter.

Das unkonventionelle an dem Gedanken ist, dass es die Frage quasi von „hinten“ aufrollt. Gewöhnlich fragte man, wie schnell wird etwa die nächste Generation von Computern sein, und wie schnell sind diese, wenn wir viele zusammenschalten? Lloyd hingegen fragt, wie schnell können Computer *überhaupt* sein, völlig unabhängig davon, woraus oder wie sie gebaut sind, um weiter mit den Gesetzen der vierdimensionalen Raumzeit verträglich zu sein. Dieser Ansatz ist neu und sorgte für Aufsehen bei seiner Publikation.

Erstaunlich ist daran, wie *konsequent* dieses Konzept vorgeht. Es werden keine Annahmen getroffen - es sind schlicht keine notwendig - sondern es wird allein mit anerkannten Naturkonstanten operiert um einige sehr bemerkenswerte Ergebnisse zu berechnen.

Eine gelungene Zusammenfassung von Lloyds Theorie liefert der Denkerclub EDGE.ORG:

"The amount of information that can be stored by the ultimate laptop, 10^{31} bits, is much higher than the 10^{10} bits stored on current laptops. This is because conventional laptops use many degrees of freedom to store a bit whereas the ultimate laptop uses just one. There are considerable advantages to using many degrees of freedom to store information, stability and controllability being perhaps the most important. Indeed, as the above calculation indicates, to take full advantage of the memory space available, the ultimate laptop must turn all its matter into energy. A typical state of the ultimate laptop's memory looks like a plasma at a billion degrees Kelvin — like a thermonuclear explosion or a

little piece of the Big Bang!“⁵⁵²

Um dieses Ergebnis der extremen Informationsdichte von 10^{31} Bit pro Liter Raumvolumen zu realisieren, wird die Raumzeit derart mit Energie angefüllt, dass die Temperatur in diesem begrenzten Volumen in Bereiche vordringt, die sonst nur während des Urknalls selbst möglich waren. Das Innere einer Sonne wäre vergleichsweise „kalt“ gegen die Temperatur im ultimativen Laptop.

In der Konsequenz, ist die Energiedichte so hoch, dass nach der Masse Energie Äquivalenz von Einsteins $E=MC^2$, die Raumzeit durch die Gravitation so stark gekrümmt wird, dass sie schließlich in sich selbst zusammenstürzt – der ultimative Laptop verwandelt sich, wenn er einmal „hochgefahren“ wird, demzufolge innerhalb kürzester Zeit in ein schwarzes Loch.

Die New York Times titelte am 05. 09. 2000 plakativ:

„The Ultimate Laptop: A Black Hole“⁵⁵³

in einer Passage des Textes streicht das Interview mit Dr. Lloyd heraus, wo die Natur die vermeintlich ultimative „Grenze“ der Möglichkeiten nach heutiger Erkenntnis gesetzt hat:

„The vanishingly tiny components on a chip are like switches that can be in two positions, either on or off -- representing a bit of information, 1 or 0. Minuscule as they seem, each of these devices is typically made of about a billion atoms. But laboratories are already experimenting with computers in which a bit is stored by a single atom that can spin clockwise for 1 or counterclockwise for 0. And who is to say that the grain could not someday be even finer with subatomic particles like quarks or gluons or even the hypothetical superstrings harnessed to encode and manipulate information? But ultimately the limits of nature must prevail. "If we believe the laws of physics," Dr. Lloyd said, "then the fundamental constants of nature should tell us where Moore's law absolutely has to end, where we can't miniaturize any further."

Im Vertrauen auf die Logik der Mathematik und der Gesetze der Physik, hat Lloyd daraufhin konsequent berechnet, dass ein ultimativer Laptop, mit der Masse 1 Kg, nach Einsteins $E=mc^2$ ca. $8,9874 \times 10^{16}$ Joules Energie liefern würde, wenn man seine Masse Atom für Atom in Energie umwandeln würde. Dies entspräche etwa 25 Millionen Megawatt-Stunden, oder dem Pendant der Produktionskapazität aller Nuklearkraftwerke weltweit im Zeitraum von 72 Stunden. Noch einmal – diese enorme Menge Energie steckt tatsächlich in nur *einem einzigen*

⁵⁵² http://www.edge.org/3rd_culture/lloyd/lloyd_index.html

⁵⁵³ Lloyd, Seth (2000): „Ultimate Laptop“ / New York Times / 5. September, 2000

Kilogramm gewöhnlicher Materie – z.B. ein Buch, ein Stein oder ein Liter Wasser – oder ein ultimativer Laptop mit 1 Kg Materie.

Um den ultimativen Laptop zu berechnen, ist die maximale Energie allerdings erst ein erster Schritt. Mit zwei einfachen Grundlagen der elementaren Quantenphysik, wie der Heisenbergschen Unschärferelation⁵⁵⁴ und dem Planckschen Wirkungsquantum⁵⁵⁵ jedoch, lässt sich sehr elegant aus der maximalen Energie eines gegebenen Volumens, die maximale Zahl aller Alternierungen der Zahl der verfügbaren Quantenzustände berechnen. Dies entspricht damit exakt der absolut maximalen „Rechen – Performance“ die innerhalb der Quantenphysik denkbar ist – hier angewandt auf ein Massevolumen von 1 Liter:

“The next step was to determine the maximum speed one can get from all that energy -- how rapidly the little switches can be flipped between 1 and 0, carrying out their calculations. Here Dr. Lloyd turned to quantum mechanics. One of the quirky rules governing the behavior of subatomic particles is Heisenberg's uncertainty principle, which, among other things, specifies a simple relationship between time and energy. To compute switching speed, one multiplies pi by a number called Planck's constant and divides by twice the available energy. Applied to the ultimate laptop, the answer is 5.4258×10^{50} operations per second - about 10,000 trillion trillion trillion times speedier than the Pentium 4.”⁵⁵⁶

Dieses in jeder Hinsicht überraschende Ergebnis, sorgte weltweit für Aufsehen. Dabei hat es nur einmal mathematisch belegt, was logisch unabdingbar war – Technologie kennt zwar Grenzen – aber diese sind aufgrund unserer kulturell erst in jüngster Zeit erbrachten Erfolge gerade einmal erkennbar geworden, aber noch reichlich weit entfernt. Ein Laptop ist nun hier berechnet worden, mit scheinbar mathematischer Leichtigkeit, der als Platzhalter steht, für alles was technisch jemals⁵⁵⁷ erreicht werden kann an Rechenleistung *überhaupt* innerhalb unseres gegebenen Rahmens des vierdimensionalen Anteils des Universums. Diese ultimative Leistung, die sich nur noch in abstrakten exponentiellen Vielfachen eines heutigen Prozessors angeben lässt, wirkt daher verständlich beeindruckend. Im nächsten Schritt folgt eine Ernüchterung, denn nun wissen wir dass bei etwa 10^{50} Operationen pro Sekunde bereits das absolute Maximum liegt, wir Menschen etwa bei 10^{15} Operationen pro Sekunde unser biologisches Maximum erreicht

⁵⁵⁴ Heisenberg, Werner (1958): „Die Physikalischen Prinzipien der Quantentheorie“ / Hirzel / Stuttgart

⁵⁵⁵ Planck, Max (1958): „Das Weltbild der neuen Physik“ / J. A. Barth / Leipzig

⁵⁵⁶ Lloyd, Seth (2000): “Ultimate Laptop” / New York Times / 5. September, 2000 (Hervorhebung nicht im Original)

⁵⁵⁷ (Es wäre lediglich dann eine noch höhere Leistung möglich, wenn in höheren Dimensionen noch unbekannte Wege gefunden werden können, die bislang gültigen Naturkonstanten als unzureichend zu formulieren.)

haben, und ein Insekt gewöhnlich etwa 10^5 Operationen pro Sekunde leisten kann. Damit liegen wir Menschen auf einer logarithmischen Skala von „wenig intelligent“ (Insekt) bis „sehr intelligent“ (ultimate laptop), wenn wir einmal Rechenkapazität und Intelligenz als korreliert betrachten, irgendwo in der wenig beeindruckenden „Mittelmäßigkeit“ zwischen der „Intelligenz“ von Insekten und dem ultimativen Computer.

Wir haben einen Bezugsrahmen gewonnen, indem wir die Grenzen abgesteckt haben.

Wir kennen damit präziser gesprochen die Grenzen des vierdimensionalen Universums, denn es bleibt nach wie vor eine Annahme, dass die Quantenphysik die Möglichkeiten des Universums final determiniert, wenn auch eine sehr gut fundierte Annahme. Der interviewende Journalist und Dr. Lloyd bemerken daher dazu:

„A computer that fast could never be obsolete -- not in this universe. These limits would hold true no matter what kind of technological breakthroughs lie ahead. "It doesn't matter whether you're computing with vacuum tubes or transistors or using quarks and gluons or something even more exotic like superstrings," Dr. Lloyd said. Relativity and quantum mechanics promise that is as fast as the ultimate laptop can be. Nor does it matter how the computer is designed.“⁵⁵⁸

Wir haben somit zwei Fragen erschöpfend geklärt. Die der maximalen Energie pro Volumeneinheit Masse, die sich bei maximaler Effizienz der Technologie jemals innerhalb der vierdimensionalen Raumzeit realisieren lässt ist oben zuerst benannt. Die zweite hier geklärte Frage, ist die der maximalen Zahl der Berechnungen, die ein definiertes Volumen „Substrat“ jemals unter Nutzung aller Möglichkeiten der Physik der vierdimensionalen Raumzeit leisten kann. Damit herrscht in diesen beiden Punkten mehr Klarheit als in allen anderen Ansätzen die bislang veröffentlicht wurden.

Man beachte: für diese Aussagen wird keine Annahme gemacht, außer der Gültigkeit von Mathematik und Quantenphysik, zudem ist es völlig unerheblich welches „Material“ hier eingesetzt wird. Es kann ein Liter Wasser sein, oder ein Liter biologische Nervenzellen – es darf sich um pures Gold, Silizium, Indium – Germanium Legierungen, Uran oder schlicht Wasserstoff handeln – jedes Material ist gleich gut geeignet für den ultimativen Computer, denn es sind allein seine Quantenzustände, die genutzt werden, die chemische Ordnungszahl des verwendeten Elementes ist irrelevant, denn bei den hohen Temperaturen wird jede Materie zu einem homogenen hochenergetischen Plasma umgewandelt.

Übrig bleibt die dritte und letzte Frage, wie viel Speicherkapazität bietet uns der ultimative

⁵⁵⁸ Lloyd, Seth (2000): *“Ultimate Laptop”* / New York Times / 5. September, 2000
(Hervorhebung nicht im Original)

Laptop? Die Antwort auf diese Frage ist ein direktes Ergebnis aus den Überlegungen die wir weiter oben bereits zum Begriff der *Entropie* angestellt haben. Wir berechnen ihr physikalisches Maximum für das Volumen eines Liters substraterfüllter vierdimensionaler Raumzeit:

„An object like this, so packed with energy that its particles are as free as they can possibly be, is said to be in a state of maximum entropy. Though more commonly thought of as a measure of disorder -- a vaporized laptop being less orderly than one at room temperature -- entropy is also intimately related to information. The higher an object's entropy, the greater the number of different states its particles can assume, and the greater the amount of information it can store. *For the ultimate laptop, the maximum entropy corresponds to an information capacity of about 2.13×10^{31} bits -- a billion trillion times more than today's laptops.*“⁵⁵⁹

Die Entropie der nutzbaren Speicherkapazität einer handelsüblichen Festplatte liegt heute zum Vergleich immerhin bei etwa 10^{10} Bits. Wenn man bedenkt, dass ein Liter Masse schon allein an Atomen die Zahl von 10^{25} Kernen samt deren Nukleonen und Elektronenhüllen beherbergt, dann wird klar, dass ein guter Teil der „Speicherkapazität“ der Entropie dieser Menge Substrat allein aus deren Nutzung herrührt. Doch die Nutzung der Quantenmechanischen Freiheitsgrade, schließt das Gap im Exponenten. Somit ist das Ende der möglichen Speicherdichte nun als letzte offene Frage des ultimativen Computers auch final geklärt. Es bleibt hier ein divergierender Faktor von *ca. 10^{21}* zwischen „Ist“ (heutige Speicherdichte auf handelsüblichen Festplatten von 10^{10} Bits) und „Maximum“ (von Lloyd berechnete absolute Tragfähigkeit der Raumzeit für Information von 10^{31} Bits pro Liter) - oder ausgesprochen 100 Milliarden Milliarden. Diese Differenz ist damit *tatsächlich alles*, was heutige Technologie von der maximal realisierbaren Technologie innerhalb der bekannten 4 Dimensionen trennt. Unsere heute vermeintlich hoch entwickelten magnetooptischen Festplatten mit hunderten von Gigabyte Speicherkapazität rücken damit ebenfalls in den Bereich der Mittelmäßigkeit. Es bleibt dem Tempo des Fortschritts überlassen, ob sich die Lücke zum Optimalwert nun schnell oder langsam schließen wird, fest steht nun jedenfalls exakt wo er liegt.

Die verbleibende Differenz 10^{21} bis zum Optimalwert klingt in jedem Falle nach einer recht abstrakten Zahl. Wie wir jedoch bei den Beispielen weiter oben zur menschlichen Fehleinschätzung von exponentiellem Wachstum gesehen haben, ergibt diese Divergenz auf

⁵⁵⁹ Lloyd, Seth (2000): „*Ultimate Laptop*“ / New York Times / 5. September, 2000
(Hervorhebung nicht im Original)

einem logarithmischen Graphen als temporale Funktion aufgetragen, bei aktuellem Wachstum eine recht überschaubare Zeitspanne. Grob überschlagen wird dieses absolute Maximum der heutigen Physik, bei konstantem Wachstum nach bisheriger Geschwindigkeit von Moores Law etwa bereits im Jahr 2040 seinen Klimax in einer sog. „Singularität“⁵⁶⁰ erreichen. Damit liegen die eben noch als reichlich utopisch betrachteten Maximalwerte plötzlich im Zeitrahmen der Lebensspanne vieler von uns – die Möglichkeit von KI jedoch, wird sich schon viel früher ergeben, wie oben bereits dargelegt.

⁵⁶⁰ Kurzweil, Ray (2005): „*The Singularity is near*“ / Penguin Books / New York

3.2 Quantenphysikalische Aspekte der KI

3.2.1 Die „Urteilchen“ und die Quantenchromodynamik

„Zeit, Raum, Ort und Bewegung als allen bekannt, erkläre ich nicht.“⁵⁶¹

Sir Isaac Newton

Wie wir nun oben detailliert berechnet gefunden haben, sind der Raum und die Zeit das wirkliche Maß für Überlegungen, die sich mit den Grenzbereichen der Naturwissenschaften beschäftigen. Diese beiden Konzepte sind derart fundamental, dass sie selbst kaum diskutiert und hinterfragt werden, wie auch das obige Zitat verdeutlicht.

Die Ergebnisse des ultimativen Laptops können uns einiges sagen, über den Zusammenhang, von künstlicher und natürlicher Intelligenz. Im dezimal - Exponenten der Performance des biologischen Gehirns steht eine 15 – Im Exponenten der maximalen Performance eines Liters substraterfüllter Raumzeit steht hingegen eine 50. Das ist eine beachtliche Divergenz.

Es wird nicht notwendig sein, Technologie weit über den Exponenten von 15 hinaus zu entwickeln, um ein menschliches Gehirn in sehr vielen seiner Leistungen technisch zu übertreffen. Die Performance der gesamten Spezies Mensch liegt nach aktuellen Berechnungen etwa bei einem Exponenten von 26 – sprich 6 Milliarden Gehirne leisten kollektiv eine Rechen-Performance von 10^{26} Operationen pro Sekunde.⁵⁶²

Dies ist immer noch um 24 Exponentialstufen geringer, als der theoretische 1 Liter „ultimativer Laptop“ zu leisten vermag. Man braucht also nicht einmal annähernd ein „schwarzes Loch“ erzeugen -oder an die Grenzen des technisch machbaren zu gehen - um ein Gehirn technisch in vielen Aspekten an Performance zu übertreffen.

Dass also eine technisch weit entwickelte KI das Pendant aller biologische Gehirne dieses Planeten um den Faktor 10^{24} übertreffen kann, *dies erst* stellt ein wirkliches technisches Problem dar. Zudem kann man bei einem solchen Szenario diskutieren, inwiefern dessen Realisation ein ethisches Problem darstellt, bzw. Politik zu Handlungen aufgefordert wird. *Alles* was davor möglich wird, gilt nach diesen Berechnungen als der ganz normale Fortgang technischer Entwicklung. Dr. Lloyds Zahlen werden bei derartigen Überlegungen in Ihrer Tragweite verständlicher. Die nächste wirklich relevante technische Hürde für die

⁵⁶¹ Newton, Isaac (1872): „*Mathematische Prinzipien der Naturlehre*“ / unveränderter fotomechanischer Nachdruck der Ausgabe von 1872, Darmstadt 1963, S. 29

⁵⁶² <http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0643.html>

Entwicklung von technischer Rechen-Performance, liegt so weit jenseits der Werte eines menschlichen Gehirns, dass an dessen Markierung auf den logarithmischen Graphen der Skalierung der Rechenleistung in die Zukunft, mit keinerlei Besonderheiten zu rechnen ist. Der Mensch ist somit ein vergleichsweise moderat performant ausgestatteter Informationsverarbeiter.

Darwins Evolutionstheorie⁵⁶³ wurde 1859 als die erste „Kränkung“ der menschlichen Gattung empfunden. Die Entdeckung der DNS 1953 durch Watson und Crick⁵⁶⁴ galt als die „zweite Kränkung“. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die „Überflügelung“⁵⁶⁵ des menschlichen Gehirns an Rechenleistung ca. 2015 - 2020 als eine „dritte Kränkung“ empfunden werden wird, zumal dieser Schritt offenbar zeitlich schon sehr bald und ohne ernste technische Hürden gelingen wird. Rein auf die Fähigkeit reduziert betrachtet, mathematische Operationen auszuführen, Schach zu spielen, etc., haben Computer den Menschen bereits seit geraumer Zeit „überflügelt“.

Es wird sich in der Folge der Überlegungen herausstellen, dass die wirklich spannenden Fragen sich vielmehr um den Punkt drehen, was geschieht, wenn KI den Menschen in noch weiteren Aspekten der Intelligenz, außer in der reinen Mathematik überflügelt.

Schließlich steht noch die Option offen, dass dann auch eine KI sukzessive ein Pendant zu *Bewusstsein* entwickelt, oder zumindest soweit alle denkbaren Aspekte menschlicher Intelligenz mittels reiner Rechenleistung so überzeugend simuliert, dass man mit keinem erdenklichen Test mehr nachweisen kann, dass die KI über *kein* Bewusstsein verfügt. Wir rechnen es performativ ja auch unseren Mitmenschen im Akt der Luhmannschen doppelten Kontingenz lediglich zu, ohne uns jemals empirisch dessen vergewissern zu können. Eine *technische Simulation* eines Bewusstseins wäre de facto nicht zu unterscheiden von einem *realen natürlichen* Bewusstsein, wenn sie dessen natürliche Bedingungen identisch technisch nachbildet. Die Quantenphysik ist nach allem Wissen der Weg genau dies zu erreichen.

Hier wird sich auch das Selbstverständnis von Politik an neue Umstände anpassen müssen.

Wer soll als Meinungsträger auftreten dürfen, wer als Wähler und wer als Repräsentant ?

Sollte KI – vor allem wenn sie Menschen in vielen Belangen überlegen sein wird - von diesen Funktionen ausgenommen bleiben – oder evtl. in politische Entscheidungen integriert

⁵⁶³ Darwin, Charles (2006): „*Gesammelte Werke*“ / Nach Übers. aus dem Engl. von: J. Victor Carus / Zweitausendeins / Frankfurt am Main

⁵⁶⁴ Watson, James D. (1980): „*The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*“ / Atheneum

⁵⁶⁵ vgl. Kurzweil, Ray (2005): „*The Singularity is near*“ / Penguin Books / New York

werden? Sollen *Simulationen* von komplexem Verhalten von Millionen Individuen zu politischen Entscheidungsfindungen als Unterstützung zulässig sein?

Welchen rechtlichen Status gewährt man einer KI? – wie ist sie sozial zu behandeln, wenn sie ein „technisch simuliertes Bewusstsein“ tragen wird, dass man als Gesprächspartner nicht mehr von einem „natürlichen Bewusstsein“ unterscheiden kann?

Um aber das Phänomen Bewusstsein von seiner Grundlage her zu verstehen, ist es unabdingbar, diese Grundlage zunächst wirklich nuanciert zu beleuchten. Das biologische Substrat – die durchschnittlich 1,4 Kg⁵⁶⁶ neuronale Masse – ist trotz all seiner Komplexität zunächst eines: *Materie aus Elementarteilchen und Quanten*.

Nicht zuletzt wegen dieser verbreiteten und prinzipiell richtigen Haltung: „Auch das Gehirn besteht lediglich aus gewöhnlicher Materie“, resultieren all jene kritisch zu reflektierenden Reduktionismen, wie wir sie hier in dieser Arbeit in Frage stellen. Es ist ein feiner - aber enorm wichtiger Unterschied – ob man unter „gewöhnlicher Materie“ eine Assoziation hat von „Kolben, Zahnrädern und Hebeln“, bzw. Neuronen, Elektronen und Axonen – oder von Quantenmechanik, Quantenverschränkung, Quantendekohärenz⁵⁶⁷, etc. Materie ist wesentlich vielseitiger als man gemeinhin unterstellt.

Wenn uns an einer normativen Bewertung von KI in politischen Kontexten gelegen ist, dann führt kein Weg daran vorbei, sich mit den fundamentalen Grundlagen von natürlichem Bewusstsein zu beschäftigen. Anders wird keine faire Handhabung mit der Thematik KI möglich werden, sondern lediglich die Reproduktion von schon in fertige Fragen und Antworten implizierten Vorurteilen. Wissenschaft ist jedoch ein offener Prozess.

Wir werden daher hier beginnen, eben diese materielle Grundlage von natürlicher Intelligenz näher anzusehen. Diese Vorgehensweise stellt dabei in keiner Weise einen materialistischen, reduktionistischen oder konstruktivistischen Ansatz dar. Es soll zunächst ausschließlich darum gehen, Materie als gegebenes Faktum im Kanon der Argumente zur Klärung des Phänomens Bewusstsein zu betrachten. Hier gilt es zunächst zu unterstreichen, dass keine Beschreibung von Bewusstsein *vollständig* ist – und implizit auch keine Diskussion der KI vollständig ist - ohne die Details vom Aufbau der Materie und somit auch notwendigerweise die Quantenphysik detailliert zu besprechen:

Es gibt, was heute den Aufbau der Materie betrifft inzwischen weniger offene Fragen als bereits beantwortete. Man darf heute mit Fug und Recht behaupten, dass der Aufbau der

⁵⁶⁶ vgl. Roth, Gerhard, (2003): „*Aus Sicht des Gehirns*“ / Suhrkamp / Frankfurt

⁵⁶⁷ vgl. Wheeler, John Archibald & Tegmark, Max (01/ 2003) „*100 Jahre Quantentheorie*“ / Spektrum der Wissenschaft Dossier: „*Vom Quant zum Kosmos*“

Materie bis in Details erforscht ist, die kaum noch Fragen offen lassen. Dennoch sind die Details in ihrer Tiefe nur wenig gesellschaftlich bekannt. Es herrscht soziologisch betrachtet zu wenig öffentliches Interesse an der Thematik. Dies erklärt sich meist, aus den recht abstrakten und mathematischen Zusammenhängen, die notwendig sind, um die Details zu erklären. Es wäre einer demokratischen KI - Diskussion jedoch ungeheuer zuträglich, wenn dieses Wissen sich breiteren Anteilen der Bevölkerung erschließen würde. Um das Thema hier leicht nachvollziehbar zu behandeln, gehen wir systematisch vor.



Die unterirdisch installierten Teilchenbeschleuniger des Cern in der Schweiz – hier farbig markiert - durchmessen mehrere Kilometer. Teilchen lassen sich bei 99% der Lichtgeschwindigkeit c nur mit Supraleitern überhaupt auf so engen Radien im Kreis bewegen. Das neueste Großprojekt LHC – Large Hadron Collider, soll helfen zu klären,

warum Materie ursächlich eine Masse besitzt – man jagt das sog. „Higgs-Boson“⁵⁶⁸.

Wie seit den Zeiten von Niels Bohr und Ernest Rutherford⁵⁶⁹ bekannt ist, haben Atome eine innere Struktur. In der Folgezeit hat man viel Zeit und Energie darauf verwendet, diese Innere Struktur zu erforschen. Die Experimente wurden aufwändiger und die Messergebnisse präziser. „Schoss“ Rutherford noch mit Elektronen auf Goldfolie, so schießt man heute in großen Teilchenbeschleunigern⁵⁷⁰ Nukleonen (Kernteilchen) mit Giga bzw. Tera-

⁵⁶⁸ <http://public.web.cern.ch/Public/Content/Chapters/Spotlight/SpotlightOlympics-en.html>

⁵⁶⁹ <http://nobelprize.org/chemistry/laureates/1908/rutherford-bio.html>

⁵⁷⁰ Schmidt-Rohr, Ulrich (2001): „Die deutschen Teilchenbeschleuniger: Von den 30er Jahren bis zum Ende des Jahrhunderts“ / Max Planck Inst. Für Kernphysik

Elektronenvolt (TeV)⁵⁷¹ Energie bei ca. 99% der Lichtgeschwindigkeit aufeinander. Diese Energie wird nur dadurch verfügbar, dass man die meist mehrere Kilometer durchmessenden Beschleunigerringe in der Nähe von leistungsfähigen Kernkraftwerken platziert. Nicht selten verbraucht so ein Zyklotron oder Synchrotron, wie etwa DESY⁵⁷², bei einem einzelnen Experiment in wenigen Minuten, so viel Energie wie eine Großstadt an einem ganzen Tag. Der weltgrößte im Bau befindliche Beschleunigerring wird in 2007 in der Schweiz in Betrieb gehen. Der LHC (Large Hadron Collider) des CERN wird 27 Kilometer durchmessen, seine Spitzen Energie wird 14 Tera Elektronen Volt betragen, über 800 Millionen Partikelkollisionen pro Sekunde wird er ausführen können und er wird ein Datenvolumen produzieren, dass höher ist als das des heutigen gesamten europäischen⁵⁷³ Telekommunikationsnetzwerkes.

„Die Dimensionen des LHC des CERN lassen sich nur noch unterirdisch installieren. Die anfallenden Datenmengen bei Bestimmung der Eigenschaften des hypothetischen „Higgs Bosons“ werden zu Ihrer Verarbeitung ca. 20 Petaflop Rechenperformance benötigen. Dies stellt in etwa die Schwelle zur Performance einer KI dar. Es ist ein GRID Netzwerk dazu geplant. Man erwartet Ergebnisse, die den „Blick auf das Universum verändern“ sollen.“⁵⁷⁴

Die Ergebnisse der Experimente bis heute, haben unser Verständnis über die Struktur der Materie bereits an den Rand dessen geführt, was man experimentell überhaupt erforschen kann. Oft wird daher diskutiert, ob der finanzielle Aufwand durch den stetig geringeren Zuwachs an Wissen noch gerechtfertigt werden kann. Bislang haben derlei kritische Stimmen jedoch den Bau und die Planung von weiteren Anlagen nicht verhindert, sondern dahingehend beeinflusst, dass man inzwischen international an finanziell aufwändigen Projekten zusammen arbeitet. Am CERN etwa arbeiten 3000 Angestellte, ca. 6500 Wissenschaftler aus 500 Universitäten aus 80 Nationen. Dies repräsentiert etwa die Hälfte aller heute aktuell weltweit⁵⁷⁵ arbeitenden Teilchenphysiker. Diese Zahlen verdeutlichen die Intensität der Bemühungen genauso wie deren international anerkannte hohe Bedeutung für die Wissenschaft.

⁵⁷¹ <http://public.web.cern.ch/Public/Content/Chapters/AboutCERN/CERNFuture/WhatLHC/WhatLHC-en.html>

⁵⁷² <http://www.desy.de/html/home/index.html>

⁵⁷³ <http://public.web.cern.ch/Public/Content/Chapters/AboutCERN/CERNFuture/LHCExperiments/LHCExperiments-en.html>

⁵⁷⁴ <http://public.web.cern.ch/Public/Content/Chapters/Spotlight/SpotlightOlympics-en.html>

⁵⁷⁵ <http://public.web.cern.ch/Public/Content/Chapters/AboutCERN/WhoWorksThere/WhoWorks-en.html>

Noch zu gering ist im Verhältnis dazu leider, die öffentliche Wahrnehmung dieser enormen internationalen Bemühungen. Es wäre jedoch gut möglich, dass sich das notwendige öffentliche Interesse generieren ließe, wenn man die dadurch möglichen Fortschritte in der KI medial wirksam instrumentalisiert, sei es für ein gesteigertes Interesse an spezifischen Bildungsangeboten. Um die Materie bis in ihre letzten Details zu erforschen, wären nach den heutigen Berechnungen allerdings Anlagen notwendig, die auch international – nach heutiger Lage der Haushalte - nicht mehr finanzierbar wären, daher weicht man zunehmend auf die Simulation in Supercomputern aus. Gordy Kane, macht seinen Standpunkt zur Relation von Simulation und Experiment sehr deutlich:

"The main idea is if you can't do it for the simulated case, it's even less likely you can do it for the real case, it makes people learn to think differently and approach the problem the way it will have to be approached."⁵⁷⁶

Was ist bis heute nun in realen Experimenten über die Details des Aufbaus der Materie herausgefunden worden? Eine der fundamentalsten Errungenschaft der Teilchenphysik, ist die Entdeckung, dass es eigentlich keinerlei „Teilchen“ gibt. Man ist stets nur auf Energiefelder und Vakuum gestoßen, bei allen Experimenten, die bis heute getätigt wurden.

Sehr schnell stellte sich heraus, dass Atome stets aus drei Nukleonen bestehen und zu 99% leer sind. Protonen und Neutronen bilden dabei zu meist gleichen Anteilen den Kern des Atoms, der wiederum von nahezu gleicher Anzahl⁵⁷⁷ von Elektronen auf gewissen messbaren energetischen Niveaus oder Bahnen den Kern umgeben. Die Details des „sprunghaften Verhaltens“ der Elektronen auf diesen Bahnen, regten übrigens seinerzeit die Redewendung an, dass Energie stets in gewissen unteilbaren Paketen oder Quantelungen auftritt. Dies war die Geburtsstunde der Quantenphysik. Die kleinste Menge Energie – ein Quant gilt seither als unteilbar – und ist als Planksches Wirkungsquantum⁵⁷⁸ bekannt.

Relativ überraschend war dann die Erkenntnis, dass auch die Nukleonen zu 99% leer sind,

⁵⁷⁶ Gordy Kane, LHC Olympics Komitee Mitglied, Physiker an der Michigan University und Mitarbeiter des CERN - online unter:

<http://public.web.cern.ch/Public/Content/Chapters/Spotlight/SpotlightOlympics-en.html>

⁵⁷⁷ Bei Abweichungen der Zahl der Neutronen von derer der Protonen, spricht man von *Isotopen*. Wasserstoff mit zwei Neutronen etwa ist als Deuterium bekannt. Bei Abweichungen der Zahl der Elektronen spricht man von *Ionen*. Viele Prozesse im menschlichen Körper oder in elektrischen Geräten basieren auf der Ionisierung von Elementen. Überschüssige oder unterzählige Elektronen in der Atomhuelle resultieren in einer Kraft, die das Ladungsgefälle auszugleichen sucht. Diese Kraft wird von Enzymen zur Proteinbiosynthese genauso genutzt, wie von Akkumulatoren in einem Laptop zur Versorgung des Gerätes mit Energie.

⁵⁷⁸ Vgl. Planck, Max (1958): „*Das Weltbild der neuen Physik*“ / J. A. Barth / Leipzig oder online: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wirkungsquantum>

und ihrerseits wiederum eine innere Struktur besitzen. Dies wurde klar ersichtlich, als man sich die Trümmer der Kollisionen von Protonen in sog. Spurenbildern näher ansah.



Ein Bild einer sog. Spurenkammer als Beispiel einer typischen Aufnahme eines Teilchenbeschleunigers. Der LHC des CERN soll vor allem das sog. „Higgs Boson“ ausfindig machen. Es hat hohe Bedeutung für die Konstitution der Masse aller Teilchen des Universums. Seine Entdeckung wird vornehmlich als Grund für die Tötigung von Milliarden Investitionen angeführt.

579

Die Entdeckung der Nukleonen vereinfachte das Bild der Materie zunächst. Von Wasserstoff bis zum letzten stabilen natürlich vorkommenden Element Uran⁵⁸⁰ mit der Ordnungszahl 92 im Periodensystem der Elemente, war eine Fülle von Stoffen und deren zahlreiche Verbindungen bekannt. All diese Elemente samt all ihren unzähligen Verbindungen ließen sich nun auf lediglich „drei“ elementare Bausteine des gesamten Universums zurückführen. Die Entdeckung der Quarks - derer es „sechs“ gibt, machte diese Simplizität nun erneut wieder ein wenig komplexer.

In Protonen wie auch in Neutronen befinden sich jeweils drei Quarks. Allerdings kommen diese niemals frei in der Natur vor. Die Kräfte die sie zusammenhalten, sind so stark, dass man sie nur für Bruchteile von Sekunden nach Kollisionen beobachten kann. Dass ihre Zahl nun genau sechs beträgt, hat rein mathematische Gründe. Die Quarks sind die eigentlichen Träger der elektromagnetischen Ladungen. Damit ein Atom elektrisch neutral sein kann, müssen sich alle Ladungen gegenseitig aufheben können. Liegt dies nicht vor, ist das Atom ionisiert. Da Elektronen stets ganzzahlige Ladung tragen und keine Substruktur aus Quarks besitzen, Protonen aber hingegen aus drei Komponenten bestehen, muss die ganzzahlige Ladung des Protons aus den Einzelladungen der drei Quarks resultieren.

Es war zu seiner Zeit eine enorme Herausforderung, dieser zwar einfachen aber dennoch recht abstrakten Regel der Teilchenphysik mathematische Ursachen nachzuweisen. Die einzig logische Variante, die bereits im Modell mathematisch vorlag bevor sie schließlich experimentell verifiziert wurde, war eine Lösung durch sog. „Drittelladungen“⁵⁸¹.

Elektrische Ladungen von Elementarteilchen wurden nahezu selbstverständlich stets als

⁵⁷⁹ <http://kworkquark.net/nachrichten/grid/wissensdurst2.html>

⁵⁸⁰ <http://www.uniterria.de/rutherford/ele092.htm>

⁵⁸¹ <http://www.wissenschaft-online.de/abo/ticker/342616>

„ganzzahlig“ interpretiert. Erst die nähere Untersuchung der Quarks deckte auf, dass diese Annahme falsch war. Ladungen können auch als Bruchteile von Ganzen auftreten – im Fall der Quarks eben genau als „Drittel einer ganzen Ladung“. Erst in ihrem „Dreiklang“ der Ladungen resultiert äußerlich der Anschein einer einzelnen homogenen ganzzahligen Ladung. Die genaue Verteilung der Ladungen auf die einzelnen Quarks wird in der folgenden Tabelle dargestellt:

Die Urteilchen (komplett)

| | | |
|--|------|---------------------------------|
| Quarks: | | |
| u-Quark | +2/3 | etwa 5 MeV (ohne Gluonenwolke)* |
| d-Quark | -1/3 | etwa 7 MeV (ohne Gluonenwolke)* |
| c-Quark | +2/3 | etwa 1500 MeV |
| s-Quark | -1/3 | etwa 400 MeV |
| t-Quark | +2/3 | etwa 175 GeV |
| b-Quark | -1/3 | etwa 5 GeV |
| Leptonen: | | |
| Elektron | -1 | 0,510999 |
| Neutrino-e | 0 | kleiner als 7 eV |
| Myon | -1 | 105,6584 MeV |
| Neutrino-My | 0 | kleiner als 270 keV |
| Tau | -1 | 1771.1 MeV |
| Neutrino-Tau | 0 | kleiner als 24 MeV |
| * Wenn man die Gluonen berücksichtigt, die um jedes Quark schwirren, ergeben sich Massen von etwa 200 bis 300 MeV. | | |

582

Diese Ladungen, die fortan auch als „Flavours“ oder „Farben“ bezeichnet wurden, führten zur Entwicklung der bislang erfolgreichsten wissenschaftlichen Theorie überhaupt, wie sie oft gewertet wird: Die sog. „*QCD bzw. Quantenchromodynamik*⁵⁸³“.

Sie verbindet nicht nur *alle* Arten der im Universum vorkommenden Elementarteilchen miteinander, sondern sie erklärt darüber hinaus alle möglichen Zustände von Ladungen aller dieser Teilchen. Seither ist die QCD somit ein *Grundpfeiler* der Naturwissenschaft und alle Experimente bis heute haben Ihre Gültigkeit stets erneut nachgewiesen. Leider ist diese Theorie trotz ihrer hohen Bedeutung öffentlich kaum bekannt. Auch wenn die QCD wenig anschaulich ist, sollte man sie kennen wenn man sich über die Struktur der Materie Gedanken machen möchte, denn auf ihr basiert jede weitere Überlegung, die wir noch anstellen werden

⁵⁸² Waloschek, Pedro (1996): „*Teilchenzoo*“ / Rohwohlt / Reinbek - oder: www.waloschek.de/pedro/tis/zoofol99.pdf

⁵⁸³ Krämer, Michael / (18. Juli 1995) / „*QCD-Strahlungskorrekturen zur Photoproduktion von J/ψ -Teilchen*“ / Shaker Verlag – siehe auch online: <http://de.wikipedia.org/wiki/Quantenchromodynamik>

– wenn es um Fragen des Zusammenhangs von Quantenphysik und Bewusstsein geht. Laut QCD besteht der Kosmos aus „zwölf“ Urteilchen mit jeweils „sechs“ Quarks und „sechs“ Leptonen. Die Unterteilung erfolgt schematisch nach deren Ladungszahl. Der Kosmos ist auf dieser elementaren Ebene extrem „symmetrisch“⁵⁸⁴ sagen die Physiker, denn die mathematische Ordnung von Teilchen in gleich große „Familien“ wird allgemein nicht als Zufall angesehen, sondern als Ausdruck dafür, dass der Kosmos „durchdringend“ von mathematischen Prinzipien dominiert wird.

Hans Martin Schönherr Mann bringt dies mit Verweis auf Platon auf den Punkt, der bereits in seiner *Politeia*⁵⁸⁵ ohne Kenntnisse der QCD genau dies ausdrückte:

„Die Natur ist in mathematischer Sprache geschrieben. (...) Die reale Welt wird nicht nur von absoluten Ideen, wie denen der Gerechtigkeit, der Wahrheit, des Guten und des Schönen geordnet und erfahrbar gemacht. Ihre Formen spiegeln sich vielmehr in den mathematischen Ideen und geometrischen Konstruktionen.“⁵⁸⁶

Unter diesem Blick, eröffnet sich für die oben diskutierte verbleibende Divergenz zwischen KI und natürlicher Intelligenz (NI) erneut jene Option der gemeinsamen Basis – nicht nur in der Physik sondern ebenso fundamental in der Mathematik. Die Mathematik gibt durch ihre Prinzipien der Symmetrie und der Orientierung an numerischen Verhältnissen quasi einen „Korridor der gangbaren Wege“ vor. KI und NI (Natürliche Intelligenz) teilen sich einen Kosmos, eine Physik und eine Mathematik – zumindest für NI ist erwiesen, dass es vom Urknall bis heute einen „gangbaren Weg“ der Entfaltung der Komplexität hin zur Intelligenz „gibt“.

Wir wollen fortfahren aufzuzeigen, dass der Weg für KI nach aller Wahrscheinlichkeit durch den exakt „gleichen Korridor“ führen wird – wenn auch mit leicht differenten Substraten. Die oben stehende Liste, auch als das „Standardmodell“⁵⁸⁷ der Teilchenphysik bekannt, zeigt die beiden Teilchen „Familien“ Quarks und Leptonen mit ihren zugehörigen Ladungen, sowie den Energieniveaus, auf denen sie lokalisierbar sind. Da diese Teilchen inhärent eine gewisse Unschärfe der Werte mit sich bringen, kam die Vermutung auf, dass eine Regel oder eine

⁵⁸⁴ Vgl. Binétruy, Pierre (2006): „*Supersymmetry. Theory, Experiment, and Cosmology*“ / Oxford University Press

⁵⁸⁵ Platon, *Politeia*, Werke Bd. 3, Hamburg 1959, 221f; Timaios, Werke Bd. 5, Hamburg 1959, 169f.

⁵⁸⁶ Schönherr-Mann, Hans-Martin (1994): „*Leviathans Labyrinth / Politische Philosophie der modernen Technik*“ / Fink Verlag / S. 32-33

⁵⁸⁷ <http://public.web.cern.ch/Public/Content/Chapters/AboutCERN/WhyStudyPrtcles/StandardModel/StandardModel-en.html>

Kraft darin impliziert sein muss, die genau diese Energieniveaus zuweist. Warum hat ein Up Quark ca. 5 Mega Elektronenvolt und ein Down Quark aber 7 MeV? Diese Frage gehört zu den letzten Fragen zum Aufbau der Materie, die noch offen bleiben, und es wird international allgemein erwartet, dass das Higgs Boson, das vom LHC des CERN erforscht werden soll, diese Frage beantworten wird.

Es ließe sich hier die Metaphorik eröffnen, dass die technisch bislang komplexesten Apparaturen der Menschheitsgeschichte allein gebaut werden, um die tiefsten aller Fragen zu beantworten – „Woher kommen wir?“ – etc. - wird KI bei der Antwort darauf beteiligt sein? Wenn die Budgets der Nationen nur weitere Simulationen zulassen, die sich in ihrer mathematischen Komplexität keiner NI mehr transparent erschließen können, ist die Wahrscheinlichkeit einer Auswertung der Ergebnisse durch eine KI die zu erwartende logische Folge.

Wäre alternativ noch denkbar, durch forcierte Bildungsoffensiven in diesem Sektor, den Menschen noch vor der KI die elementaren Prozesse der Entstehung von Materie verstehen zu lassen – oder ist dies mit guten Gründen offenbar eine Aufgabe wie für die „*Maschinen geschaffen*“?

3.2.2 Dimensionalität und Fluktuationen der Raumzeit

*„Wenn ein Wissenschaftler etwas als möglich darstellt, liegt er fast sicher richtig.
Wenn er etwas als unmöglich hinstellt, liegt er sehr wahrscheinlich falsch.
Die einzige Möglichkeit, die Grenzen des Möglichen zu erkunden, liegt darin, sich dicht an
ihnen vorbei ins Unmögliche zu wagen.
Jede einigermaßen moderne Technik ist von Magie nicht zu unterscheiden.“*

Arthur C. Clarke

Nachdem heute experimentell bestätigt ist, dass Materie in Form fester Partikel nicht in der Realität nachweisbar ist, ist die Wissenschaft auf der neuerlichen Suche nach einem anschaulichen neuen Bild von der „wahren“ Beschaffenheit des Inneren der Materie. Popper etwa argumentiert, der Materialismus habe sich selbst überwunden:

„Durch diese theoretische Erklärung der Materie und deren Eigenschaften wurde die moderne Physik über das ursprüngliche Programm des Materialismus weit hinaus geführt. Tatsächlich war es die Physik selbst, die auf diese Weise die weitaus wichtigsten Argumente gegen den klassischen Materialismus lieferte.“⁵⁸⁸

Es sollte ursprünglich einmal eine Erklärung dazu gefunden werden, warum Materie die Eigenschaft der Undurchdringlichkeit und der scheinbaren Solidität ihrer Struktur aufweist. Die Physik hat jedoch beim Versuch dieser Erklärung das Gegenteil bewirkt. Der Begriff der Materie hat sich beinahe aufgelöst, und es wird zunehmend schwerer, noch belastbare und unerschütterliche Aussagen über die Materie zu treffen. Was man sicher sagen kann, ist dass der Begriff einer permanenten Transformation unterworfen ist. Quarks, Leptonen und Quanten gelten heute als anerkannt und experimentell bestätigt. Allerdings ist deren exakte Konstitution und Beschaffenheit Gegenstand anhaltender Diskussion. Die dazu bereits heute diskutierte Substruktur sind die sog. Superstrings⁵⁸⁹, bzw. hypothetische Raumzeitquanten⁵⁹⁰. Zur Klärung der Zahl „Sechs“ der Urteilchen, sowie zur Klärung deren Energieniveaus

⁵⁸⁸ Popper, Karl R. / Eccles, John C. (1982): *„Das Ich und sein Gehirn“* / Piper / München / S. 24

⁵⁸⁹ vgl. Greene, Brian (2000): *„Das Elegante Universum - Superstrings, verborgene Dimensionen und die Suche nach der Weltformel“* / Siedler / München

⁵⁹⁰ vgl. Smolin, Lee (2001): *„Three Roads to Quantum Gravity“* / New York

braucht es eine „Rahmenerklärung“. Diese Metatheorie, auch GUT⁵⁹¹ (Grand Unifying Theory) oder TOE⁵⁹² (Theory of Everything) genannt, würde die Herleitung der Energieniveaus quasi en passant leisten, wenn sie erklärt wie sich Teilchen überhaupt aus reiner Energie konstituieren. Der Princeton und Harvard Physiker Juan Maldacena drückt dies so aus:

„Eine solche Theorie wäre der Schlüssel zur Vereinigung aller Naturkräfte. Sie könnte erklären, was in einem schwarzen Loch vorgeht und was in den ersten Sekundenbruchteilen nach dem Urknall geschah.“⁵⁹³

Dass Materie in letzter Ebene aus reiner Energie bestehen muss, wissen wir bereits seit Einsteins $E=mc^2$ und wurde unzählig oft bestätigt. Wenn Energie und Materie prinzipiell äquivalent sind, dann muss es eine konsistente Erklärung geben, wie man Energie „zusammensetzt“ um Materie zu erhalten – und vice versa – Materie so lange in Ihre Bestandteile zerlegt, bis man reine Energie erhält.



Die Schnittstelle zwischen Materie und Energie ist nach der GUT (Grand Unifying Theory) eine Art Membran. Sie ist auf mikroskopischer Dimension im Vakuum geformt etwa wie die nebenstehende Illustration. Permanente Fluktuation und ein sog. „Brodeln“ vergleichbar mit schäumend kochendem Wasser kennzeichnen diese Membran – die daher auch „Quantenschaum“ genannt wird, und auf der „Planck-Ebene“ zu beobachten ist.

⁵⁹¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Grand_unification_theory

⁵⁹² vgl. Hawking, Stephen (2005): “*The Theory of Everything: The Origin and Fate of the Universe*” / Phoenix Books / – siehe dazu auch:

Penrose, R. (2004): “*The road to reality: A complete guide to the laws of the universe*” / London, Jonathan Cape.

⁵⁹³ Maldacena, Juan (2006): „*Das Holografische Universum*“ /Spektrum der Wissenschaft März 2006 / S. 38

Die Schnittstelle zwischen Energie und Materie ist das „Missing Link“ der Teilchenphysiker. Das Higgs Boson soll dabei eine zentrale Rolle spielen, indem es als reines Energiefeld mit spezifischen Eigenschaften dafür sorgt, dass Auskopplungen aus der „Membran“ der Raumzeitmatrix nur als diskrete Teilchen auftreten. Der Stringtheoretiker Brian Greene beschreibt das „Higgs-Feld“ sehr anschaulich:

„Die Masse repräsentiert den Widerstand, den ein Objekt Veränderungen seiner Bewegung entgegensetzt - Beschleunigungen - (...) Doch woher kommt dieser Widerstand gegen Beschleunigungen? Oder, physikalisch ausgedrückt, was verleiht einem Objekt seine Trägheit? (...) Mit dem Higgs-Feld hat die Forschung jetzt eine Antwort vorgeschlagen. Der Higgs-Ozean, in den wir alle gemäß der modernen Theorie eingetaucht sind, wechselwirkt mit Quarks und Elektronen: Er widersetzt sich der Beschleunigung wie Sirup den Bewegungen eines eingetauchten Tischtennisballs.“⁵⁹⁴

Energie und Materie wären nach diesem theoretischen Modell, lediglich zwei Modalitäten ein und desselben Phänomens – der Raumzeitmatrix selbst. Greene schlägt nun vor, auch das Higgs-Feld bzw. den Higgs-Ozean als Kraftfeld zu betrachten. Das Wort *Ozean* soll dabei illustrieren, dass die Ausdehnung dieses Feldes das gesamte Universum regelrecht mit seiner Präsenz „überlagert“. Damit wären *alle* Phänomene des Universums Kraftfelder der Raumzeitmatrix. Eine favorisierte Stufenfolge der Phänomene sieht wie folgt aus:

1. Materiefelder, 2. Kraftfelder der Energie und das Higgs Feld als „*dritte Art von Feld*“⁵⁹⁵.

Man kann diesem Vorschlag sicherlich auch einiges an Kritik entgegenbringen, schließlich war bereits der „Äther“⁵⁹⁶ ein Fehlschlag zur Erklärung der Trägheit der Masse, wie das bekannte Michelson Morley Experiment⁵⁹⁷ belegt hat und damit seinerzeit Einsteins Relativitätstheorie zum Durchbruch verhalf. Doch gerade weil seit Relativitätstheorie und Quantenmechanik – den beiden Eckpfeilern der modernen Physik – eine eklatante „Erklärungsnot“ herrscht, zur Herleitung von Masse und Trägheit, sowie zur Klärung der Herkunft der Materie überhaupt, ist der Begriff des *Feldes* in den letzten Jahrzehnten der Forschung zu zentraler Bedeutung gelangt. An der Spitze dieses Interesses, die Theorie der Felder zu einer finalen theoretischen Physik auszubauen, die auch möglichst viele - besser alle – offenen Fragen klärt, steht heute der experimentelle Beweis des Higgs Feldes. Worum

⁵⁹⁴ Greene, Brian (2004): „*Der Stoff aus dem der Kosmos ist – Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit*“ / Siedler Verlag / München / S. 299-300

⁵⁹⁵ s.o. S. 294

⁵⁹⁶ Davies, Paul (1995): „*Die Unsterblichkeit der Zeit*“ / Orion / New York / S.55 – siehe auch: http://de.wikipedia.org/wiki/Äther_%28Physik%29

⁵⁹⁷ Davies, Paul (1995): „*Die Unsterblichkeit der Zeit*“ / Orion / New York 1995 / S.54 – siehe auch: <http://de.wikipedia.org/wiki/Michelson-Morley-Versuch>

es sich dabei genau handelt, werden wir später im Kapitel über Superstrings noch näher erörtern.

Es birgt nun eine unleugbare Eleganz, alle Naturkräfte, alle Teilchen sowie die klassischen Vorstellungen von Energie, Materie und Raumzeit in einem einzigen konsistenten Modell des Universums beschreiben zu können. Allerdings kann nach den Erkenntnissen der modernen Physik eine solche „Vereinigung“ der bisherigen Modelle nur in „höheren“ Dimensionen gelingen – davon werden bis zu 11 als real existent vorgeschlagen⁵⁹⁸. Was soll man unter „höheren Dimensionen“ verstehen? Edwin Abbott⁵⁹⁹ hat dazu eine kurzweilige Geschichte geschrieben, in der Bewohner eines „Flächenlandes“ Abenteuer erleben, wenn plötzlich ein „Bleistift“ durch ihr „Universum“ fährt. Er ist nur als „Ring“ erkennbar, denn seine dritte Dimension ist im Flächenland etwas Unbekanntes weil sie völlig „unvorstellbar“ ist.... Behalten sie die Bewohner des „Flächenlandes“ mit ihrem „begrenzten Horizont“ während dieses Kapitels im Gedächtnis, wir werden diese Allegorie als mentale Stütze für komplexe multidimensionale Überlegungen verwenden.

Wir werden in Kürze ebenfalls sehen, inwieweit diese recht abstrakten Theorien der modernen Physik dazu geeignet sind, unser Verständnis von KI zu verbessern. Die Grundlage der Materie (Quanten) verhält sich nämlich ähnlich zum biologischen Gehirn (Neuronen) wie das Phänomen Bewusstsein zu dem Phänomen Intelligenz. Die Quantenphysik ist über dieses Integral der Begrifflichkeiten damit nicht nur relevant für Energie und Materie sondern auch für den Begriff des Bewusstseins. Wir werden fortan bei der Definition bleiben, dass eine Korrelation zwischen Intelligenz und Bewußtsein besteht – auch wenn dies lediglich eine hoch plausible These darstellt, die aber keine streng betrachtete Verifikation bieten kann. Um den Begriff *Dimension* für die Belange der Physik etwas anschaulicher zu machen, führen wir hier eine einfache Visualisierungsübung gemeinsam durch:

- 1.) Die Schnittstelle zweier eindimensionaler Linien im freien Raum ist ein nulldimensionaler Punkt. Die Linien haben nur eine Länge, jedoch keine Höhe oder Breite - der Punkt hat weder Länge noch jedwede Ausdehnung – er ist dimensionslos. Mathematisch gesprochen eine Singularität.

⁵⁹⁸ Die endgültige Zahl der Dimensionen des Universums ist noch immer Gegenstand aktueller Diskussionen. Nach der sog. „M – Theorie“ des gemeinhin als dem renommiertesten Vertreter der Superstring Community angesehenen Physikers Ed Witten, ist die elfte Dimension obligatorisch, um alle 5 String Theorien aus zehn Dimensionen in der 11. final zu vereinen. – siehe dazu: Smolin, Lee (2001): „*Three Roads to Quantum Gravity*“ / New York / - siehe auch: <http://de.wikipedia.org/wiki/M-Theorie>

⁵⁹⁹ Abbott, Edwin A. (1990): „*Flächenland*“ / Bad Salzdetfurth

- 2.) Die Schnittstelle zweier Flächen im freien Raum ist eine Linie. Man kann sich leicht bildlich vorstellen, wie zwei große Quadrate einander vertikal durchdringen, und so eine Linie als Schnittmenge bilden. Somit ist die Überlagerung zweier 2-dimensionaler Flächen eine 1-dimensionale Linie.
- 3.) Etwas schwieriger, aber beherrschbar ist die Schnittmenge zweier 3-dimensionaler Körper im freien Raum. Man stelle sich zwei Würfel vor, die einander überlagern. „Taucht“ ein Würfel in den anderen ein, so berührt er ihn zunächst in einem Punkt, dann aber in einer sich stetig vergrößernden Fläche. Die Schnittfläche der Oberflächen zweier dreidimensionaler Körper ist somit mathematisch konsistent eine zweidimensionale Fläche.
- 4.) Nun wird es wirklich abstrakt, denn wir können nur noch anhand unserer gewonnen Reihenentwicklung logisch folgern, dass mathematisch betrachtet, ein dreidimensionaler Körper selbst, die Überlagerung oder „Schnittfläche“ zweier vierdimensionaler Objekte sein muss. Neben Länge, Höhe und Breite ist seit Einstein die Zeit als die 4. Dimension bekannt. Ein räumlich ausgedehnter Körper wie der des Menschen, ist somit eine Überlagerungsfunktion zweier⁶⁰⁰ zeitlich ausgedehnter Körper. Etwa der Person „gerade eben noch“ – und der Person „jetzt“.
- 5.) Rein rechnerisch ist es nun leicht zu sagen, dass die „Schnittmenge“ zweier fünfdimensionaler Körper ein vierdimensionales Konstrukt sein muss. Seit Einstein ist die vierte Dimension die Zeit, sie wäre somit ein Phänomen, das seinen Ursprung in einer theoretischen fünften Dimension hat. Bildlich ist dies jedoch leider höchst unanschaulich und mathematisch sehr komplex, dennoch ist es aufschlussreich.

Dem menschlichen Gehirn ist es also aufgrund seiner biologischen Beschaffenheit *nicht* möglich, sich diesen mathematisch leicht zu folgernden Zusammenhang bildlich vorzustellen. Dies liegt an unseren evolutionären Erfahrungen und genetisch konditionierten Mustern der Interpretation des Raumes. Kant ging soweit zu sagen, Raum und Zeit seien a priori

⁶⁰⁰ Die Wahl von stets „Zwei“ Körpern die sich schneiden, ist mathematisch nicht zufällig. Es müssen stets wenigstens zwei „Dimensionen – Körper“ sich schneiden um eine Schnittmenge als Funktion „niederer“ Dimensionalität abbilden zu können. Die Schnittmenge eines Körpers mit sich selbst wäre lediglich seine identische Abbildung. Indes dürfen auch drei, vier oder mehr Körper an der Schnittmenge beteiligt sein, denn die Funktion ist nicht in Abhängigkeit gestellt von der Zahl der Partizipanten. Anhand der Möglichkeit jedoch, eine Schnittmenge von theoretisch beliebig vielen Körpern der *Zeitdimension* zu erhalten, erfahren wir bereits, dass eine diskretionäre Sicht der Dimension Zeit mathematisch näher liegt als eine unitäre kontinuierliche Dimension. Besteht Zeit evtl. sogar aus Quanten? – eine mögliche Antwort folgt im Kapitel über die sog. „*Loop Quantengravitation*“.

Anschauungsformen⁶⁰¹ menschlicher Erkenntnis. Getreu dem Grundsatz des methodischen Zweifels, ist die moderne Physik heute daran, diese Zusammenhänge neu zu hinterfragen. Das durchgängige Muster dieser Reihenentwicklung ist leicht zu erkennen – ein resultierendes Objekt ist dimensional immer eine Dimension „ärmer“ als die beiden Konstituenten der Überlagerungsfunktion. Das Prinzip der Dimensionalität ist mit dem Konzept einer „Matrioschka Puppe“ vergleichbar – des „Pudels Kern“ liegt stets dezent verborgen vor dem menschlichen Auge - er öffnet sich nur vor dem Auge der Mathematik.

Ist die Sprache der Natur tatsächlich „in mathematischer Schrift geschrieben“, wie schon Platon wähnte? Oder ist dies bloß ein pythagoreischer Mythos bzw. Zahlenmystik?

Mythos und Mystik können wir ganz klar nicht als Argumente werten, aber die Belege dafür, dass die Mathematik vermittelt durch die Physik tief bis an die Fundamente der erfahrbaren Realität heran tragen – wahrscheinlich diese erschöpfend zu beschreiben vermögen – häufen sich drastisch, insbesondere seit der intensiven Nutzung der naturwissenschaftlichen Experimente. Wenn dem so ist, wäre die nächste Frage dann etwa, ob der Mensch überhaupt fähig ist diese mathematische Schrift der Natur selbst detailgenau zu lesen – oder benötigt er dazu „notwendigerweise“ die Technik als *Prothetik* seines Körpers?

Juan Maldacena ist als Physiker sehr daran interessiert, die dimensionale Iteration mathematisch in einem einzigen Modell schlüssig zu beschreiben. Dabei tauchen erneut Fragen auf, die scheinbar keinerlei „In-Frage-Stellung“ mehr bedürfen:

„Der Raum der Erfahrung hat drei Dimensionen: oben/unten, links/rechts, vorne/hinten. Zusammen mit der Zeit bilden sie die vierdimensionale Raumzeit. Also leben wir in einem Universum mit insgesamt vier Dimensionen -oder etwa nicht?“⁶⁰²

Computer haben heute bereits bis zu 11 Dimensionen in ihren Wechselwirkungen nachberechnet. Die Anzahl der Dimensionen, die real existieren schwankt jedoch von Theorie zu Theorie zwischen 9 über 10 bis zu besagten 11 Dimensionen.

Die oben dargestellte Iteration der dimensional Schnittmengen Funktion wurde sehr häufig

⁶⁰¹ Kant, Immanuel (1956): Werke in sechs Bänden, Bd. II, „*Kritik der reinen Vernunft*“, Wiesbaden, Insel Verlag, S. 71-83.

⁶⁰² Maldacena, Juan (2006): „*Das Holografische Universum*“ / Spektrum der Wissenschaft März 2006 / S. 28 (Juan Maldacena ist Professor für Naturwissenschaft in Princeton, nachdem er zuvor in Harvard Physik gelehrt hat. Gegenwärtig untersucht er verschiedene Aspekte der Theorie des „Holografischen Universums“. Er gilt aktuell als einer der führenden Theoretiker des multidimensionalen Kosmos und wird später noch sowohl von Kollegen als auch von dieser Dissertation mehrfach zitiert werden.)

und unabhängig voneinander als konsistent bewiesen⁶⁰³. Es wird heute nach vielen Jahren intensiver Forschung mehrheitlich davon ausgegangen, dass das Universum jedenfalls aus mehr als lediglich den vier „geistig vorstellbaren“ Dimensionen aufgebaut ist. Wir werden dies später noch ausführen, wenn wir „Superstringtheorie“ und „Loop Quantum Theorie“ als die derzeitig aussichtsreichsten Anwärter auf die TOE (Theory of Everything) gegenüberstellen. Allgemein spricht man bei Betrachtungen von Objekten verschiedener Dimensionalität von sog. „Mannigfaltigkeiten“.

Wir halten fest:

1. Zwei eindimensionale Mannigfaltigkeiten schneiden sich nulldimensional => Punkt
2. Zwei zweidimensionale Mannigfaltigkeiten schneiden sich eindimensional => Linie
3. Zwei dreidimensionale Mannigfaltigkeiten schneiden sich zweidimensional => Fläche
4. Zwei vierdimensionale Mannigfaltigkeiten schneiden sich dreidimensional => Körper
5. Zwei fünfdimensionale Mannigfaltigkeiten schneiden sich vierdimensional => Zeit

Letzteren Zusammenhang hat erstmals der damals unbekannte Mathematiker Theodor Kaluza 1919⁶⁰⁴ nachgewiesen, und ging damit in die Geschichte der Physik ein als der Entdecker der *5. Dimension*. Kaluza schrieb damals einen Brief an Einstein:

„In seiner Hypothese forderte Kaluza Einstein und den Rest der physikalischen Gemeinschaft auf, nicht von drei räumlichen Dimensionen auszugehen, sondern von vier, so dass sich zusammen mit der Zeit insgesamt *fünf* Raumzeitdimensionen ergaben.“⁶⁰⁵

Auch wenn diese Visualisierung uns nur anschaulich vor „unserem geistigen“ Auge gelingt, bis zur 3. oder maximal 4. Dimension, ist es doch sehr leicht nachvollziehbar, dass mit dieser „Begrenzung“ eher unsere neurologische Konstitution korreliert ist, als die Begrenzung der Natur selbst. Die Erdkugel ist auch nicht „zu Ende“ wenn am Horizont der Himmel den Boden scheinbar berührt, auch wenn es rein augenscheinlich zunächst plausibel „aussieht“. Fast ausnahmslos alle Laien und auch viele Wissenschaftler machen bei diesen

⁶⁰³ vgl. Jammer, Max (1980): „*Das Problem des Raumes. Die Entwicklung der Raumtheorien*“ / Darmstadt

⁶⁰⁴ Wesson, Paul S. (1999): „*Space-Time-Matter: Modern Kaluza-Klein Theory*“ / World Scientific

⁶⁰⁵ Greene, Brian (2004): „*Der Stoff aus dem der Kosmos ist – Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit*“ / Siedler Verlag / München / S. 405 (Hervorhebung nicht im Original)

multidimensionalen Betrachtungen daher auch einen – jetzt - leicht verständlichen „Denkfehler“:

„When we imagine we are seeing into an infinite threedimensional space, we are falling for a fallacy in which we substitute what we actually see for an intellectual construct. This is not only a mystical vision, *it is wrong*. (...) What is mystical, is the picture of the world as existing in an eternal three dimensional space, extending in all directions as far as the mind can imagine.“⁶⁰⁶

Exakt hier, hört der Begriff der Dimensionalität für ca. 99% der „gebildeten Wissenschaftler“ auf, ein ernsthaft diskutierbares Thema zu sein. Es scheint geradezu so, als ob eine „unsichtbare Wand“ die Erkenntnisfähigkeit des Menschen auf 4 Dimensionen limitiert, und jeder Blick darüber hinaus sei „unscharf“ oder unmöglich. Allerdings gelingt dieser „Blick“ heute sehr wohl, mit den Werkzeugen der Mathematik und dem Computer.

Um zu unterstreichen, was Lee Smolin in obigem Zitat rhetorisch gewandt ausdrückt, kann man hier folgendes ergänzen: Es wird allgemein als geradezu fundamentale Selbstverständlichkeit aufgefasst, dass wir uns in einem Universum befinden, dass eine Art „Hohlkugel“ darstellt. Der Blick hinaus in den nächtlichen Sternenhimmel „suggestiert“ eine räumliche „kugelartige“ Struktur des Kosmos auf solch eindringliche Art, dass jegliches abweichende Modell uns erscheint, als „müsse“ es zwingend falsch sein – man „sieht“ ja schließlich mit bloßem Auge, was vermeintlich „die Form des Raumes“ ist:

- Da gibt es Galaxien, Sterne und Planeten, diese bewegen sich in einem „sicherlich“ dreidimensionalen Raum, meist kreisförmig oder ellipsoid umeinander.
- Es gab einen Urknall, und seitdem streben alle Himmelskörper in alle drei Raumdimensionen voneinander fort. Das Universum „dehnt“ sich dreidimensional aus.
- Dieser Raum der „augenscheinlichen“ Erfahrung ist von der „Mitte“ der hypothetischen Kugel bis zu seinem „Rand“ von der Form her „kugelförmig“.

Diese Sichtweisen sind jedem vertraut, und augenscheinlich evident und scheinbar nicht diskussions - notwendig. Diese Zusammenhänge werden von nahezu allen Bildungsschichten akzeptiert, in Schulen, Universitäten und auch in der Diskussion von Fachleuten.

Dennoch ist es ein *Mythos* was wir meinen zu erkennen. Smolin sagt: „ *we are falling for a*

⁶⁰⁶ Smolin, Lee (2001): „*Three Roads to Quantum Gravity*“ / New York / S. 66
(Hervorhebung nicht im Original)

fallacy in which we substitute what we actually see for an intellectual construct. (...) it is wrong“⁶⁰⁷. Die „Überzeugungskraft“ unserer Augen verleitet zu Annahmen, die vergleichbar naiv sind, wie die augenscheinlich „sichere“ Erkenntnis, die Erde würde von der Sonne umkreist, oder die Erde sei eine Scheibe. Das Universum ist jedoch mit mathematischer Sicherheit keine „Hohlkugel“, in der in gewissem Abstand Sterne auseinander driften. Das Universum ist vielmehr - bildhaft - die „*Wand einer Hohlkugel*“.

Wir leben somit eher auf einer „*Fläche*“. Allerdings ist es die „Grenzfläche“ zweier sich mathematisch überlagernden Dimensionen. Das klingt so befremdlich, dass man sich „schütteln“ und abwenden möchte. Es klingt sogar wie ein Rückschritt – zur Theorie „die Welt sei eine Scheibe“ - dennoch ist es nicht nur mathematisch, sondern philosophisch und epistemologisch ein enormer Fortschritt.

Wenn wir uns nun erneut an die „*Flächenlandbewohner*“⁶⁰⁸ in Edwin Abotts Erzählung erinnern, dann sind wir mathematisch in einer vergleichbaren erkenntnistheoretisch misslichen Lage. Um diese recht neue und ein wenig überraschende Sicht des Universums zu visualisieren, hilft folgendes Zitat:

„Aus technischen Gründen untersuchte Maldacena ein hypothetisches Universum mit vier großen Raumdimensionen und einer Zeitdimension, (...) Eine mathematische Standardanalyse zeigt, dass *die betreffende fünfdimensionale Raumzeit einen Rand besitzt*, der wie alle Ränder, *eine Dimension weniger* hat als das geometrische Gebilde, das er begrenzt: drei Raumdimensionen und eine Zeitdimension. (Wie stets sind höherdimensionale Räume schwer vorstellbar. Wenn Sie eine Anregung möchten, dann denken Sie an eine Dose Tomatensuppe – die dreidimensionale flüssige Suppe entspricht der fünfdimensionalen Raumzeit, während *die zweidimensionale Fläche der Dose für die vierdimensionale Raumzeitgrenze* steht.)“⁶⁰⁹

Brian Greene findet hier im geklammerten Teil des Zitats ein wunderbar einfaches lebensweltlich anschauliches Beispiel, um einen komplexen hochdimensionalen Zusammenhang visualisierbar zu machen. Die Dinge müssen nicht komplexer werden, wenn sie aus mehreren Dimensionen betrachtet werden – oft liegt gerade darin die Möglichkeit verborgen, Zusammenhänge zu vereinfachen. Die mathematische Standardanalyse die Greene anspricht, hat bereits eine Komplexität, die ich hier aufgrund der gebotenen Kürze nicht

⁶⁰⁷ Smolin, Lee (2001): „*Three Roads to Quantum Gravity*“ / New York / S. 66

⁶⁰⁸ Abbott, Edwin A. (1990): „*Flächenland*“ / Bad Salzdetfurth

⁶⁰⁹ Greene, Brian (2004): „*Der Stoff aus dem der Kosmos ist – Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit*“ / Siedler Verlag / München / S. 542 (es wird hier von Brian Greene jener Juan Maldacena angesprochen, der weiter oben bereits selbst zitiert wurde) (Hervorhebungen nicht im Original)

aufschreiben möchte, daher empfiehlt sich vertiefend die Lektüre der Quellenangaben. Dennoch reicht bereits die oben skizzierte Schnittmengen Funktions-Iteration über 5 leicht nachvollziehbare Stufen völlig aus, um ein „Verständnis“ dieser mathematisch komplexen Zusammenhänge zu erlangen. Der „Rand“ der fünften Dimension hat *selbst* eine Dimension „weniger“ als die fünfte Dimension selbst – aus genau dem gleichen Grund, warum das Blech einer dreidimensionalen Dose Tomatensuppe „nur“ eine zweidimensionale Fläche ist. Damit rückt der Rand der fünften Dimension in unseren Erfahrungsbereich – wenn uns auch diese Dimension selbst noch verschlossen bleibt. *Dieser „Rand“ ist die Dimension der Zeit.* Es rückt so in ein neues Licht, wenn wir oben gefunden haben, dass das Phänomen der Intelligenz zu seinen notwendigen numerischen und topologischen Bedingungen, noch als hinreichendes Kriterium eine *zeitliche* Ordnung benötigt. Das ist die „Fläche“ auf der wir leben – unser „Dosenblech“ auf dem wir herumspazieren. Es wird ersichtlich, dass dimensionale Konzepte sehr komplex und dennoch sehr erhellend zugleich sein können. Oft sind scheinbar komplexe Dinge, bei näherer Betrachtung sehr einfach, beinahe selbstverständlich:

„Eine in drei Dimensionen sehr schwierige Berechnung kann in zwei Dimensionen viel einfacher Aussehen, und mitunter verwandelt sich dadurch ein unbeherrschbares physikalisches Problem in ein leicht lösbares“.⁶¹⁰

Die Visualisierung vor dem „geistigen Auge“, mit der man sich ein „Bild machen“ kann von Prozessen in höheren Dimensionen, entsprechen im Computer der Methode der Simulation. Wir werden die theoretische Möglichkeit, dass wir offenbar eher auf der „Fläche“ einer dimensional „höheren“ Mannigfaltigkeit leben – als im „naiven 3D Raum“ - noch weiter diskutieren, wenn wir in Kürze die sog. „holografische Theorie“ erörtern. Dabei ist das faszinierende Moment, dass unser Raum der Erfahrung natürlich ganz real drei Dimensionen hat – aber dennoch im Kontext eines Raumes mit multiplen Dimensionen nur eine „Enklave“ darstellt – unser dreidimensionaler Raum ist sozusagen der „Randbezirk“ des Höherdimensionalen Raumes. Nun stellen sie sich noch vor, das „Blech der Dose Tomatensuppe“ sei selbst bereits dreidimensional – und zudem es vermeintlich „nur“ eine Fläche ist, ist es wirklich somit selbst bereits ein „Raum“. Es wird klar, dass wir „darauf“ nicht nur „herumspazieren“ können – sondern uns *darin* völlig frei auf, ab, vor und zurück bewegen können, in alle Raumrichtungen – obwohl dieser Raum nur einen „Rand“ - nur eine

⁶¹⁰ Maldacena, Juan (2006): „*Das Holografische Universum*“ /Spektrum der Wissenschaft März 2006 / S. 36

„Fläche“ darstellt. Die „Alten“ hatten also im Nachhinein doch Recht, als sie sagten, die Erde sei eine „flache Scheibe“ - im metaphorischen Sinne zumindest.

Nun haben wir eine lebensweltlich anschauliche Metaphorik für dimensionale Iteration erarbeitet – es wird uns enorm beim Verständnis der Prozesse einer KI weiter helfen.

Intelligenz ist ein Konzept, das nach der dargelegten Argumentation die Funktionen der Natur nutzt, die sich bei interdimensionalen Überlagerungen ergeben. Damit ist Intelligenz

begründbar systemisch losgelöst denkbar, von der zwingenden Bindung an ein Lebewesen.

Ein Quantencomputer, nach derzeitiger Ansicht der Fachwelt der aussichtsreichste Kandidat zur Erlangung der notwendigen Attribute von KI, basiert elementar auf den hier geschilderten interdimensionalen Prozessen. Man wird KI nicht verstehen können, wenn man diese interdimensionalen Prozesse nicht versteht. KI muss, um zu den Leistungen des Menschen aufschließen zu können, sich der Eigenschaften der Quantenmechanik der Raumzeit selbst bedienen können, ansonsten wird ein „Gap“ verbleiben, das die Technik von der Biologie unüberbrückbar trennt.

Es ist die These dieser Arbeit, dass NI die Prozesse der interdimensionalen Überlagerungsfunktionen nutzt, und KI nur realisierbar sein wird, wenn technisch dieser „Weg“ den die „Natur gefunden hat“ nachgeahmt wird.

Dass die Biologie diese Eigenschaften der Quantenwelt bereits nutzt, wie dies etwa Stapp⁶¹¹, Penrose⁶¹² und Hameroff⁶¹³ vertreten, darüber wollen wir im Folgenden Kapitel noch detaillierte Untersuchungen anstellen. Daher ist die ausführliche Behandlung der physikalisch anspruchsvollen Thematik hier unerlässlich.

Man kann nach dem heutigen Stand der Mathematik mit Überzeugung darlegen, dass unser ganzes Universum eine „Fläche“ darstellt, was noch fehlt, ist der experimentelle Beweis. Bis die Fördermittel den Bau der notwendigen Apparaturen gestatten, wird daher die Simulation im Computer ausreichen müssen. Umso eher wird klar, dass die Gelder aktuell sehr ausgewogen und diplomatisch zwischen beiden Forschungsansätzen – reales Experiment und simuliertes Experiment – verteilt werden müssen. Diese Forschungen sind hochgradig kostspielig und wirtschaftlich zugleich von immenser Bedeutung.

Einstein hat zu seiner Zeit einmal gesagt, dass „sein bestes Labor seine eigene

⁶¹¹ Stapp, H.P. (1993): *„Mind, matter and quantum mechanics“* / Berlin/ Springer Verlag

⁶¹² Penrose, Roger (1991): *Computerdenken – „Des Kaisers neue Kleider“*, oder die Debatte um Künstliche Intelligenz, Bewußtsein und die Gesetze der Natur, Übersetzung der englischen Original-Ausgabe *„The Emperor's New Mind“*, Heidelberg

⁶¹³ Hameroff, S., Nip, A., Porter, M., & Tuszynski, J. (2002): *„Conduction pathways in microtubules, biological quantum computation and microtubules“* / *Biosystems* 64(13)

Vorstellungskraft sei“. Er habe lediglich jahrelang Gedankenexperimente gemacht, um auf die mathematischen Bedingungen seiner allgemeinen und speziellen Relativitätstheorie zu kommen. Allein um auf das Prinzip der äquivalenten Krümmung der Raumzeit durch Energie und Materie zu kommen, waren *10 Jahre* intensive⁶¹⁴ „Gedankenexperimente“ notwendig.

$$G_{\mu\nu} = 8\pi T_{\mu\nu}$$

615

Die nebenstehende sog. Tensorgleichung ist unter dem Namen „Einsteinsche Feldgleichung“ in die Geschichte der Physik eingegangen. Ihre Mathematik ist zu aufwändig um sie hier en Detail zu

diskutieren, aber die Schlichtheit und Eleganz dieser tiefgreifenen Formel spricht ihre eigene Sprache. Sie besagt – vereinfachend ausgedrückt – die Verhältnismäßigkeit der Gravitationskonstante „G“ zur Kopplungskonstante „T“ entspricht dem achtfachen der Kreiszahl Pi, wenn man in sog. „geometrisierten Einheiten“ von $G=C=1$ rechnet, was durch die tiefgestellten Indizes _{$\mu\nu$} angezeigt wird. ($G =$ Gravitationskonstante / $C =$ Lichtgeschwindigkeit / $T =$ Kopplungskonstante)

Einstein konnte mit dieser Formel⁶¹⁶ den Grundstein dafür legen, dass letztlich alle Kraftfelder stets allein die „Verhältnismäßigkeit“ der beteiligten Dimensionen zueinander ausdrücken. Die Feldgleichung beinhaltet keine direkten Aussagen über die Bewegung von Teilchen in der gekrümmten Raumzeit. Sie gibt lediglich an, *wie* der Materie- und Energieinhalt sich auf die Krümmung der Raumzeit auswirkt, d.h. welches Verhältnis Energie und Materie zu dem Konzept der vierten Dimension haben. Dieses Verhältnis entspricht exakt den physikalischen Konstanten sowie den mathematisch üblichen Verfahrensweisen. Ohne die Formel oben abwerten zu wollen – wir benötigen ihr mathematisches Verständnis hier nicht en detail, besagt sie in der Sprache der Mathematik etwa jenes, was wir oben mit der Metaphorik des „Dosenblech“ erarbeitet haben – nur eben mathematisch präzise unter Verwendung von allgemein anerkannten Naturkonstanten.

Das bedeutet, dass die Naturkräfte und Konstanten keine „zufälligen“ Werte besitzen, sondern

⁶¹⁴ Einstein, Albert (1905): "Zur Elektrodynamik bewegter Körper" / Fachblatt: „Annalen der Physik“/ veröffentlicht im Jahre 1905

⁶¹⁵ http://www.mpe.mpg.de/~amueller/astro_sl_rel.html

⁶¹⁶ vgl. Fritzsche, Harald (1996): „Die Verbogene Raumzeit – Newton, Einstein und die Gravitation“ - (Die ersten Sekunden) / Piper / München

sich sämtlich aus mathematischer *Notwendigkeit* auf beliebige Kommastellen exakt wechselseitig auseinander herleiten lassen – verflochten durch das Prinzip der dimensionalen Iteration – wir hatten dies oben als „Matrioschka-Puppe“ erarbeitet. Einmal mehr wird deutlich, wie Mathematik den oben erwähnten „gangbaren Korridor“ absteckt, indem sie durch Prinzipien der Organisation der Iteration der Dimensionen eine *Notwendigkeit* erzeugt, entlang der sich jedwedes Elementarteilchen wie auch jeder Forscher orientieren muss. Damit wird es sehr gut verständlich, woher die Physiker ihre ausserordentliche *Zuversicht* nehmen, dass sich letztlich der gesamte Kosmos aus Konstanten und mathematischen Prinzipien der Logik herleiten lässt. Die später noch ausführlicher diskutierten Theorien der Superstringtheorie⁶¹⁷, der Loop Quantengravitation sowie des holografischen Prinzips⁶¹⁸ stellen die aktuell besten verfügbaren Realisationen dieser Überzeugung dar. Diese Erkenntnis wurde paradoxerweise erst offensichtlich, als man bereits durch Messungen die meisten Werte bestimmt hatte. Erst in der Retrospektive wurde klar, dass die beinahe „unerklärlich hohe Zufälligkeit“ der Koinzidenz der Messwerte mit den mathematischen Verhältnissen der berechneten Werte zueinander, kein Zufall war, sondern sich aus der iterativen „Schachtelung“ der Dimensionen elegant hätte herleiten lassen, durch jeweilige Berechnung der obigen Gleichung für die bislang rein mathematischen höheren Dimensionen. Es wurde damit plausibilisiert anzunehmen, dass die *zufällig* exakt vier bekannten Naturkräfte mit den *zufällig* exakt vier bekannten Dimensionen korreliert sind:

- 1. Dimension - korreliert mit starker Kernkraft (wirkt zwischen Quarks)
- 2. Dimension - korreliert mit schwacher Kernkraft (wirkt zwischen Nukleonen)
- 3. Dimension - korreliert mit Elektromagnetismus (wirkt zwischen Kern & Elektron)
- 4. Dimension - korreliert mit Gravitation (wirkt zwischen aller Materie)
- 5. Dimension – korreliert mit X (wirkt zwischen Y & Z)⁶¹⁹

Damit wird indirekt, die „Richtigkeit“ der mathematischen Überlegungen zu der Schachtelung

⁶¹⁷ vgl. Greene, Brian (2004): „*Der Stoff aus dem der Kosmos ist – Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit*“ / Siedler Verlag / München

⁶¹⁸ Bousso, Raphael (2002): "*The holographic principle*". Reviews of Modern Physics 74

⁶¹⁹ Die Existenz von exakt 4 bekannten und beobachteten Dimensionen mit exakt 4 solchen Naturkräften scheint ein „*sehr großer*“ Zufall. Deren zusätzliche mathematische Korrelation durch z.B. obige Einsteinsche Feldgleichung, macht einen Zufall extrem unwahrscheinlich. Es wird daher plausibilisiert anzunehmen, dass jede Naturkraft ein „Epiphänomen“ der spezifischen Wechselwirkung der Energie mit den geometrischen Eigenschaften der entsprechenden Dimension darstellt. Dimensionen „verursachen“ Naturkräfte? – wie würde sich die obige mathematische Reihe weiter entwickeln und beweisen lassen?

der Dimensionen dadurch erhärtet, dass man die Naturgesetze, Naturkräfte und Konstanten allesamt bis in beliebige Genauigkeit wie ein „Epiphänomen“ aus wenigen fundamentalen Gleichungen ableiten kann. Wenn alle vier bekannten Raumdimensionen eine korrelierte Naturkraft verfügbar haben, wie verhält es sich dann mit einer hypothetischen fünften Naturkraft? – Es gibt bereits einen Kandidaten für diese Rolle, sie ist bekannt als sog. „Kosmologische Konstante“ oder „Antigravitation“.

"Wir interpretieren Einsteins Gleichungen neu. Viele Leute glauben wie ich, dass die Konstante nichts anderes als die Energie des Vakuums ist." Die Vakuumenergie sei eine bestimmte Form der dunklen Energie, erklärte Hillebrandt. "Die Konstante repräsentiert die dunkle Energie." Allerdings wisse man nach wie vor nicht genau, was dunkle Energie genau sei. *Einstein hatte ungewollt Recht.* Nach dieser Theorie Sorge das omniprésente Vakuum dafür, dass das Weltall expandiere, weil es selbst Gravitationskraft besitze und das All damit auseinander ziehe.⁶²⁰

Die „Werkzeuge für den menschlichen Geist“ - „außer dem Labor im Geiste selbst“ – sind heute Computer & Mathematik. Diese sind zugleich heute die einzige Möglichkeit, die Eigenschaften höherer Dimensionen exakt zu erforschen. Aufgrund der Konditionierungen durch unsere Evolution, ist wohl nicht zufällig seit Einstein kein Genie mehr aufgetaucht, dem es allein durch „Kopfrechnen“ gelang, mehr als vier Dimensionen in ihrem Verhalten in einer mathematischen Formel zu beschreiben.

Was wir dabei systemimmanent nicht überprüfen können, ist die prinzipielle „Tauglichkeit“ dieser technischen Werkzeuge für die höheren Dimensionen selbst. Wir können bei der Arbeit der Maschinen nicht mehr „mitvollziehen“ was sie genau tun. Die Ergebnisse werden deshalb mit Vorbehalt behandelt. Was sich *nicht* für das Gehirn selbst unmittelbar veranschaulichen lässt, wird mit großer Skepsis behandelt. Es wäre für uns tatsächlich „überzeugender“ wenn uns jemand im Kopf vorrechnen - oder besser noch bildlich anschaulich visualisieren könnte, wie sich multiple Dimensionen verhalten.

Einstein hat dazu ein Visualisierungsprinzip bevorzugt, die „Dimensionale Reduktion“. Ähnlich wie Platon in seinem Höhlengleichnis mit zweidimensionalen Schatten arbeitete, als Abbilder von dreidimensionalen Körpern, so arbeitete Einstein mit einer zweidimensionalen gewölbten Membran, zur Veranschaulichung des vierdimensional gewölbten Raumes:

⁶²⁰ Hillebrandt, Wolfgang (2005) vom Max-Planck-Institut für Astrophysik im Interview mit SPIEGEL ONLINE (24.11.2005)(Hervorhebung nicht im Original) – siehe: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/weltraum/0,1518,386648,00.html>



Die nebenstehende Visualisierung zeigt, wie man sich die vierdimensionale Raumzeit „gekrümmt“ durch die Masse schwerer Körper leichter vorstellen

kann, wenn man die Raumzeit als zweidimensionale Fläche betrachtet. Durch diese imaginative Vereinfachung der mathematisch anspruchsvollen geometrischen Wirkung von Gravitation auf die Raumzeitmatrix, gelang es Einstein, seine komplexen Überlegungen in eingängigen Bildern verständlich zu machen, was ihn wohl zum bekanntesten Physiker überhaupt gemacht hat. Präzisiert, müssten die „Kuhlen“ der Planeten noch innerhalb der Kuhle der Sonne liegen, die Eigenschaft einer dehnbaren Membrane – die die Raumzeit nach Einsteins Formeln beschreibungsfähig macht, wird so aber bildhaft sehr deutlich.

Genau diese mit Skepsis behandelten Erkenntnisse jedoch sind es heute, die einen Blick darauf gewähren, was letztlich die Phänomene Bewusstsein, Energie und Raumzeitmatrix miteinander verbindet. Um ein wirkliches Verständnis davon zu erhalten, was Bewusstsein ist, kann man weder den Begriff der Materie noch den der Dimension vernachlässigen. Beide Begriffe sind stark verwoben ineinander und so kann eine Betrachtung nur dann fundiert erfolgen, wenn man beide Aspekte gebührend diskutiert. In der bislang publizierten Fachliteratur⁶²², wurde vornehmlich das Gewicht auf den Aspekt der *Materie* gelegt, wenn Interdependenzen zwischen Substanz und Geist bzw. Neuronen und Bewusstsein diskutiert wurden. Diese Haltung ist heute als zu monokausal und zu wenig differenziert zu betrachten.

*Ich möchte nun vorschlagen, diese Haltung wesentlich zu erweitern, und fortan die Begriffe der Dimension und den des Feldes als zentrale Begriffe für das Phänomen Bewusstsein zu diskutieren – Der Begriff der Materie wird so als Epiphänomen inkludiert. Materie ist lediglich die für uns sichtbare **Folge** der Interaktion von Dimensionen und Kraftfeldern.*

⁶²¹ Bild der Wissenschaft / Ausgabe Mai 2000 / S. 51

⁶²² vgl. Harth, Eric (1982): „*Windows to the Mind: Reflections on the physical Basis of Consciousness*“ / Harvester / Brighton

Da die Materie uns so offensichtlich allgegenwärtig ist, war es nur allzu verständlich, dass sich alle Wissenschaft ihrer angenommen hat. Die Chemie hat den Aufbau der Moleküle erörtert, die Biologie vornehmlich die Dynamik „belebter“ Kohlenwasserstoff Aggregationen und die Physik die Grundlagen des Aufbaus des Universums aus Raum, Zeit, Energie und Materie. Auch die Geisteswissenschaft hat sich bei der Untersuchung des Geistes traditionell immer stark an dessen Körperlichkeit und seiner Bedingungen orientiert. Aber nun stellt sich heraus, wir sind durch unseren Wahrnehmungsapparat beeinflusst und teilweise auch getäuscht worden.

„Erstaunlicher Weise besagt eine neue physikalische Theorie, dass eine der drei Raumdimensionen eine Art Illusion sein könnte. Alle Teilchen und Felder, aus denen die Realität besteht, bewegen sich demnach in einer zweidimensionalen Welt – wie im Roman „Flächenland“ des Briten Edwin Abbott aus dem Jahre 1884. Auch die Gravitation wäre ein Teil dieser Einbildung. In der zweidimensionalen Welt gäbe es sie gar nicht, sie träte erst zusammen mit der scheinbaren dritten Dimension auf.“⁶²³

Genauso real wie feste Körper sind dynamische Felder. Allerdings lernen wir durch die Berechnung der dimensionalen Iteration, dass nicht alle bekannten Naturkräfte, auch in allen bekannten Dimensionen ihre Wirkung *in gleicher Weise* entfalten können. Daher liegt die Vermutung nahe, dass die Eigenschaften der dimensional Mannigfaltigkeiten direkt mit den Eigenschaften der Naturkräfte – die sich in ihnen entfalten - korreliert sind. Mathematisch wurde dies bereits verifiziert⁶²⁴ - *die Computer sind sich schon „sicher“* - doch der experimentelle (menschliche) Beweis steht noch aus.

Wenn wir es differenziert betrachten, fallen alle festen Körper als Untermenge in den Begriff der dynamischen Felder. Daher spricht Maldacena hier berechtigt von:

„...*allen* Teilchen und Feldern aus denen die *Realität* besteht“.⁶²⁵

Einstein - der diese Idee als Erster hatte - war von dieser Erkenntnis derart begeistert, dass er nach dem Durchbruch, den er mit seiner allgemeinen und speziellen Relativitätstheorie erzielte, fortan die nächsten *dreißig Jahre*, und damit den Löwenanteil seiner

⁶²³ Maldacena, Juan (2006): „*Das Holografische Universum*“ /Spektrum der Wissenschaft März 2006 / S. 36

⁶²⁴ vgl. Greene, Brian (2004): „*Der Stoff aus dem der Kosmos ist – Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit*“ / Siedler Verlag / München

⁶²⁵ Was den Aspekt der Illusion um die Gravitation betrifft, werden wir noch gesonderte Überlegungen anstellen.

Forscherlaufbahn, der Ausarbeitung der sog. *Einheitlichen Feldtheorie*⁶²⁶ widmete. Darin sollte das gesamte Universum im Begriff des *Kraftfeldes* beschreibbar werden. Es gelang ihm damals als einzelнем Individuum nicht dieses große Projekt zu vollenden – soviel sei vorweg genommen. Doch seine Arbeit hat bedeutende Erkenntnisse ermöglicht, und gilt vielen heute als Grundlage der modernen Forschung der Zusammenhänge von Kraftfeldern. Präzise ist es heute die Vereinigung der modernen Quantenphysik mit Einsteins Relativitätstheorie, die den Weg bahnen soll, zu einem Verständnis davon, was Raumzeit „wirklich“ ist. Brian Greene bringt dies folgendermaßen auf den Punkt:

„Damit kommt die faszinierende Möglichkeit in den Blick, dass es eine einzige fundamentale Naturkraft geben könnte, die durch eine Reihe kosmologischer Phasenübergänge zu den vier scheinbar verschiedenen Kräften erstarrt ist, die wir gegenwärtig beobachten.“⁶²⁷

Alles wird zum „Prozeß“⁶²⁸ durch den Begriff des Feldes und die Dynamik von ehemals festen Größen erweist sich als grundlegende Eigenschaft aller beobachtbaren Phänomene. Sogar die Naturgesetze selbst, werden heute sehr gut begründet als dynamisch⁶²⁹ interpretiert. Da sich die Dimensionen selbst – empirisch überprüft im Fall unseres Universums – im Laufe der Zeit „ausdehnen“, wäre es nur logisch stringent, wenn sich auch die korrelierten Naturkräfte als temporal veränderlich erweisen würden. Eine Überprüfung im Experiment steht für diesen Zusammenhang derzeit noch aus. Die Fertigstellung der neuesten Ausbaustufe des Cern, mit erfolgreichem Nachweis der sog. „Higgs Bosonen“ würde dies ändern. Paul Dirac, John Archibald Wheeler und Hugh Everett⁶³⁰ sind nur drei populäre Vertreter der stetig mehr Anhänger findenden Theorie, alle Naturgesetze unterliegen einer dynamischen „Mutation“ als Funktion der Zeit. Materie als sich „stoßend“ und „fest“ erweist sich letztlich als ein klassisches und überholtes Bild – und als trügerisch⁶³¹ für unseren Sinnesapparat. Moderne Experimente⁶³² legen die Schlussfolgerung nah, dass sich sogar so „unverrückbare“

⁶²⁶ vgl. Wickert, Johannes (1972): „Einstein“ / Rohwolt / Hamburg

⁶²⁷ Greene, Brian (2004): „Der Stoff aus dem der Kosmos ist – Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit“ / Siedler Verlag / München, S. 305

⁶²⁸ Whitehead, A.N. (1929): „*Process and Reality*“ / New York / Macmillan

⁶²⁹ vgl. Wheeler, John Archibald (1973): „*From Relativity to Mutability*“ in: Mehra, J. / „*The Physicist's Conception of Nature*“ / S. 202 - 247

⁶³⁰ Everett, H. (1957): „*Relative state formulation of quantum mechanics. In Quantum Theory and Measurement*“ / J.A. Wheeler and W.H. Zurek (eds.) Princeton University Press, 1983; originally in *Reviews of Modern Physics*. 29:454-62.

⁶³¹ vgl. „Nature“ (27.04.2006) – „*Shifting constant could shake laws of nature*“ / online unter: <http://www.nature.com/news/2006/060424/full/4401094a.html>

⁶³²

Werte, wie die Masse des Protons und des Elektrons im Verlauf der Evolution des Kosmos verändert haben. Möglich ist dies, weil auch diese Partikel letztlich „nur“ Kraftfelder sind und ihre Masse lediglich aus der Interaktion mit anderen Kraftfeldern gewinnen. Masse ist kein „Letztelement“, würde Luhmann dazu sagen.

„Our job is to remove the prejudices and blinkers imposed by our parochial perspective and imagine space and time in their own terms, on their own scale. We do have a very powerful toolkit that enables us to do this, consisting of the theories we have so far developed.“⁶³³

Es kann also nur einer Verbesserung der Adäquatheit der Naturbeschreibung dienen, wenn man dynamische Felder und Dimensionen als genauso real und fundamental anerkennt, wie die überall offensichtlich existente Materie. Überzeugen kann man sich leicht, indem man mit den bloßen Händen versucht, zwei Magnete mit gleichen Polseiten aneinander zu pressen, oder indem man versucht einen Mitmenschen vom Erdboden anzuheben. Elektromagnetismus und Gravitation sind genauso „real“ wie ihr sichtbares Pendant als Materie. Ein Kraftfeld ist trotz seiner Unsichtbarkeit ein inhärenter und realer Bestandteil des Kosmos.

Exakter – es handelt sich sowohl bei Materie als auch bei Elektromagnetismus und Gravitation um Kraftfelder – nur die einen sind sichtbar und die anderen eben nicht. Noch einmal pointierter gesprochen – der Kosmos ist ein Konglomerat von verschiedenen dimensional Kraftfeldern – es gibt keinen „Ort“ im ganzen Kosmos an dem sich auch nur ein „Staubkorn“ eines *festen* Körpers nachweisen ließe. Feste Teilchen sind in der modernen Physik als *Mythos* „entlarvt“, wie das unteilbare Atom oder die erdumkreisende Sonne.

„...when we go down to the fundamental theory, there will be no things, only processes. (...) *we are mistaken* to think, that the world consists of things that occupy regions of space.“⁶³⁴

Wenn aber alles aus reinen Kraftfeldern aufgebaut ist, die Sterne, der Erdball sowie alle Flora und Fauna des Planeten inklusive dem Menschen selbst, wieso reflektieren dann einige dieser Kraftfelder Licht (Materiefelder wie Felsen, Pflanzen, Mitmenschen) – und sind somit *sichtbar* für biologische Lebensformen mit lichtempfindlichen Sinnesorganen – und der Rest aller Kraftfelder (Magnetfelder, Gravitationsfelder, höherdimensionale Felder) tun es nicht – und sind somit unsichtbar? Wir werden herausfinden, dass die Täuschung, der wir

http://www.kurzweilai.net/news/frame.html?main=/news/news_single.html?id%3D5515

⁶³³ Smolin, Lee (2001): „*Three Roads to Quantum Gravity*“ / New York / S. 63

⁶³⁴ s.o. S. 177 (*Hervorhebung nicht im Original*)

unterliegen, noch wesentlich fundamentaler ist, als uns Platons Höhlengleichnis bereits ahnen ließ. Diesen Punkt werden wir dezidiert ansprechen, im Kapitel über die Holographische Natur des Universums.

Spürbar sind übrigens für unsere taktilen Sinne beide Feldarten, sowohl die Licht reflektierenden als auch jene die es nicht tun. Ein Fels fühlt sich zwar anders an, als ein Gravitationsfeld, aber beide sind eindeutig sinnlich spürbar und in ihrer Präsenz körperlich erlebbar. Philosophen würden sagen, beide Formen von Kraftfeldern ermöglichen es uns „Qualia“⁶³⁵ zu vermitteln.

Die „ketzerische“ Frage lautet hier:

Stehen Qualia ebenfalls in Verbindung mit Kraftfeldern, die auf der Quantenphysik beruhen? Nach der modernen Physik, sind alle Kraftfelder völlig gleichberechtigt. Daher können auch Kraftfelder ineinander umgewandelt werden. Es wird somit auch plausibel, wie die Sonne etwa ganz alltäglich Materie durch Kernfusion in Wärme und Elemente höherer Ordnungszahl umwandelt. Sie wird messbar leichter dabei, und zwar „(...)indem sie jede Sekunde 4,3 Millionen Tonnen Materie in Energie umwandelt.“⁶³⁶

Bei der Kernfusion bleibt die Zahl der Nukleonen gleich, nur die Bindungsenergien der Nukleonen ändern sich im Betrag. Diese unscheinbare „energetische“ Veränderung, resultiert in einem Masseverlust, der wiederum in einer Abnahme der Intensität des Gravitationsfeldes der Sonne. Transformationen von Energie in Materie und vice versa sind direkt korreliert mit der Veränderung der korrelierten Kraftfelder. Materietransformationsprozesse sind Kraftfelder Transformationsprozesse. Energie, Materie und Kraftfelder sind sämtlich ineinander umwandelbar, auch wenn diese Prozesse heute noch nicht gänzlich technisch kopiert und perfektioniert sind. Die Tatsache jedoch, dass solche Prozesse *ubiquitär* im Universum *permanent* sowohl im Mikrokosmos – im Bereich der Quanten – als auch im Makrokosmos – im Bereich der Sterne – stattfinden, legt uns die Überlegung nahe, dass es sehr absonderlich wäre, sollte es sich *als einzige Ausnahme* im menschlichen Gehirn anders verhalten. Allerdings neigt der Mensch traditionell zu einem anthropozentrischen Missverständnis und zu einer Form der Hybris, die es ihm ermöglichen, auch in solchen Fällen eine Sonderstellung zu beanspruchen. Für wie trügfähig wir diese „Sonderstellung“ nach den dargestellten Argumenten noch halten können, bleibt bis zur technischen

⁶³⁵ Jackendoff, R. (1987): „*Consciousness and the computational mind*“ / MIT Press / Cambridge, Mass. - und:

Jackson, F. (1982): „*Epiphenomenal qualia*“ / *Philosophical Quarterly* 32:127-36.

⁶³⁶ Greene, Brian (2004): „*Der Stoff aus dem der Kosmos ist – Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit*“ / Siedler Verlag / München / S. 399

Möglichkeit von expliziten Experimenten eine Sache der persönlichen Anschauung. Es wird von hohem Wert für unsere weiteren Überlegungen sein, wenn wir diese Kritik der modernen Physik an der anthropozentrischen Hybris ganz präsent im Geiste tragen, denn auch für unser *Bewusstsein* gilt, dass es zumindest eine sehr enge Verbindung mit den Kraftfeldern aus denen das Universum aufgebaut ist pflegen muss – *oder als denkbare Alternative - Bewusstsein eine besondere Form eines quantenmechanischen Kraftfeldes⁶³⁷ ist.*

3.2.3 Quantengravitation, Microtubuli und Bewusstsein

⁶³⁷ In der mathematischen Reihenentwicklung der Korrelation von Naturkräften und Dimensionen wäre „Bewusstsein“ somit ein möglicher Kandidat für das „Kraftfeld“ bzw. Epiphänomen einer bislang rein mathematischen 5. Dimension. (evtl. der „Information“?)

*„Quantum Physics is incomprehensible to a human mind, I think.“ –
Dick Biermann (Physiker und Bewusstseinsforscher)*

*„Ich glaube, mit Sicherheit sagen zu können, dass niemand die Quantenmechanik
versteht.“*

R.P. Feynman, Nobelpreisträger Physik, 1973

*„Es gefällt mir nicht, und ich bedaure etwas damit zu tun gehabt zu haben.“
Erwin Schrödinger*

*„Jeder, der von der Quantentheorie nicht schockiert ist, hat sie nicht verstanden.“
Niels Bohr*

Trotz der offensichtlichen Komplexität der Quantenphysik, wollen wir sie zumindest versuchen einzuordnen. Sie verhält sich im Wesentlichen abweichend von der klassischen Logik darin, dass es für Quantenzustände gestattet ist, mehrere Zustände gleichzeitig zu besetzen. Diese sog. Superposition hat enorm weitreichende Implikationen auf alles Verhalten der Elementarteilchen. Zuletzt hat dies dann sogar Einfluß auf die makroskopischen Körper, denn auch sie bestehen samt und sonders aus Quanten, auch wenn sie ohne Zweifel hier enorm zahlreich und ihre Beziehungen komplex sind. Der Begründer der Quantentheorie, Max Planck, hat ca. 1900 als erster die sog. „Schwarzkörper-Strahlung“ beschrieben. Dabei wurde für ihn ersichtlich, dass er nicht umhin konnte, die emittierte Strahlung in kleinen *Paketen* von Energie zu beschreiben, um das volle Spektrum der Strahlung eines glühend heißen Körpers zu beschreiben. Der Begriff von *Quantisierung* von Energie lag nahe, und so wurde seinerzeit das *Quant*⁶³⁸ geboren. Die fundamentale Einheit nannte er das sog. *Plancksches Wirkungsquantum*⁶³⁹, das mathematische Zeichen ist ein kursives h ($6,62607 \cdot 10^{-34}$ Joule Sekunde) womit bezeichnet wird, was die kleinste gestattete Menge von Energie überhaupt darstellt. Aus dieser winzigen Energie, die einer Wirkung mit der Dimensionierung Energie mal Zeit entspricht, setzt sich alle Materie zusammen. Kraftfelder werden in der Quantenphysik repräsentiert, durch die Übertragung von verschiedenen Botenteilchen, die ebenfalls aus Quanten bestehen. So ist das Photon experimentell verifiziert als das

⁶³⁸ Wheeler, John Archibald & Tegmark, Max (01/ 2003) „100 Jahre Quantentheorie“ / Spektrum der Wissenschaft Dossier: „Vom Quant zum Kosmos“ / S. 7

⁶³⁹ Planck, Max (1958): „Das Weltbild der neuen Physik“ / J. A. Barth / Leipzig

Botenteilchen des Lichtes bzw. des Elektromagnetismus und das Graviton⁶⁴⁰ das theoretisch plausible, aber noch nicht experimentell bestätigte Botenteilchen der Gravitation. Es wird sich in den folgenden Überlegungen immer wieder darum handeln zu ergründen, wie exakt die Gravitation in die Quantenmechanik einzugliedern ist. Hierin wird von vielen Experten eine „goldene Brücke“ gesehen, um auch das Phänomen Bewusstsein, aus seiner oft als schwierig näherbar charakterisierten Position der „Enklave der Metaphysik“, hinüber in die verifizierbare Welt wissenschaftlicher Experimente zu bewegen. Als Einstieg in die Komplexität dieser Materie soll folgendes Zitat dienen, worin John Archibald Wheeler's drei Phasen seines eigenen Verständnisses geschildert werden - sein Verständnis erfolgt *sukzessive*:

„ And, as Paul Davies observes, "In his excellent summary of John Wheeler's career, Kenneth Ford identified three phases in Wheeler's thinking: *the particle period, the field period and the information period*. The concept of information is inextricably bound up with quantum mechanics, and Wheeler's incisive question "How come the quantum?" stands as a challenge for any attempt to provide a unified theoretical description of nature. It is not enough that the rules of quantum mechanics are found to work. *To fully understand nature at the deepest level we need to know why the world obeys quantum rules*. Part of the answer involves knowing how the quasi-classical world of *observation emerges* from the weird domain of *quantum physics*." ⁶⁴¹

An Quanten zu denken, impliziert zunächst immer den Gedanken an *Partikel*, erst später gelingt es Wheeler, bei den Visualisierungen *Kraftfelder* anstatt der Partikel zu denken, was der „wirklichen“ Sache bereits näher kommt. Erst im Stadium der Überwindung der ersten beiden Vorstellungen gelingt es dem geübten Quanten-Denker, Quanten als Information zu verstehen. Wenn wir also realisieren, dass der Beobachter in der Quantenphysik den zentralen Bezugspunkt darstellt, für jegliche Messung und Gewinnung „objektiver“ Daten, dann müssen wir nicht nur dem gemessenen Quantensystem einen Zustand jenseits von Partikeln und Kraftfeldern zugestehen, sondern ebenso dem Beobachter selbst. Bevor wir jedoch dazu kommen werden, die Information als zentral zu beschreiben, wollen wir zunächst dem Begriff des Kraftfeldes Beachtung schenken. Es wird uns als Voraussetzung dienen müssen, um den nächsten Schritt zu plausibilisieren. Das Kraftfeld stellt, nach der Vorstellung der Partikel als Baustein der Welt - wie zu Zeiten von Leibniz' Metapher von Hebeln und Zahnrädern - die

⁶⁴⁰ Lee Smolin (2004): „*Quanten der Raumzeit*“, in: Spektrum der Wissenschaft (März 2004), S. 54 -63

⁶⁴¹ http://www.metanexus.net/metanexus_online/show_article2.asp?id=5574 (Hervorhebungen nicht im Original)

nächst explizitere Form der Erkenntnis der Bausteine der Welt dar. Man muss das Phänomen des Bewusstseins nicht mehr mechanisch interpretieren, wenn man Kraftfelder kennen gelernt hat. Man kann dann von der klassischen *Mechanik* herüber wechseln zur *Quantenmechanik*. Es gibt eine Tendenz in der Wissenschaft, die noch unverstandenen Konzepte stets mit dem zu erklären, was man als jüngste Errungenschaft zum Kanon der Erklärungsmodelle hinzugewonnen hat. Deshalb beschrieb Leibniz das Gehirn mit Hebeln und Zahnrädern, und Descartes schlug als Sitz der Seele allen Ernstes die Zirbeldrüse vor, was zu ihrer Zeit wohl als avancierte Theorie galt, wirkt heute eher amüsan. Auf der gleichen Tendenz beruht jedoch auch die weit verbreitete Gleichsetzung, das „Gehirn arbeite wie ein Computer“, was genauso wenig präzise ist, wie zu sagen es seien Zahnräder und Hebel. Der entscheidene Schritt ist der Wechsel von der klassischen Sicht zur Sicht der Quantenmechanik, aber auch dieser Schritt wird uns keine Letzbegründung liefern, sondern lediglich einen weiteren wichtigen Schritt zur Annäherung an die Natur der Dinge.

Für diesen vermeintlich kleinen Schritt, der also noch immer nicht zur Gänze vollzogen ist, bedurfte es seit Leibniz Theodizee⁶⁴², der Lehre der absoluten Determination der Welt – bis zum heute sich verbreitenden Verständnis der quantenmechanischen Kontingenz aller Prozesse der „Welt“ – beachtliche ca. 300 Jahre. Paradigmen transformieren sich nur ausgesprochen langsam, ganz im Gegensatz zu den Prozessen des Mikrokosmos.

Es wird die Annahme plausibel, dass die Komplexität der Phänomene direkt korreliert ist mit der zeitlichen „Dauer“ ihrer Transformationsprozesse.

Die Stufenfolge der Episteme der Natur der Materie vollzieht sich also nach obigen Argumenten in einer sondierenden Formulierung temporal sukzessive wie folgt:

- 1.) Vorstellung von festen Partikeln - „im klassischen naiven“ - 3D Raum
- 2.) Vorstellung von Kraftfeldern – als „dynamische Konzepte“ - im 4D Raum
- 3.) Vorstellung von Information – „als *Quanten des Flusses der Zeit*“ – im 5D Raum

Es klingt gewagt, dem zutiefst komplexen Phänomen Bewusstsein das Prädikat „Kraftfeld“ zu verleihen. Dies muss aber nicht zwingend als Reduktionismus verstanden werden, denn Kraftfelder sind ebenso vielschichtig wie die Dimensionen es auch sind. Damit können einem einzelnen Phänomen, zugleich mehrere ontologisch völlig differente Qualitäten zugeordnet werden. Ein „Bewusstsein“, verstanden als „multidimensionales Kraftfeld“, darf

⁶⁴² vgl. Leibniz (1996): „*Philosophische Schriften*“ / Hg. Hans Heinz Holz. 4 Bände. Frankfurt/Main / Suhrkamp 1986, Neuauflage 1996

„Berührungspunkte“ mit der profanen Materie aufweisen (z.B. Neurotransmitter) – im 3D Raum, zugleich eine „Berührung“ mit dem Konzept von Zeit und Energie (z.B. Aktionspotentiale) im 4D Raum und schließlich sogar mit Effekten der Quantenphysik interagieren, die offensichtlich bis in den 5D Raum hinein wirken (z.B. in Mikrotubuli). Damit agiert „Bewusstsein“ in Dimensionen, wo seine Aktionen klassisch determiniert sind, *zugleich* wie in solchen, in denen keine Determination vorherrscht. Ein Basis - Dilemma der Philosophie wird hier mit einem veritablen Lösungsvorschlag konfrontiert. Die zahlreichsten Kritiker dieses Lösungsvorschlages sind dabei die Philosophen selbst. Als theoretische Option ist dieser Ansatz jedoch enorm vielversprechend, denn nach Jahrtausenden der Mystifikation wäre die Herkunft von „Bewusstsein“ aus einem multidimensionalen Kraftfeld besonderer Komplexität, zugleich ein Nachweis von ontologischer Qualität wie auch von paradigmatischer Dimension. Nicht zuletzt würde es auch die Konstruktion von KI enorm beschleunigen und dieser einen technischen Weg zu einem „freien Willen“ offerieren, durch die Nutzung der Quantenphysik in der KI. Es soll später im folgenden Kapitel eine ausgiebigere Betrachtung der Kritiker und deren Aufgliederung in vier fundamentale Argumentationslinien erfolgen. Zunächst wollen wir allerdings diskutieren, welche Argumente und Fakten für die hiesige These sprechen:

Bewusstsein ist möglicherweise ein multidimensionales Kraftfeld – es basiert wie das gesamte Universum auf Quanten – doch es ist von allen bekannten Phänomenen jenes, mit der höchsten Komplexität, sowie der Eigenschaft, in mehreren Dimensionen zugleich mit Phänomenen dieser zu interagieren.

Ein Argument, das sich als einfachstes und nächstes anbietet, ist dem sog. „anthropischen Prinzip“⁶⁴³ sehr ähnlich. Nach diesem Prinzip ist der Kosmos aus einem unerklärlich großen „Zufall“ exakt so beschaffen, dass er Leben tragen kann. In allen anderen Universen, die der „Zufall“ generierte wäre einfach kein intelligenter Beobachter entstanden und so wären Abermilliarden „Versuche“ des Kosmos unbeobachtet gescheitert.

Es ist in der Physik wie in der Philosophie eine ausdauernde und lang anhaltende Kontroverse⁶⁴⁴ um die Frage des anthropischen Prinzips zu beobachten.

⁶⁴³ Der Kosmologe Brandon Carter hat diesen Terminus 1973 zur Feierlichkeit von Kopernikus' 500. Geburtstag in die wissenschaftliche Diskussion eingeführt.

⁶⁴⁴ Bertola, Francesco (1993): „*The Anthropic Principle: Proceedings of the Second Venice Conference on Cosmology and Philosophy*“ / Cambridge University Press

Zahlreiche Philosophen, Kosmologen⁶⁴⁵ und Physiker streiten erbittert über die scheinbar kompromisslose Grundsatzfrage:

Ist der Zufall oder Gott der Urheber des Universums und des menschlichen Bewusstseins?

Wären intelligente Beobachter kein Zufall, dann wären wir epistemologisch auf die Metaphysik verwiesen. Wir haben also offenbar die Wahl zwischen Gott und dem Zufall bzw. Determination und Kontingenz - als Urheber des Kosmos und letztlich auch der Intelligenz. Alternativ zu dieser unbefriedigenden Dualität bietet sich nur die Quantenphysik als dritte logische Variante an. Sie vereint die beiden sich widersprechenden Konzepte, indem sie Elemente aus beiden Positionen beinhaltet, sie aber zugleich in Relation zum *Beobachter* bringt, der in dieser Theorie eine elementare Funktion für den Ablauf der Prozesse der Welt zugewiesen bekommt. Der Beobachter wird in diese Dualität aus Gegensätzen quasi als „drittes Element“ eingeführt. Damit wird das Bewusstsein des Beobachters, genauso wie die hiermit korrelierte Intelligenz seiner Beobachtungen und/oder auch Handlungen erstmals ein integraler Bestandteil eines *jedigen* Prozesses in dieser Welt. Ein Experiment, das den Beobachter nicht berücksichtigt, liefert somit notwendig falsche Ergebnisse – seine Annahmen waren unvollständig. Dies ist als die zentrale Erkenntnis der Quantenphysik anzusehen, der Beobachter ist das integrale Element⁶⁴⁶ dessen was „Realität“ war, ist oder wird. Es ist allerdings zu beobachten, in allen wissenschaftlichen Disziplinen, dass trotz dieser experimentell verifizierten fundamentalen Erkenntnis, die Bedeutung dessen entweder nicht verstanden oder allenfalls sehr verhalten angewandt wird.

Auf den vermeintlichen Zufall unserer Existenz angewandt bedeutet dies, dass „anthropische Prinzip“⁶⁴⁷, das uns den vermeintlich „zufällig lebensfreundlichen“ Kosmos zur Verfügung stellt – ist ein reines Prinzip der Notwendigkeit. Es gibt eine Anzahl von Interpretationen⁶⁴⁸ dieses Prinzips, wie das Allgemeine-, das starke- und das schwache- Anthropische Prinzip. Die Kernfrage dreht sich dabei stets um den „Grad“ der „Zuwendung“ des Universums zu seinen „Beobachtern“. Man stellt vermeintlich infantile Fragen, wie:

⁶⁴⁵ Barrow, John D. / Tipler, Frank (1988): „*The Anthropic Cosmological Principle*“ / Oxford University Press

⁶⁴⁶ vgl. Pope, Viv (2004): „*The eye of the beholder : the role of the observer in modern physics*“ / Swansea Philosophical Enterprises

⁶⁴⁷ Breuer, Reinhard (1996): „*Das anthropische Prinzip. Der Mensch im Fadenkreuz der Naturgesetze.*“ / München / Nymphenburger Verlag

⁶⁴⁸ Barrow, John D. / Tipler, Frank (1988): „*The Anthropic Cosmological Principle*“ / Oxford University Press

„Ist das Universum lebensfreundlich? – Hat das Universum den Menschen antezipiert? - Ist das Universum geplant?“

Erstaunlicherweise war man in der Frühphase der Diskussion des Prinzips allgemein eher vom Zufall dieser Begebenheiten fasziniert, wohingegen sich in jüngster Zeit enormer Zuspruch⁶⁴⁹ für die erstaunliche Kompatibilität von Universum und seinen Beobachtern entwickelt hat.

Wenn der gesamte Kosmos – und zwar wortwörtlich vom submikroskopischen Quant bis hin zur makroskopischen Galaxie inklusive der Raumzeit selbst - *alles was es überhaupt gibt* – nachweislich aus Kraftfeldern besteht, dann wäre es eine höchst bemerkenswerte Ausnahmeerscheinung⁶⁵⁰ - bzw. *Zufall* - wenn als einziges Phänomen im Universum das menschliche Bewusstsein hier eine Sonderstellung einnehmen würde, und *kein* Kraftfeld wäre. In logischer Konsequenz zum anthropischen Prinzip, müssten wir nun auf die Metaphysik verweisen, um zu erklären, wie das Bewusstsein *kein* Kraftfeld sein kann – im Gegensatz zum ausnahmslosen übrigen Kosmos. Es wird leicht ersichtlich, warum diese Frage sowohl zwischen Philosophen wie auch Physikern kontrovers⁶⁵¹ diskutiert wird. Das nächste Argument bezieht sich auf die Modalitäten der Interaktion zwischen Bewusstsein und Gehirn. Wenn Bewusstsein ein nicht in die Kategorie Kraftfeld fallendes Phänomen darstellen würde, dann wird die Argumentation *absolut unmöglich*, zu erklären wie es mit den offensichtlich existenten Kraftfeldern interagiert, die das Gehirn konstituieren⁶⁵². Denn zwei *kategorisch differente Entitäten* haben logisch betrachtet keinerlei Schnittmengen – nicht einmal einen singulären Berührungspunkt, der eine irgendwie geartete Kommunikation ermöglichen würden. Folglich wäre das Gehirn „*taub*“ für das Bewusstsein – oder vice versa. Wie kann man dieses „Dilemma“ der Inkommensurabilität der kategorisch differenten Entitäten lösen?

Juan Maldacena - der als einer der führenden Köpfe damit beschäftigt ist, die Quantentheorie der Gravitation (quantum gravity) als die Erklärung der Holographischen Struktur des Universums auszuarbeiten, bemerkt hierzu folgenden interessanten Zusammenhang:

⁶⁴⁹ Vaas, Rüdiger (2006): „Ist uns das All auf den Leib geschneidert?“ / Bild der Wissenschaft Nr. 8, S. 34-42

⁶⁵⁰ Vgl. Churchland, P.S. (1986): „*Neurophilosophy: Toward a Unified Science of the Mind-Brain*“ / Cambridge, MA / MIT Press

⁶⁵¹ Bostrom, Nick (2002): „*Anthropic Bias Observation Selection Effects in Science and Philosophy*“ / Routledge

⁶⁵² siehe dazu: Beck, F. and Eccles, J.C. (1992): „*Quantum aspects of brain activity and the role of consciousness*“ / Proc. Natl. Acad. Sci. USA 89(23):1135711361

„Unter Theoretikern gilt die Quantengravitation als heiliger Gral der Naturforschung, denn die gesamte Physik gehorcht Quantengesetzen – nur die Schwerkraft noch nicht. Die Quantenbeschreibung ist zum Paradigma physikalischer Theorien geworden, und es ergibt keinen Sinn, für die *Gravitation* eine Ausnahme zu machen.“⁶⁵³

Was hat die Naturkraft Gravitation mit dem Phänomen Bewusstsein gemeinsam?

Zunächst einmal, ist die Gravitation der gleichen Dimension zugeordnet, wie oben erörtert, die dem der hier vertretenen These nach „interessantesten“ Dimension des multidimensionalen Kraftfeldes des Bewusstseins zugänglich ist – der *fünften* Dimension.

Für die Philosophie ist dies die Dimension, in der erstmals ein „freier Wille“ sinnvoll diskutiert werden kann, für die Neurologen der Ort, wo man jenseits von Botenstoffen und Aktionspotentialen erstmals über „Ursprünge“ von klassischen Reiz-Reaktions-Mustern reden kann, und für die Soziologie ist hier der Ort, wo man Kontingenz erstmals beginnen kann wirklich zu erklären. Die Inkompatibilität von Bewusstsein und Materie, findet erst in der für uns zumeist neuen und befremdlichen *fünften* Dimension ihre Erklärung.

Wie kann ein *Gedanke*, eine Hand, einen Stein, einen Berg *bewegen*?

Einzig für die Superstringtheoretiker ist diese Frage - theoretisch - schon mathematisch beantwortet, sie nennen die Lösung: „*Unification in Higher Dimensions*“⁶⁵⁴.

Die Herausforderung liegt in der *Transferleistung* dieses Wissens, in die anderen wissenschaftlichen Disziplinen. Es droht sich sonst eine Kluft zu etablieren, die sich wie die „digitale Kluft“ zwischen entwickelten und Entwicklungsländern immer stärker beschleunigt, nur eben in diesem Fall zwischen der Naturwissenschaft und der Geisteswissenschaft. Diese „Kluft“ zu vermeiden und abzarbeiten, ist ein zentrales Anliegen dieser Arbeit. Daher ist es unabdingbar, hier nun tiefer und detailliert einzugehen, auf die mögliche „Schnittstelle“ zwischen 4. und 5. Dimension, wie sie konkret realisiert sein könnte, in der Komplexität des menschlichen Gehirns und seinem Phänomen des Bewusstseins.

Die Argumentation läuft zeitweise analog der wohlbekannten Leib – Seele Problematik. Diese in der Literatur voluminös diskutierte Metaphorik, die wohl ihre bekannteste Niederschrift findet in Descartes' „res cogitans“ vs. „res extensa“⁶⁵⁵, ist von ihrer logischen Konzeption her

⁶⁵³ Maldacena, Juan (2006): „*Das Holografische Universum*“ / Spektrum der Wissenschaft März 2006 / S. 38 (*Hervorhebung nicht im Original*)

⁶⁵⁴ Green, Michael / Schwarz, John / Witten, Edward (1987): „*Superstring Theory*“ / Cambridge University Press / S. 14

⁶⁵⁵ vgl. Vendler, Zeno (1972): „*Res Cogitans: An Essay in Rational Psychology*“ / Cornell

bis heute sowohl aktuell als auch kontrovers. Es geht seit Descartes' „Basis-Dilemma“ der Philosophie stetig darum, Wege dahin aufzuzeigen, wie es theoretisch konsistent möglich ist, *alle* Phänomene des Kosmos in einer einzigen kohärenten Theorie zu erklären – *ohne Ausnahmen!*⁶⁵⁶ Antonio Damasio geht sogar soweit zu sagen, dass Descartes nicht nur ein Dilemma aufgeworfen hat, sondern gar einem grundlegenden Irrtum⁶⁵⁷ auferlegen ist. Es wird sich in der Folge der Argumente ergeben, dass wir einen sehr engen Zusammenhang zwischen Gravitation - genauer Quantengravitation – und Bewusstsein als ein Phänomen der Quantenphysik herausarbeiten werden. Die zeitweilig recht spezielle Argumentation ist unabdingbar für ein Verständnis der Zusammenhänge auf fundamentaler Ebene. Eine elegante Rückführung der Argumentationskette in den Gesamtkontext, wird durch die holografische Theorie im Anschluss der nächsten Kapitel geleistet werden.

Zur Einleitung dieser Überlegungen soll hier ein Zitat dienen, dass in recht komprimierter Form die wohl bekannteste Theorie zum Zusammenhang von Quantenphysik - insbesondere Quantengravitation und Bewusstsein wiedergibt:

„In the scenario developed by Penrose and neurophysiologically augmented by Hameroff, quantum theory is claimed to be effective for consciousness, but this happens in an extremely sophisticated way. It is argued that elementary acts of consciousness are non-algorithmic, i.e., non-computable, and they are neurophysiologically realized *as gravitation-induced* reductions of coherent superposition states in *microtubuli*“.⁶⁵⁸

Was sind „Mikrotubuli“ und was ist ihre Funktion und wie sollen atomar winzige Bausteine von Neuronen die eingangs erwähnte Problematik der anthropologischen Hybris helfen zu lösen? Es handelt sich um lange hohle Röhren, die aus organischen Proteinen aufgebaut sind und i.d.R. einen Innendurchmesser von ca. 14 Nanometern aufweisen⁶⁵⁹. Diese feinen Strukturen sind die Substruktur aller Neuronen und zugleich der theoretisch einzige physikalisch und mathematisch mögliche „Ort“ für eine Interaktion⁶⁶⁰ von „Geist“ und „Materie“ – oder in adäquateren modernen Termini – Bewusstsein und Quantenphänomenen.

University Press

⁶⁵⁶ Bohm, D. and Hiley B.J. (1993): „*The Undivided Universe*“ / Routledge / New York

⁶⁵⁷ vgl. Damasio, Antonio (2004): „*Descartes' Irrtum*“ / Ullstein / München

⁶⁵⁸ Atmanspacher, Harald: <http://plato.stanford.edu/entries/qt-consciousness/#3.3>

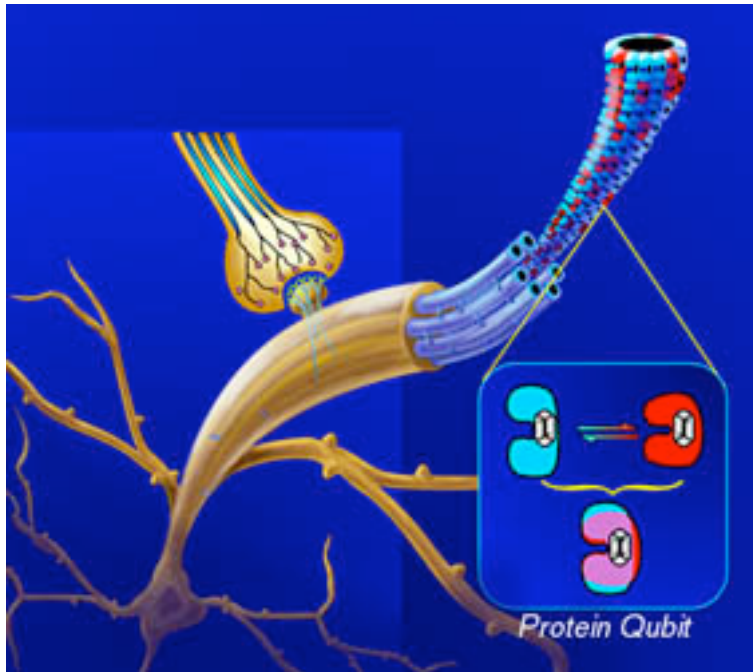
- vgl. dazu auch: Penrose, R. (1994): „*Shadows of the Mind*“ / Oxford University Press / Oxford

⁶⁵⁹ Zur Biologie der Microtubuli siehe: Vogel, Günther / Angermann, Hartmut (1990): „*Taschenatlas der Biologie*“ / München / S. 16 ff & S. 94 ff

⁶⁶⁰ Penrose, Roger, (1989): „*The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds, and The Laws of Physics*“ / Oxford University Press

In dieser mikrokosmischen Welt der Größenordnungen von Nanometern, ist es vor allem die Interaktion von Kraftfeldern, die Veränderungen ermöglicht. Dem Physiker Roger Penrose⁶⁶¹ ist dabei vor allem ein Kraftfeld aufgefallen, das auf dieser Größenskala dominiert – das *Kraftfeld der Quantengravitation*.

662



Der „Ort“ an dem nach neuesten Forschungen eine „Interaktion“ von Bewusstsein und Materie möglich sein kann, befindet sich tief im Mikrokosmos. Die dort herrschenden Gesetze der Quantenphysik, legen die Vermutung nahe, dass es sich bei den Protein Strukturen der Neuronen um eine Art molekularen „Quantencomputer“ handelt – das sog. „Qbit“⁶⁶³

(quantum Bit). Dies steht im Gegensatz zu dem bis heute gebräuchlichen „classical Bit“ oder kurz: „Cbit“. Qbits verhalten sich entsprechend der Gesetze der Quantenphysik. Die Prinzipien der sog. „Nichtlokalität“ und der sog. „Verschränkung“ legen für die „Berechnungen“ eines Qbits wesentlich erweiterte Möglichkeiten⁶⁶⁴ offen, gegenüber einem klassischen Cbit. Ein Bit ist die kleinste Einheit von Information überhaupt – es kann zwei Zustände annehmen – z.B. 0 oder 1, existent oder inexistent, geladen oder ungeladen - etc... Ändert ein Bit seinen Zustand durch einen externen Einfluß, so hat es eine elementare „Berechnung“ ausgeführt.

⁶⁶¹ vgl. Roger Penrose, (1997): „*The Large, the Small, and the Human Mind*“ / (with Abner Shimony, Nancy Cartwright, and Stephen Hawking), Cambridge University Press

⁶⁶² <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/4/4767/1.html>

⁶⁶³ siehe: Zirpel, Michael (2006): „*Vom Logikschaltkreis zur Quantentheorie*“ / Skript zum Hauptseminar im SS 2006 – siehe auch:

http://webinfo.campus.lmu.de/view_event.cfm?ev=118792&sort=type&invoke=ps&invokeID=42561&cl=16

⁶⁶⁴ Cohen, D. W (1989): „*An Introduction to Hilbert Space and Quantum Logic*“ / Berlin

Stuart Hameroff⁶⁶⁵, Direktor des „Center for Consciousness Studies“, an der Universität von Arizona⁶⁶⁶, ist bei seinen Forschungen vor allem aufgefallen, dass wenn sich das Phänomen Bewusstsein „austauschen“ kann, mit den Kraftfeldern des Gehirns – sprich eine Kommunikation ermöglicht zwischen theoretisch rein auf Kraftfeldern basierendem Bewusstsein und physiologischem Gehirn - dann ist das sog. Tubulin Molekül als Subelement der Mikrotubuli der physikalisch und mathematisch plausibelste Ort dafür. Folglich betreiben Penrose und Hameroff ihre Forschungen seither gemeinsam und haben bereits eine hohe Zahl wissenschaftlich höchst aufmerksam rezipierter Schriften publiziert⁶⁶⁷. Wir werden die wichtigsten Kritiker dieser Publikationen im Anschluss betrachten. Es besteht nach diesen Arbeiten offenbar ein Zusammenhang zwischen dem „heiligen Gral“ der Physik – *der Quantengravitation* – und dem „heiligen Gral“ der Theorie des Geistes – *dem Bewusstsein*. – Wenn wir dies im Kontext der Eingangsproblematik betrachten, dann lautet die dritte Alternative neben Gott und dem Zufall als Urheber von Kosmos und Bewusstsein offenbar – Quantengravitation. Sie besitzt als einziges Konzept – bislang leider nur mathematisch theoretisch verifiziert – Elemente der beiden von Descartes als kategorial different klassifizierten Entitäten – von Geist und Materie. In Begriffen der Informatik haben wir hier ein „Interface“ zwischen „res cogitans“ und „res extensa“. Offenbar leistet dieses Phänomen einen Brückenschlag zwischen zwei Welten – oder physikalisch gesprochen, eine Schnittstelle zwischen den Dimensionen. Die Lösung der anthropozentrischen Hybris könnte tatsächlich Quantengravitation lauten – doch vorerst muss dies noch experimentell verifiziert werden. Wir wollen daher die aktuell diskutierten Wege zu einer solchen Bestätigung recht ausgiebig untersuchen, denn die Klärung dieses Punktes ist von programmatischer Wichtigkeit für das Gelingen des Projektes der ganzen KI. Lässt es sich tatsächlich experimentell verifizieren, dass man technisch mittels Quantengravitation das Phänomen des Bewusstseins erzeugen oder zumindest adäquat simulieren kann, dann wäre der gesuchte Beweis erbracht.

Es bliebe dann immer noch Raum für Individualität und Indetermination der Person, denn die Quantenphysik ist *expressis verbis* die Quelle aller Indetermination. Die Frage ginge dann darum zu klären, wie die Indetermination der Quantenphysik „berechenbar“ technisch genutzt werden kann. Die aktuellen Vorschläge weisen sämtlich in Richtung eines

⁶⁶⁵ Hameroff, Stuart .R., and Penrose, Roger (1996): “*Conscious events as orchestrated spacetime selections*” / Journal of Consciousness Studies 3(1), 36-53.

⁶⁶⁶ <http://www.consciousness.arizona.edu/>

⁶⁶⁷ <http://www.quantumconsciousness.org/>

Quantencomputers⁶⁶⁸, um die komplexen Algorithmen⁶⁶⁹ der Quantenmechanik mathematisch und technisch umzusetzen und somit für KI nutzbar zu machen.

Beide Phänomene „*Bewusstsein*“ (*B*) und „*Quantengravitation*“ (*Q*) stellen die *einzig* *derzeit* *bekannt*en „*Ausnahmen*“, aus der ansonsten vom Urknall bis zum schwarzen Loch absolut konsistenten Theorie der Physik dar. Die bisher experimentell bestens bestätigte Theorie der sog. Quantenchromodynamik⁶⁷⁰ - bzw. QCD⁶⁷¹, die auch als Grundlage des sog. *Standardmodells*⁶⁷² aller Teilchen fungiert, erklärt bis auf diese beiden Ausnahmen den Kosmos vom Urknall bis zum schwarzen Loch perfekt⁶⁷³. Damit ist gemeint, dass man das Verhalten aller Objekte des Universums gemäß den Gesetzen der Statistik und der Stochastik jeweils soweit in ihrem Verhalten in der Zeit berechnen kann, wie es die Performance der genutzten Hardware gestattet – wenn es um Objekte in lediglich vier Dimensionen geht – wie etwa, Bäume, Tische, Galaxien oder Goldfische.

Dabei sind *B* & *Q* nur insofern „noch“ Ausnahmen, als dass die zugehörige Mathematik, um Quantengravitation - und „*Quantenphysikalisch korreliertes Bewusstsein*“⁶⁷⁴ - konsistent in die bislang gebräuchlichen Modelle der Naturbeschreibung einzubinden, derzeit noch sehr komplex und schwierig ist, weil potentiell noch mindestens eine fünfte Dimension mit berechnet werden muss – im Gegensatz zu Galaxien und Goldfischen, denen man eine geringere Dimensionalität, ohne sie abzuwerten unterstellt. Peter Shor hat dazu den bislang am weitesten bekannten Algorithmus für Quantencomputer⁶⁷⁵ entworfen, dessen mathematische Grundlagen heute stetig weiter verfeinert werden.

⁶⁶⁸ Deutsch, David (1985): “Quantum theory, the ChurchTuring principle and the universal quantum computer”/ Proc. Royal Soc. (London) A400:97117

⁶⁶⁹ vgl. Shor, Peter W. (1994): “*Polynomial time algorithms for discrete logarithms and factoring on a quantum computer*” / In: Algorithmic Number Theory. First International Symposium, ANTS1 Proceedings, Eds. L.M. Adleman and M.D. Huang / SpringerVerlag, Berlin

⁶⁷⁰ vgl. Fritzsche, Harald (2004): „*Elementarteilchen*“ / C.H.Beck Verlag / München

⁶⁷¹ Krämer, Michael / (18. Juli 1995) / „*QCD-Strahlungskorrekturen zur Photoproduktion von J/ψ -Teilchen*“ / Shaker Verlag

– siehe auch online: <http://de.wikipedia.org/wiki/Quantenchromodynamik>

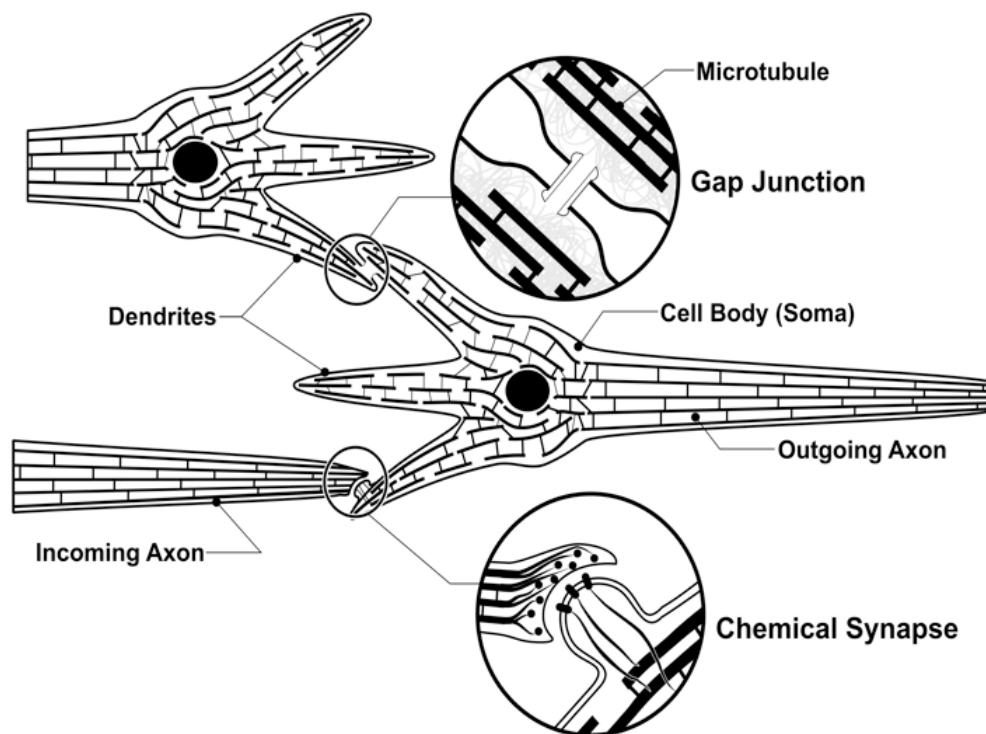
⁶⁷² Povh, Bogdan / Scholz, Christoph / Zetsche, Frank (2004): „*Teilchen und Kerne: Eine Einführung in die physikalischen Konzepte*“ / 6. Aufl. /Springer / S. 171

⁶⁷³ präzisierend muss erwähnt werden, dass Urknall und schwarze Löcher bislang zwar sehr exakt beschrieben werden können, jedoch *noch* nicht final erklärt werden können.

⁶⁷⁴ Zizzi, Paola (2000): “*Emergent consciousness: From the early universe to our mind - General Relativity and Quantum Cosmology*” / (Padua Observ.) . Jul 2000. 17pp. e-Print Archive: gr-qc/0007006 oder als PDF: <http://arxiv.org/abs/gr-qc/0007006>

⁶⁷⁵ Shor, Peter W. (1994): “*Polynomial time algorithms for discrete logarithms and factoring on a quantum computer*” / In: Algorithmic Number Theory. First International Symposium, ANTS1 Proceedings, Eds. L.M. Adleman and M.D. Huang / SpringerVerlag, Berlin

Der Quantencomputer ist der experimentell erfolgreiche Nachweis, dass die vierdimensionale Natur bis auf Ebene der Ultramikrostruktur des Kosmos den Gesetzen der Quantenmechanik exakt entspricht und sich sogar zur Informationsverarbeitung⁶⁷⁶ instrumentalisieren lässt. Penrose und Hameroff nahmen diese Fakten zum Anlass, die Verbindung zwischen den beiden Phänomenen B&Q sehr präzise neurophysiologisch und quantenphysikalisch zu untersuchen.



⁶⁷⁷ Diese Schema Zeichnung macht deutlich, wie die Mikrotubuli den Neuronen als Stützstruktur – sog. Cytoskelett⁶⁷⁸ dienen. Sie sind dabei unmittelbar involviert in synaptische Aktivitäten durch die wir rein geistige Willensäußerungen in körperliche Handlungen umsetzen. Es ist Gegenstand aktueller Forschung, ob und wie lange exakt, Zustände von Quantensuperpositionen innerhalb der Mikrotubuli vom Phänomen der sog. Dekohärenz abgeschirmt werden können, durch die molekulare Isolationswirkung der Tubulin Dimere.

Im Gehirn kommen Mikrotubuli so häufig vor, weil sie den Nervenzellen als Stützstruktur bzw. Zellskelette dienen, so die am weitesten verbreitete Auffassung. Die Mikrotubuli sind in ihrer Funktion als Stützstruktur allerdings noch nicht erschöpfend beschrieben, denn sie haben

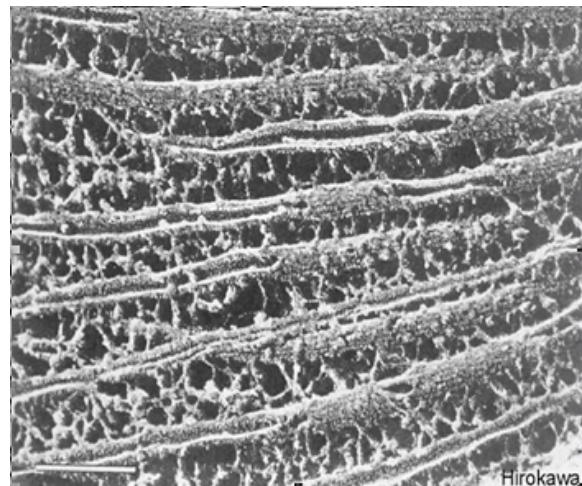
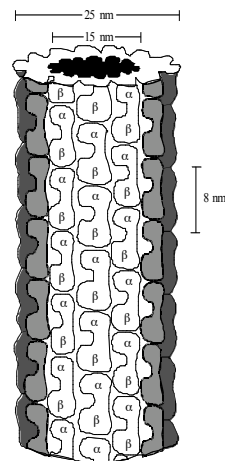
⁶⁷⁶ Wir werden uns in den folgenden Kapiteln noch dezidiert mit der Weise dieser fundamentalen Informationsverarbeitung beschäftigen. Siehe dazu:

Lloyd, Seth (2006): „Programming the Universe“ / Random House / New York

⁶⁷⁷ <http://www.quantumconsciousness.org/springer.htm>

⁶⁷⁸ Hirokawa, N. (1991): „Molecular architecture and dynamics of the neuronal cytoskeleton“, In pp 5-74. The Neuronal Cytoskeleton, RD Burgoyne (ed.), Wiley-Liss, New York

auch eine sehr interessante innere Struktur. Sie bestehen selbst aus molekularen sog. Tubulin-Dimeren⁶⁷⁹, die aufgrund der polaren räumlichen Struktur ihrer elektrochemischen Orientierung zwei verschiedene Zustände annehmen können. Diese Möglichkeit zur Alternierung des elektrischen Zustandes gestattet den einzelnen Tubulin-Dimeren eine Interaktion auf Grundlage der in der Informatik wohl vertrauten Regeln des binären Codes. Durch die Arbeit von Roger Penrose und Stuart Hameroff war es nun erstmals möglich, diese interne „Informationsverarbeitung“ der Mikrotubuli auf Grundlage der polaren Tubulin Dimeren als das Äquivalent eines sog. „Quantencomputers“⁶⁸⁰ zu beschreiben. Wir werden uns in der Folge mit den Details dieser Forschungen beschäftigen, denn trotz ihrer weitreichenden Unbekanntheit, sind die Mikrotubuli eine derart omnipräsente Struktur des Gehirns, dass ohne ein tieferes Verständnis ihrer Struktur und Funktion jede weiterführende Betrachtung des Gehirns extrem unvollständig und lückenhaft bleibt. Ihre Entdeckung ist erst mit den modernen bildgebenden Verfahren der Elektronenmikroskopie möglich geworden und daher sind sie erst seit etwa 1995 Gegenstand der praktischen Forschung. Nur weil diese molekularen Strukturen sehr klein sind, sind sie keinesfalls unbedeutend – das genaue Gegenteil ist plausibel, wie wir sehen werden.



681

⁶⁷⁹ Hameroff, Stuart / Penrose Roger (1996): „[Orchestrated Reduction Of Quantum Coherence In Brain Microtubules: A Model For Consciousness?](#)“ / In: *Toward a Science of Consciousness - The First Tucson Discussions and Debates*, eds. Hameroff, S.R., Kaszniak, A.W. and Scott, A.C., Cambridge, MA: MIT Press, pp. 507-540

⁶⁸⁰ Hagan S., Hameroff S., Tuszynski J. (2002): „*Quantum computation in brain microtubules? Decoherence and biological feasibility*“ / *Physical Reviews E*, 65, 061901

⁶⁸¹ Hameroff, Stuart / Tuszynski Jack (2004): „*Quantum states in proteins and protein assemblies: The essence of life?*“ / *Proceedings of SPIE Conference on Fluctuations and Noise*, Canary Islands, June 2004

Linke Abbildung: Microtubuli sind hohle zylindrische Polymere aus Tubulin Proteinen. Jedes dieser Proteine stellt ein sog. „Dimer“ aus Alpha und Beta Monomeren dar. Der Innendurchmesser beträgt 14 – 15 Nanometer und der Außendurchmesser ca. 25 nm.

Rechte Abbildung: Eine Aufnahme von Microtubuli durch ein Elektronenmikroskop, wie sie natürlich in einem neuronalen Dendriten angeordnet sind. Die Querverbindungen sind Proteine, die mit den Mikrotubuli direkt molekular verbunden sind, und eine feste räumliche Struktur, sowie eine „feldbasierte Kommunikation“ ermöglichen. Bildsektor: 100 nm.

Eine einzige Nervenzelle enthält ca. 10^7 Tubulin - Dimeren. Das Gehirn enthält wie erwähnt ca. 10^{11} Nervenzellen. Bei der Multiplikation zweier Exponentialzahlen ergibt sich wie bekannt eine Addition der Exponenten, was zum Ergebnis von 10^{18} Tubulin Dimeren im menschlichen Gehirn führt. Damit übertreffen die Tubulin Dimeren die bereits hohe Zahl der 100 Milliarden Nervenzellen noch einmal um einen Faktor 10 Millionen. Es erscheint insofern plausibel, dass einer Struktur, die 1000 Millionen Milliarden mal im menschlichen Gehirn existiert, eine „basic function“⁶⁸² zukommt. Penrose und Hameroff haben nach langer Untersuchung der physikalischen Bedingungen dieser Struktur der Fachwelt folgende Theorie vorgeschlagen:

Eine große Zahl von Tubulin – Dimeren (TD) – etwa 10^{10} tritt in einen sog. kohärenten Quantenzustand ein⁶⁸³. Die Verbindung der einzelnen TD geschieht dabei über einen in der Quantenphysik sehr gut erforschtes Phänomen des sog. Tunneleffekts. Wir werden uns in der Folge näher mit diesen Quantenphänomenen beschäftigen, hier soll es uns vorerst genügen, dass Zustände von Teilchen auf Ebene der Quantenphysik stets über eine sog. Schrödingergleichung⁶⁸⁴ beschrieben werden, die in ihrem Kern eine probabilistische Beschreibung darstellt. Die Wahrscheinlichkeiten, die in der Quantenphysik objektiv berechnet werden müssen, resultieren dabei nicht, wie oft kritisiert aus unzureichender Forschung, sondern sind objektiv die „Natur“⁶⁸⁵ der Quanten selbst. Juan Maldacena charakterisiert diese probabilistische „Natur“ der Quanten folgendermaßen:

⁶⁸² vgl. Dayhoff, J., Hameroff, S., Lahoz-Beltra, R., and Swenberg, C.E. (1994): „Cytoskeletal involvement in neuronal learning: a review.“ / European Biophysics Journal 23:79-83

⁶⁸³ Károlyházy, F., Frenkel, A., & Lukacs, B. (1986): “ On the possible role of gravity on the reduction of the wave function”. / In: “Quantum Concepts in Space and Time”, R. Penrose and C.J. Isham (eds.), Oxford University Press

⁶⁸⁴ Schrödinger, E. (1935) - (1983): „Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik“ / Naturwissenschaften, 23:807-812, 823-828, 844-849. (Translation by J. T. Trimmer (1980) in Proc. Amer. Phil. Soc., 124:323-338.) In: “Quantum Theory and Measurement” (ed. J.A. Wheeler and W.H. Zurek) / Princeton University Press

⁶⁸⁵ vgl. dazu: Deutsch, David (1985): “Quantum theory, the ChurchTuring principle and the universal quantum computer” / Proc. Royal Soc. (London) A400:97117

„Quantenobjekte haben keine eindeutig definierten Orte und Geschwindigkeiten, sondern lassen sich als Wahrscheinlichkeitswelle interpretieren, deren Messung stets mit einer gewissen Unschärfe behaftet ist. In der Quantenwelt ist im Grunde alles im Fluss – sogar der „leere Raum“. Er ist erfüllt von virtuellen Teilchen, die immerfort entstehen und gleich wieder vergehen.“⁶⁸⁶

Wer sich näher mit dieser oft diskutierten Problematik auseinandersetzen möchte, der sei auf die reichhaltige Diskussion und Literatur rund um die berühmte „Kopenhagener Deutung“⁶⁸⁷ der Quantenphysik verwiesen. Eine erschöpfende Erörterung ist in dieser Dissertation aus platzgründen nicht sinnvoll, jedoch werden wir Details soweit zwingend notwendig erklären. Der quantenmechanische Tunneleffekt⁶⁸⁸ ist aus den modernen Verfahren der Fertigung von Transistoren sehr gut erforscht. Infineon hat 2004 in Zusammenarbeit mit der technischen Universität Muenchen eine neue Generation sog. Tunnel – Feldeffekt Transistoren vorgestellt:

„Das ist ein entscheidender Durchbruch auf dem Weg, die Forschungsergebnisse bei TFETs für industrielle Applikationen umzusetzen, sagte Doris Schmitt-Landsiedel, Professorin an der Technischen Universität in München. (...) Der quantenmechanische Tunneleffekt, der bisher oft als parasitärer Effekt angesehen wurde, liegt hier dem Betrieb des neuen Bauelements zugrunde, sagte Thomas Nirschl, Entwicklungsingenieur bei Infineon und derzeit mit dem TFET-Forschungsprojekt an der Technischen Universität in München betraut.“⁶⁸⁹

Der Tunneleffekt, der eigentlich aufgrund seiner relativen „Regelwidrigkeit“ oder „störendem“ Verhalten als „parasitär“ angesehen wurde, wird durch die neue Fertigungsweise der Transistoren nun als „nutzbringend“ instrumentalisiert. Die zuvor störenden Einflüsse werden nun zu einer Steigerung der Performance des Transistors genutzt. Als „störend“ oder „parasitär“ wird der Tunneleffekt in technischen Bauteilen nur empfunden, weil er sich probabilistisch, sprich wahrscheinlichkeitstheoretisch bzw. zufällig verhält, was in klassischen Bauteilen immer ein Problem darstellt – in quantenmechanischen Bauteilen jedoch, wird diese Eigenschaft zur Grundlage der Funktion erhoben und zugleich zu einem entscheidenden Vorteil!

Eine Ladung, oder ein Zustandsparameter eines Teilchens, darf laut klassischer Betrachtung

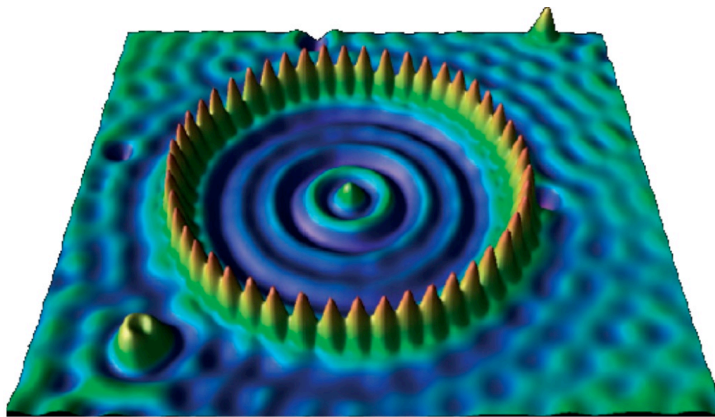
⁶⁸⁶ Maldacena, Juan (2006): „*Das Holografische Universum*“ /Spektrum der Wissenschaft März 2006 / S. 38

⁶⁸⁷ <http://www.quantenwelt.de/quantenmechanik/wellenfunktion/kopenhagen.html>

⁶⁸⁸ Atkatz, H. / Pagels H. (1982): „*Origin of the Universe as a Quantum Tunneling Event*“ / in: Physikal Review D / Vol. 25 / S. 2065

⁶⁸⁹ http://nachrichten.cfug.de/presse/detail/IEDM_2004 Infineon_praesentiert_neue_TunnelFeldeffektTransistoren_fuer_skalierbare_und_stromsparende_Prozesse_in_StandardSiliziumTechnologie.html

die begrenzenden elektrischen Potentiale seines Umfeldes solange nicht überwinden, bis es selbst höhere Potentiale erworben hat. Man spricht hier metaphorisch vom sog. „Ruhem in einer Potentialschüssel“⁶⁹⁰ – bzw. einem „Potentialtopf“⁶⁹¹. Allerdings geschieht es „regelwidrig“ permanent, dass trotz dem klassischen physikalischen „Verbots“ des Verlassens dieser „Schüssel“, genau dies auftritt. Die Erklärung liegt im Wahrscheinlichkeitscharakter der Teilchen selbst. Eine „feste“ Natur haben Teilchen wie oben bereits besprochen nicht, daher ist es ihnen möglich sich als Kraftfeld oder präziser als Funktion einer Wahrscheinlichkeit eines Kraftfeldes zu verhalten.



Das Teilchen in der Mitte ist offenbar „umstellt“ von anderen Teilchen – es ist „gefangen im Potentialtopf“. Der Quantentunneleffekt jedoch gestattet, mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit, den „Ausbruch“ aus diesem

*„Gefängnis“.*⁶⁹²

Viele Forscher haben sich über diese Erkenntnis mokiert⁶⁹³, und eingewendet, wenn alle Teilchen jedes Körpers nur eine Wahrscheinlichkeitsfunktion darstellen, dann sollte es auch für einen kompletten Menschen möglich sein, ohne Widerstand durch eine Wand zu gehen. Das ist sogar richtig. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit dass alle beteiligten Teilchen eines menschlichen Körpers kohärent in den Tunneleffekt eintreten, extrem nahe bei Null. Damit ist der Tunneleffekt an makroskopischen Objekten nahezu unmöglich, obwohl er im Mikrokosmos allgegenwärtig ist und eher die Regel als die Ausnahme darstellt.

⁶⁹⁰ Greene, Brian (2004): „Der Stoff aus dem der Kosmos ist – Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit“ / Siedler Verlag / München / S. 323

⁶⁹¹ <http://www.cip.physik.uni-muenchen.de/~milq/kap10/k102p01.html>

⁶⁹² Bild stammt aus Quarks und Co: Faszination Nanotechnologie – hier: Quantentunneleffekt (Das Bild ist lediglich eine Illustrationshilfe, die realen Bedingungen eines „Potentialtopfs“ sind rein energetisch und kaum bildlich darstellbar in ihrer Dimensionalität.)

⁶⁹³ vgl. Pauli, Wolfgang (1988): „Die Wissenschaft und das abendländische Denken“ / in: Dürr, Hans Peter (Hrsg.): *Physik und Transzendenz, Die großen Physiker unseres Jahrhunderts über ihre Begegnung mit dem Wunderbaren*, S. 193 – 205, erste Auflage der Sonderausgabe, Bern / München / Wien

Theoretiker wie Atkatz und Pagels oder Brout und Englert⁶⁹⁴, gehen soweit zu sagen, dass das gesamte Universum auf diesem „Tunneleffekt“ – dem permanenten Fluktuieren der Quanten zwischen „Sein und Nichtsein“ aufgebaut ist. Es liegt offenbar eine sehr tiefe Wahrheit hinter der Erkenntnis „*pantha rhei*“ – alles fließt, die Platon aus der Lehre Heraklits zog.

Die Tubulin – Dimere (TD) interagieren nach der Theorie von Penrose und Hameroff durch den Tunneleffekt miteinander, ähnlich dem Prozess der „sprunghaften“ Ladungsübertragung in einem Transistor. Diese Interaktion der TD stellt nach den Gesetzen der Quantenmechanik eine Informationsübertragung bzw. *Berechnung* dar. Somit stellen Tubulin Dimere (TD) als Stützstruktur der Microtubuli eine natürlich vorkommende Form von Qbits (QuantenBits) dar, wenn die Arbeiten von Hameroff und Penrose korrekt sind. Neuronen wären dann komplexe Aggregationen von Abermilliarden natürlichen organischen molekularen *Quantencomputern*. Dieser Aspekt genießt insofern eine hohe Plausibilität, da der Quantentunneleffekt quasi ein ubiquitäres Phänomen der Quantenphysik darstellt – evtl. sogar seine fundamentalste Eigenschaft – und die Microtubuli die mit Abstand häufigste Struktur im menschlichen Gehirn. Es benötigt eine sehr scharfsinnige Erklärung, wie der Quantentunneleffekt *nicht* Einfluss auf die Microtubuli haben sollte. Die physikalischen Größenordnungen stimmen exakt überein. Die Kritik setzt an der vergleichsweise hohen Temperatur im Gehirn an, die evtl. die den hoch empfindlichen Zustand der sog. *Superposition*⁶⁹⁵ – der elementar ist für Quantencomputer - stören könnte. Anton Zeilinger schreibt zur Superposition:

„Zu den neuen Grundprinzipien unserer Welt gehören der irreduzible Zufall, die *Superposition* (Überlagerung) und die quantenphysikalische *Verschränkung*.“⁶⁹⁶

Indem zwischen den TD eine so geartete Verbindung etabliert ist, kann auch die Kohärenz ihrer Wahrscheinlichkeitsfunktion erklärt werden. Quanten sind, solange man sie nicht beobachtet, in einem indifferenten Zustand, der besagten Superposition, in welcher sich zwei Quantenzustände überlagern und somit *simultan* existieren. Erst wenn man sie misst, und so notwendig mit ihnen interagiert, treten sie zeitweise in einen konkreten Zustand über. Der Messvorgang oder die Beobachtung selbst verursacht somit die Diskrepanz zwischen dem natürlichen Quantenzustand und seinen Messwerten. Diese sog. Heisenbergsche

⁶⁹⁴ Brout, R. / Englert, F. / Gunzig, E. (1978): „*The Creation of the Universe as a Quantum Phenomenon*“ / in: *Annals of Physics* / Vol. 115

⁶⁹⁵ Povh, Bogdan / Scholz, Christoph / Zetsche, Frank (2004): „*Teilchen und Kerne: Eine Einführung in die physikalischen Konzepte*“ / 6. Aufl. / Springer / S. 148

⁶⁹⁶ Zeilinger, Anton (2004): „*Einsteins Schleier*“ / C.H. Beck Verlag / S. 207 (*Hervorhebung im Original*)

Unschärferelation⁶⁹⁷ wurde zuerst auf die Unmöglichkeit der zeitgleichen Messung von Ort und Geschwindigkeit der Quanten zurückgeführt, stellte sich aber in der Folge als eine inadäquate Herangehensweise dar.

Teilchen und Quanten in der Welt des Mikrokosmos alternieren permanent zwischen den Modalitäten Existenz und Nichtexistenz. Dieses Phänomen ist heute am besten bekannt unter dem Namen der *Quantenfluktuationen – oder Quantumfoam*⁶⁹⁸. Es wurde zuerst bei Untersuchungen des Vakuums nachgewiesen, das Teilchen buchstäblich aus dem Nichts erscheinen und auch wieder dorthin verschwinden, allerdings gemäß präziser mathematischer Grundlagen⁶⁹⁹. Es findet ein Energieaustausch statt, der zweite Hauptsatz der Thermodynamik wird durch diese Fluktuationen nicht verletzt. Jedes „geliehene“ Teilchen wird später in Form von Energie zurückgezahlt an das Umgebungssystem. Oft ist dies die Raumzeit selbst, die wie erwähnt ebenfalls ein Kraftfeld⁷⁰⁰ darstellt. Das Kraftfeld der Raumzeit ist dabei als Epiphänomen der Gravitation seit Einstein bekannt. Die Krümmungsfunktion der 4. Dimension bildet auf diese Weise durch das Medium der Raumzeit das Kraftfeld der Gravitation. Gravitation wirkt so makroskopisch betrachtet rein geometrisch. Mikroskopisch betrachtet wirkt Gravitation jedoch nach den Gesetzen der Quantengravitation. Diese Inkonsistenz ist die größte „Hürde“ zu einer allgemein angestrebten „einheitlichen Theorie“. Das pikanteste Detail bei diesen Feinheiten der Quantenmechanik ist die Rolle des Beobachters, der ja letztlich allein durch den *Akt* seiner Beobachtung auf die extrem sensiblen Prozesse der Quantenmechanik einwirkt. Ein reflektierter Akt bewusster Beobachtung vermag ein physikalisches Faktum eines Quantenzustandes zu *verändern*. Was geschieht dort exakt? Anton Zeilinger, der erste dem es erfolgreich gelang Quanten zu teleportieren, schreibt dazu:

„This experiment lends support to the idea that the quantum state is just a *representation* of our *knowledge* and that this *knowledge* changes when an observation is made. Thus the reduction of the wave packet is just a *reflection* of the fact that the representation of our information has to change whenever the information itself changes as a *consequence of an observation*.“⁷⁰¹

⁶⁹⁷ Heisenberg, Werner (1958): „*Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie*“ / Hirzel / Stuttgart

⁶⁹⁸ Tryon, E.P. (1973): „*Is the Universe a Vacuum Fluctuation?*“ / in *Nature*, Vol. 246 / S. 396

⁶⁹⁹ vgl. Friedman, M (1983): „*Foundations of Space-Time Theories*“ / Princeton

⁷⁰⁰ Deutsch, David (1997): „*The Fabric of Reality*“ / Publisher Allen Lane/ the Penguin Press

⁷⁰¹ Zeilinger, Anton (2006): „*Science and ultimate reality*“ / Festschrift zu Ehren John Archibald Wheelers / Universität zu Wien / - siehe online: www.quantum.at oder: http://www.metanexus.net/ultimate_reality/zeilinger.pdf (*Hervorhebungen nicht im Original*)

Ist die Quantenphysik der Ort, an dem Bewusstsein und Quanten über eine gemeinsame Basis *kommunizieren* können? Alle bisher getätigten Quanten-Experimente weisen darauf hin.

Wir wollen diesen Exkurs in die Quantenphysik nutzen, um die Funktion der TD zusammen zu fassen. Im Gehirn befinden sich ca. 10^{18} Tubulin - Dimere. Gruppen von jeweils 10^{10} TD können jeweils in einen kohärenten Quantenzustand eintreten. Dies ist nicht etwa mehr als die Hälfte gleichzeitig, wie die Exponenten 10^{10} vs. 10^{18} suggerieren, sondern der *100 Millionste* Bruchteil ihrer Gesamtzahl.

Die kohärenten Quantenzustände entwickeln sich gemäß der probabilistischen Schrödingergleichung und kollabieren nach etwa 25 – 500 Millisekunden⁷⁰² wieder.

An diesem Punkt der Dauer setzt übrigens die härteste Kritik der Theorie an – es wird eingewendet, diese Phasen der Interaktion seien zu flüchtig und im Gehirn sei es thermodynamisch betrachtet zu *warm*. Im Mikrokosmos der Quantenwelt sind Millisekunden jedoch riesige Zeiträume und reichen vollends aus, um die winzigen Informationsmengen einzelner Quanten völlig hinreichend auszutauschen. Wärme verhindert Quantenprozesse nicht, es erschwert lediglich ihre Isolation von Umwelteinflüssen. Auch im Inneren der Sonne wo es empfindlich heißer ist als im menschlichen Gehirn, finden natürlich permanent Quantenprozesse statt – die Funktion der Sonne (Kernfusion) - basiert sogar auf ihnen. In diesen kurzen Phasen der sog. Superposition sind die einzelnen beteiligten Quanten weder definitiv existent – noch eindeutig nicht existent. Es ist ihnen naturwissenschaftlich „gestattet“ - ganz im Einklang mit Mathematik und Physik - sich für diese extrem kurzen Zeiträume im „Niemandland“⁷⁰³ des Quantenrauschens oder der Quantenfluktuation aufzuhalten. Ein Erklärungsansatz der theoretischen Physik ist die Möglichkeit der Quanten, ihren dimensional Bezugsrahmen zu wechseln. Sie alternieren - nach dieser Theorie - zwischen der 4. und der 5. Dimension, wobei ihre Interaktion in der 5. Dimension „zeitlos“ vonstatten geht, während wieder klassische Zeit verstreicht, sobald die Quanten durch Dekohärenz aus der 5. In die 4. Dimension „zurückfallen“.⁷⁰⁴ Dieser „Rückfall“ wird auch als „Kollabieren der Quantenfunktion“⁷⁰⁵ beschrieben und ist synonym mit Dekohärenz.

⁷⁰² Die mögliche Dauer der Superposition ist Gegenstand kontroverser Diskussionen. Limitierender Faktor ist die Güte der Isolation der Superpositionen von der Umwelt, denn jede Interaktion zerstört diesen hoch sensiblen Zustand, indem das Quant „zurückfällt“ in einen klassischen Zustand – man bezeichnet dies als sog. *Dekohärenz*.

⁷⁰³ Aharonov Y., and Vaidman, L. (1990): “*Properties of a quantum system during the time interval between two measurements*” / Phys. Rev. A. 41:11

⁷⁰⁴ vgl. 't Hooft, G. (1993): “*Dimensional reduction in quantum gravity*” / arXiv:gr-qc/9310026v1 – online unter: <http://arxiv.org/abs/gr-qc/9310026>

⁷⁰⁵ siehe: Nielsen, M. A. / Chuang, I. L. (2000): “*Quantum Computation and Quantum Information*” / Cambridge

In der weiter oben erarbeiteten Metapher der Dose „Tomatensuppe“ gesprochen, halten sich die Quanten in der 5. Dimension „unsichtbar“ im inneren der Suppe auf, wo sie zeitfrei beliebig kommunizieren können – und fallen auf den „Rand der Dose“ nach Kollaps der Superposition zurück, wo sie erneut vom „Fluß der Zeit“ erfasst werden, der ja das kennzeichnende Phänomen der 4. Dimension darstellt. Damit werden sie wieder „klassisch“ und wir können unsere Messinstrumente benutzen, was für die Phase der „Quanten in der Suppe“ leider technisch nicht möglich ist.

Den Wechsel zwischen den Dimensionen werden wir im Anschluss noch kritisch erörtern. Der Akt der Alternierung der Quanten zwischen diesen beiden fundamentalen Zuständen – Kohärenz und Dekohärenz entspricht der Etablierung von Interaktionsmöglichkeit im Zustand der Kohärenz der Quanten – und Beendigung dieses Zustandes durch Dekohärenz oder den Kollaps der Quantenfunktion bzw. Wellenfunktion. Mathematisch wird dies möglich, durch die Verortung der Quanten in den diskreten multidimensionalen Raum mit definierten Grenzwerten – man nennt ihn auch „*Hilbertraum*“⁷⁰⁶. Wir werden die Vorteile und Kritikpunkte einer solchen Theorie, der multiplen dimensionalen Aufenthaltsorte von Quanten später in der holographischen Theorie⁷⁰⁷ noch erörtern.

Wenn die Quanten zurückkehren, haben sie so beliebig oft die Möglichkeit gehabt miteinander in dieser kohärenten Funktion der Superpositionen Informationen auszutauschen. Der Informationsaustausch zwischen Quanten in der 5. Dimension ist als Austausch von Quanteninformation klar zu differenzieren vom Austausch klassischer Information! Das „Zurückfallen“ aus der Superposition löscht lediglich die Verbindung der kohärenten Quantenfunktion, nicht jedoch die Zustandsveränderungen der beteiligten Quanten. Dieser Zustand der kohärenten Korrelation der Quanten in der Superposition wird auch als sog. Verschränkung – bzw. „*entanglement*“⁷⁰⁸ bezeichnet. So resultiert nach jeder Phase der Superposition eine Neuverteilung der Information in der Quantenmatrix. Es ist dabei zu beachten, dass eine Transformation von Quanteninformation zu klassischer Information stattfindet. Dieses „*Entanglement*“ benutzt Anton Zeilinger als Basis seiner berühmten „Beam – Experimente“⁷⁰⁹, bei denen er quantenphysikalisch verschränkte Zustände von Teilchen wortwörtlich bevorzugt unter Wien hindurch „teleportiert“. Die Fachwelt erachtet diese

⁷⁰⁶ Cohen, D. W. (1989): „*An Introduction to Hilbert Space and Quantum Logic*“ / Berlin

⁷⁰⁷ Susskind, Leonard (1995): „*The world as a hologram*“ / hep-th/9409089, J. Math. Phys. 36 pp 6377-6396

⁷⁰⁸ Penrose, Roger (1998): „*Quantum Computation, entanglement and state reduction*“ / in: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A, 356 pp. 1927 - 1939

⁷⁰⁹ <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/9/9662/1.html>

erfolgreichen Experimente zur „drahtlosen“ Übertragung von Materie als die wertvollsten Bausteine für den zu konstruierenden Quantencomputer – das Herzstück der KI. Leider ist der Raum hier zu kurz, um diese Experimente umfassend zu beschreiben, aber wir können mit Verweis auf die Quellen fortan damit weiter arbeiten, dass Zeilinger dabei nicht „zaubert“ wie die Presse manchmal übertreibt, sondern einfach übergelagerte Dimensionen nutzt, wie im Beispiel unserer Tomatensuppe.

Der oben angesprochene delikate dimensionale Übergang findet also statt, während des Übergangs von Kohärenz zu Dekohärenz der Quantenfunktion. Da sich dieser Prozeß im Bereich von Millisekunden abspielt, und permanent stattfindet, wirkt er für Messgeräte oft wie ein „Rauschen“, wenn die untersuchten Zeiträume nicht temporal hinreichend präzise definiert sind. Der Messakt dieser extrem feinen Vorgänge wird tatsächlich durch die Wärme im Gehirn zusätzlich erschwert, jedoch keinesfalls unmöglich.

Jedes Quant kann während der kurzen Phase der Superposition mit jedem anderen interagieren. Die räumliche Separation der Quanten im 4D Raum ist in der Superposition durch einen weiteren Freiheitsgrad des 5D Raumes obsolet. Alle involvierten Quanten verhalten sich im Zustand der Superposition als seien sie *ein einziges Quant*. In der Theorie des „Holographischen Prinzips“ werden wir erörtern, welche guten Gründe es gibt, die tatsächlich nahe legen, dass alle Abermilliarden Quanten, aus der Perspektive multipler Dimensionen, tatsächlich nur ein einziges Quant *sind*.

Die Superposition ist nach dieser Theorie für die beteiligten Quanten vergleichbar damit, was für die Neuronenmatrix die Neurotransmitter darstellen – *ein Kommunikationsmedium* – allerdings eines, das sich der Freiheitsgrade einer weiteren Dimension bedient.

Die Oszillation der Quanten zwischen Sein und Nichtsein – oder Kohärenz und Dekohärenz – oder mathematisch, zwischen 4. und 5. Dimension – ist sehr gut untersucht und experimentell in zahlreichen und unabhängigen Studien beobachtet und belegt. Die wirklich offene Frage jedoch bleibt, *warum* Quanten diese Funktion permanent in genau dieser Weise ausführen?

Man weiß, dass Männer im Vergleich zu Frauen weniger Worte täglich nutzen, aber gegenüber einem Quant, wäre das Mitteilungsbedürfnis einer Frau geradezu vernachlässigbar. Quanten tun tatsächlich nie etwas anderes als zu kommunizieren – das ist ihr *Sein*.

So wird es nun in anderem Lichte verständlich, warum etwa Luhmann sich entschieden hat, die Gesellschaft nicht aus Personen, sondern aus Kommunikationen aufgebaut zu verstehen. Das „Atom“ der Gesellschaft ist die Kommunikation – nicht die Person.

Das „Atom“ eines Quants ist ebenfalls seine Kommunikation – aufgebaut aus einzelnen Informationen - Kommunikation ist seine „*Seinsweise*“, wenn es „*in der Zeit*“ beobachtet

und gemessen wird. Was das Quant genau tut, wenn es nicht in der Zeit ist – sprich in der 5D „Suppe“, muss aktuell noch gefolgert werden, aber es gibt starke Hinweise⁷¹⁰ darauf, als würde es nur noch „intensiver“ und völlig „barrierefrei“ kommunizieren – was auch sonst? Der bislang einzige erfolgversprechende Ansatz zur Klärung dieser Frage, liegt in der Theorie der Quantengravitation. Er besagt, dass die 4 Naturkräfte in Korrelation stehen zu den klassischen 4 Dimensionen der Raumzeitmatrix. Wenn also ein Übergang zwischen Dimensionen erfolgt, dann muss er induziert sein, durch eine dieser 4 Naturkräfte. Aufgrund umfangreicher mathematischer Berechnungen⁷¹¹, scheiden alle Kräfte bis auf die Gravitation für diese Rolle aus. Das Indiz des mathematischen Ausschlußverfahrens hat also bereits den Zusammenhang von dimensionaler Interaktion und Gravitation erwiesen⁷¹² – was noch fehlt ist der Beleg im Experiment, den auch Menschen und nicht nur Computer als „glaubhaft“ empfinden. Nach Ansicht von Penrose und Hameroff kann dieser Nachweis nun erstmals erbracht werden, durch die Untersuchung der Mikrotubuli – in denen genau dieser Prozess der „*Quantum Communication*“⁷¹³ permanent geschieht.

Das Mikrotubuli den Prozeß des Quantentunneleffektes nutzen, wäre - wenn der Nachweis gelingt – exakt das gesuchte Experiment mit impliziter Möglichkeit zur Verifikation, dass Quantengravitation und Bewusstsein vereinen kann. Dazu jedoch bedarf es so hochgradig präziser Messungen, dass die heute verfügbaren Instrumente *noch* überfordert sind. Es besteht jedoch gute Aussicht, dass die Geräte dazu in relativ kurzer Zeit verfügbar sein werden. Der derzeit modernste im Bau befindliche Apparat zur Messung von Quanten ist der LHC⁷¹⁴ (Large Hadron Collider) des Cern. Die exakteste Maschine zur Messung der Gravitation ist das LIGO⁷¹⁵ (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory) des MIT. Der LHC wird 2007 fertig gestellt, die zweite Ausbaustufe des LIGO in 2013. Beide Projekte stellen enorme Forschungsinvestitionen dar, und werden von der internationalen Fachwelt mit Spannung erwartet. Die größte Hoffnung liegt dabei darauf, dass man sowohl die Quantengravitation durch den Nachweis des Higgs Bosons erklären kann, als auch darin, die möglichen weiteren Dimensionen nachzuweisen, die sich bei ausreichender Größe über ihre spezifische Energie

⁷¹⁰ vgl. Tombesi, Paolo / Hirota Osamu (2001): „*Quantum Communication, Computing, and Measurement 3*“ / Springer

⁷¹¹ siehe dazu das Kapitel über Superstring Theorie und Loop Quanten Gravitation

⁷¹² Károlyházy, F., Frenkel, A., & Lukacs, B. (1986): “ *On the possible role of gravity on the reduction of the wave function*”. / In: “*Quantum Concepts in Space and Time*”, R. Penrose and C.J. Isham (eds.), Oxford University Press

⁷¹³ Tombesi, Paolo / Hirota Osamu (2001): „*Quantum Communication, Computing, and Measurement 3*“ / Springer / S. 31

⁷¹⁴ <http://lhc.web.cern.ch/lhc/>

⁷¹⁵ <http://www.ligo.caltech.edu/>

Absorption in energetisch sehr schwierig zugänglichen Bereichen verraten würden. Für die KI Forschung hat damit ein „Wettrennen“ begonnen. Wird KI zuerst durch den Nachweis der Quantengravitation im menschlichen Gehirn, durch fortgeschrittene technische Werkzeuge in den Bedingungen seiner praktischen Möglichkeit belegt, oder wird KI während der Konstruktion dieser Werkzeuge bereits als Epiphänomen aus den dazu notwendigen Handlungen emergieren? Kurz – stellen wir KI performativ praktisch „her“ bevor ihre Möglichkeit per Experiment bewiesen ist? – Wäre dies möglich, so könnte uns KI quasi mit ihrer Präsenz „überraschen“.

3.2.4 Die vier logischen Positionen der Quantenphysik und ihre Kritik

„Consciousness is not a big problem.

I think consciousness is simply what it feels like to have a cortex.“

*Jeff Hawkins*⁷¹⁶

Eine Metaphorik, um diesen recht abstrakten Prozess der oben erörterten *Superposition* mit anschließender *Dekohärenz* „lebensweltlich“ zu veranschaulichen, wäre etwa ein Geschworenen Gericht, das sich vor der Verkündung des Urteils zur Beratung in einen abgeschirmten Raum zurückzieht. Wir wollen diese Metapher recht ausführlich durchspielen, weil das Verständnis dieses Prozesses wie besagt das „Herzstück“ des für KI notwendigen Quantencomputers darstellt:

Das Schicksal eines des Mordes Angeklagten ist ungewiss – gleichsam in *Superposition*, solange die Geschworenen (Quanten) hinter verschlossenen Türen (in der „höherdimensionalen“ Suppe der obigen „Dosen“-Metapher) über Freispruch oder Todesstrafe diskutieren. Die Diskussion wollen wir als *kohärenten* Zustand der Geschworenen - bzw. der Quanten bezeichnen, denn alle sind hermetisch von ihrer Umwelt isoliert (Dosenblech)– der Physiker nennt dies wie besagt *Verschränkung* oder *entanglement*⁷¹⁷. Die Geschworenen sind idealerweise unvoreingenommen und lauschen wechselseitig ihren Argumenten, bringen selbst neue Argumente hervor, wägen die Plädoyers der Anwälte ab, erörtern die Indizien – die Diskussion ist in einer ausgeglichenen „Schwebe“ – es herrscht idealisiert ein Zustand, als seien alle Geschworenen *ein und dieselbe* Person - die Kommunikation zwischen ihnen läuft idealisiert betrachtet „verlustfrei“. Es herrscht bildhaft gesprochen quasi das exakte Gegenteil menschlicher Kommunikation. Systemisch besteht kein Unterschied zwischen dieser hermetisch von der Außenwelt isolierten Kommunikation der Geschworenen – und einem Zwiegespräch mit sich selbst. Die Menge der Geschworenen ist sich selbst reflexiv – sie haben dafür auch theoretisch beliebig viel Zeit, können sich, wenn sie es für nötig halten sogar ihren Lebenslauf gegenseitig darlegen, denn sie sind in der „Suppe“ und somit „ausserhalb der Zeit“.

Sowohl Quanten in *Superposition* – als auch Geschworene in einem idealisierten Beratungsraum sind sich selbst „transparent“ – so als wären sie „eine Person“. Da in der

⁷¹⁶ Hawkins, Jeff (2004): „*On Intelligence - How a new understanding of the brain will lead to the creation of truly intelligent machines*“ / Times Books / New York / S. 194

⁷¹⁷ vgl. Zeilinger, Anton (2004): „*Einsteins Schleier*“ / C.H. Beck Verlag – oder ergänzend online: http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_entanglement

Superposition alle Quanten *verschränkt* agieren, geschieht ihre Kommunikation synchron instantan – es vergeht keine Zeit dabei. Das ist der Unterschied zum realen Raum der menschlichen Geschworenen, die um sich selbst transparent zu werden, viel Zeit zur Kommunikation benötigen. Diesen Unterschied nutzt ein Quantencomputer um seine enorme Geschwindigkeit zu realisieren – das Quant kommuniziert *mit sich selbst* – ohne Zeitverlust. Die realen Geschworenen kommunizieren *untereinander*, verbrauchen also Zeit dabei, weil diese Kommunikation über verschiedene Instanzen wie Stimmbänder und Ohren gebremst wird. Letztlich besteht die Notwendigkeit von „Beratungszeit“ für die Geschworenen nur dadurch, dass sie ihre „Köpfe“ nicht „verschmelzen“ können, um wie „ein Geist“ zu denken – sondern sie müssen dazu „in der Zeit“ kommunizieren.

So hatten wir eingangs mathematisch Information definiert, über ihre *Veränderung in der Zeit* vom Zustand $P_0 \rightarrow P_1$, als die resultierende Funktion: $I_1 = K \ln P_0$ ⁷¹⁸

Diese Formel bedeutet sprachlich umgesetzt nichts weiter, als dass der Parameter Zeit homogen alternierend zur Grundlage von verschiedenen Zuständen eines beliebigen Informationstragenden Systems, zu zwei differenten *Zeitpunkten* herangezogen werden kann, wenn auch die Systemzustände als homogen alternierend definiert werden.

Diese Definition ist somit zugleich mathematisch exakt – wie auch rekursiv und damit Paradox. Aufgrund des von Gödel klar formulierten bereits oben angesprochenen Satzes der Unvollständigkeit⁷¹⁹, muss eine Definition in letzter Konsequenz auch stets auf sich selbst zurück verweisen, weil die exogene Grundlage des Systems eben noch unbekannt ist und auch stets bleiben muss, wenn man Definitionen in der Sprache der klassischen Logik⁷²⁰ formuliert. Der einzige denkbare Ausweg, aus der Zirkularität von Definitionen dieser klassischen Art, wäre der Verweis auf die Option nicht klassisch logischer Kategorien.

Die Quantenphysik wie auch die Superstringtheorie haben Wege aufgezeigt das zu bewerkstelligen. Man muss dies bei der Definition von Information berücksichtigen, wenn man Zirkularität vermeiden will. Wir wollen an dieser Aufgabe arbeiten:

Exakt hier müssen wir also in den Indizes der obigen Gleichung eine Erweiterung vorschlagen, denn die strikt lineare Progression der Zeit-Funktion von Information berücksichtigt nur klassische Zustände. *Quanten verhalten sich ausdrücklich nicht klassisch.* Dennoch verarbeiten Quanten eindeutig Information, wie z.B. Zeilinger mit Experimenten zur

⁷¹⁸ Brillouin, Leon (2004): „*Science and Information Theory*“ / Courier Dover / S. 1

⁷¹⁹ Gödel, Kurt (1931): „Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I“ / publiziert 1931 in „Monatshefte für Mathematik und Physik“

⁷²⁰ Kutschera, Franz von (1985): „*Der Satz vom Ausgeschlossenen dritten: Untersuchungen über die Grundlagen der Logik*“ / Walter de Gruyter

Quantenkryptographie⁷²¹ gezeigt hat. Wenn wir dies ohne Formel ausdrücken wollen, dann einfach dadurch, dass Information mehrere klassisch differente Zustände in nicht klassischen Systemen *zugleich* annehmen kann. Informationen dürfen - nicht klassisch - *identische* Zustände annehmen, zu beliebigen Superpositionen konvergieren und sich völlig kohärent verhalten, im Unterschied zur klassischen Information. Das heißt für unsere Beispiel der Geschworenen soviel wie:

Die Quanten eines Quantencomputers sind nicht temporal konditioniert, oder durch die Obergrenze der Lichtgeschwindigkeit „gebremst“, denn sie dürfen in der Superposition „ihre Köpfe verschmelzen“, oder um genauer zu sein, sie verschmelzen sogar ihre ganzen Körper. Quanten verlieren in der Superposition ihre Identität, um wie eine Superidentität ohne „Reibungsverluste“ wechselseitig oder quasi in einem „inneren Monolog“ miteinander zu kommunizieren.

Man hat diese exotisch anmutende Fähigkeit der Quanten unzählige Male experimentell bestätigt, und sie ist in der Literatur unter „Verschränkung“, „Superposition“ oder auch „geisterhafte Fernwirkung“ bekannt, wie Einstein dieses Phänomen nannte, der es mit „Spuk“ gleichsetzte, weil es seiner Meinung nach dem gesunden Menschenverstand widersprach. Auch Genies sind zum Irrtum fähig, und so muss heute jeder Physiklaborant Versuche zur Quantenverschränkung alltäglich beherrschen.

Wenn wir nun zu unserem Beispiel der Geschworenen zurückkehren, so wird das Urteil erst konkretisiert – durch Informationsaustausch der Quanten bzw. Diskussion der Geschworenen (mit sich selbst) im (höher dimensional) idealisierten *zeitfreien* Beratungsraum.

Schuldig oder unschuldig – 0 oder 1 wird durch diese „Überlagerung“ von einem unklaren Zustand in einen diskreten Zustand überführt. Die „Abschirmung“ der hoch sensiblen Superposition durch den Beratungsraum (Dosenblech), entspricht der Rolle der geometrischen⁷²² Wirkung der Gravitation, die für die Quanten sozusagen eine Art physikalischen Beratungsraum erzeugt. Auch für den Quantenzustand ist die Abschirmung existentiell, bei Verlust der Abschirmung kollabiert die hoch fragile Superposition sofort, und die Möglichkeit zur zeitfreien Kommunikation der Quanten entfällt schlagartig.

(die Suppe würde auslaufen – und das Resultat wäre ein Kommunikationsproblem durch Verlust der Ungestörtheit der Quanten) Das liegt daran, dass jeder Akt der Beobachtung auch ein Messvorgang ist, der Information aus dem Quantensystem extrahieren könnte.

Es ist daher für ein Quantensystem in Superposition kategorisch unmöglich, Information nach

⁷²¹ vgl. Zeilinger, Anton (2004) „*Einsteins Schleier*“ / C.H. Beck Verlag

⁷²² Greene, Brian (2004): „*Der Stoff aus dem der Kosmos ist – Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit*“ / Siedler Verlag / München, S. 317

aussen zu geben, denn dadurch würde die Superposition notwendigerweise sofort aufgehoben. Das macht diesen Prozeß derartig sicher für Informationsübertragung, dass Physiker von „Abhörsicherheit per Naturgesetz“ sprechen. Auch der Bundestag hat die hohe Bedeutung von Datensicherheit inzwischen neu bewertet, seit es z.B. Chinesen im August 2007 gelungen ist, sehr vertrauliche Daten der Regierung⁷²³ im großen Stil anzugreifen. Um die Öffentlichkeit über Möglichkeiten zur Prävention zu informieren, hat man am 13.09.2007 eine Erklärung zur von Zeilinger entwickelten Quantenkryptographie ins Netz⁷²⁴ gestellt. Die „Enklave“ der völligen Isolation des Quantensystems kann bereits durch ein Luftmolekül oder ein Lichtteilchen zerstört werden – nur in dieser extremen Abschirmung kann eine Superposition existieren. Ein „Spion“ oder „Hacker“ würde sich durch den Kollaps der Superposition sofort verraten und der Datentransfer würde zusammen brechen. Gravitation allein vermag eine solche Enklave der Isolation natürlicherweise im Raum zu erzeugen, soviel ist experimentell verifiziert, seit man Gravitationswellen messen kann. Künstlich erzeugt man solche Systeme mittels verschränkter Photonenpaare. Was in dieser Enklave *exakt* geschieht, ist bislang noch reine Theorie. Messbar ist aber sehr wohl das Resultat. Verschränkte Quanten sind nach ihrer wechselseitigen „Offenbarung“ wie Zwillinge. Sie „wissen“ jedes Detail vom jeweils anderen, und dies auch noch, wenn man sie weit entfernt voneinander, experimentell nach dem „Zwilling“ befragt. Die Information speichern die Quanten in ihren internen Zuständen, die man je nach Art des Experiments wie in einem „Verhör“ abfragen kann. Die Identität der einmal so verschränkten Quanten ist *vollkommen*, so als würde aus dem Beratungsraum der Geschworenen nach deren Beratung nur noch eine einzige „kollektive Person“ heraustreten. Es resultieren völlig „synchronisierte“ Quanten, jede Information des einen ist notwendig nach der Verschränkung zugleich die Information des anderen. Das Quant im „Zwiegespräch“ mit sich selbst, erinnert an den Prozess der Dialektik. Nach Pro und Contra, These und Antithese folgt *das Urteil*. Auch die Geschworenen kommen final zu einem Urteil, es ist somit vergleichbar dem Ergebnis der „Überlagerung“ von verschiedenen Positionen. Hegel würde nach seiner *Philosophie des Rechts* vermutlich zustimmen:

"(...)so ist das Dialektische auch die Seele alles wahrhaft wissenschaftlichen Erkennens."⁷²⁵

⁷²³

http://www.welt.de/webwelt/article1134078/Chinesen_hacken_deutsche_Regierungscomputer.html?page=7

⁷²⁴ <http://netzpolitik.org/2007/bundestag-erklaert-die-quantenkryptographie/>

⁷²⁵ Hegel, G. W. F. (1955): „*Grundlinien der Philosophie des Rechts*“ (ed. Hoffmeister), Hamburg, S. 190

Dies ist der alles entscheidende schicksalhafte Moment für den Angeklagten – hier gehen die vorherigen reinen Wahrscheinlichkeiten über in konkrete Realität. Aus Quanteninformation wird klassische Information. Aus einer Überlagerung von 0 und 1 wird konkret 0 oder 1.

Dieser Moment - das springende Quant - kann über Leben und Tod entscheiden.

Die Tür des Beratungsraumes öffnet sich – das Urteil ist gefällt - die Abschirmung der Superposition bricht zusammen – die Quanteninformation wird klassisch - die Physiker sprechen von Kollaps der Wellenfunktion – dem Ende der Ungewissheit, in dem die Superposition gleichsam „zwischen den Welten“ schwebt. Dies ist der Moment der sog. *Dekohärenz*.

Die Identität der grundsätzlich verschiedenen Positionen – Freispruch oder Todesurteil – 0 oder 1 – ist die Paradoxie in diesem Beispiel. Der Punkt, der nach klassischer Logik „undenkbar“ ist, Schrödingers Katze⁷²⁶, die zugleich lebendig und tot ist, oder das oben angesprochene „*Tertium non datur*“⁷²⁷, dass eben nur *nicht klassisch* doch „gegeben“ sein kann.

Der Urteilsspruch schließlich ist die bereits wieder nach *klassischer Physik* ablaufende Folge des Kollaps der Wellenfunktion – die Dekohärenz spielt die kausal ursächliche Rolle jedoch im Zustand der *Quantenphysik*. Somit ist die Dekohärenz so etwas wie das *Interface* oder die *Schnittstelle* zwischen klassischer- und der Quantenfunktion. Metaphorisch gesprochen, ist Dekohärenz so etwas wie ein „Tor“ zwischen den „Welten“.

Die Exekutive, die den Delinquenten schließlich seiner Strafe oder Freilassung zuführt - entspricht den Neuronen, die schlussendlich ein Aktionspotential abfeuern – oder eben nicht.

Die Information ist durch diese Kette der Ereignisse aus dem Zustand der Quanteninformation in den Zustand der klassischen Information transformiert worden. Das Resultat, nach der „Besprechung“ nun als elektrochemisches Muster in den Neuronen der Geschworenen realisiert, kann dann wie gewohnt in einer Kette der Reizweiterleitung über Synapsen und Dendriten in einem Muskel anlangen, wo etwa eine Kontraktion elektrochemisch initiiert wird – z.B. die Verkündung des Beratungsergebnisses, das Betätigen des Schalters an einem elektrischen Stuhl, oder die Öffnung der Handschellen – und die Freilassung des Delinquenten.

Dieses Beispiel lässt sich auf jeden denkbaren „Quantensprung“ anwenden. Stets muss aus

⁷²⁶ Meissner, Walter (1992): „Wie tot ist Schrödingers Katze?: Physikalische Theorie und Philosophie / B.I. Wissenschaftsverlag

⁷²⁷ Kutschera, Franz von (1985): „*Der Satz vom Ausgeschlossenen dritten: Untersuchungen über die Grundlagen der Logik*“ / Walter de Gruyter

reinen Wahrscheinlichkeiten eine konkrete Realität geformt werden – Luhmann würde sagen, dass die „doppelte Kontingenz“ in eine Konkretion transformiert wird - in Diskussionen, bei Tunneleffekten, bei einem Ehekrach, bei Superpositionen, in einem Krieg, während eines Flirts, etc....

Der Übergang zwischen makroskopischen Wahrscheinlichkeiten erscheint grundlegend different, von dem Übergang mikroskopischer Wahrscheinlichkeiten. Dies ist ein populärer Irrtum. Wer etwa würde zustimmen, dass ein ganzer Krieg zwischen Nationen durch eine einzige Dekohärenz entschieden werden kann? Es kommt allerdings lediglich darauf an, wo exakt sich diese eine winzige *Dekohärenz* ereignet – z.B. in einem Tubulin Dimer, in einem Mikrotubuli, in einem der basalen Neuronen, genau am neuralgischen Punkt des limbischen Systems im Stammhirn eines psychisch und physisch völlig desolaten Diktators – der Churchill plötzlich die Kapitulation anbietet (was er nicht tat – aber hätte tun *können*). Ein einzelner Quantensprung *kann* entscheidend sein für das Schicksal von Millionen Menschen... Diese Kapitulation wurde nie angeboten, mit bekannten fürchterlichen Folgen. In der Chaostheorie⁷²⁸ ist diese Argumentation bekannt und ausführlich diskutiert worden unter dem Stichwort, „*der Schmetterlingsflügelschlag der einen Hurrican auszulösen vermag*“.

Der Volksmund kennt die Fragilität von komplexen Zuständen durch die Rede vom „seidenen Faden“, an dem der Legende nach das Damoklesschwert hing. Es wird nun möglich zu denken, dass jedes Schalten eines Neurons, als systemische Substruktur jeglichen Gedankens und jeglicher Handlung, physikalisch und physiologisch, durch einen wie oben skizzierten Prozess eines „Geschworenen Gerichts“ *verhandelt* wird. Der Zufall verschwindet damit aus den Prozessen der menschlichen Entscheidungsfindung, zumindest, wenn wir diesem Gedankengang Plausibilität zuerkennen. Hinzu tritt, dass solche Prozesse, wie wir sie hier ausführlich dargestellt haben, in milliardenfacher Weise parallelisiert im Gehirn stattfinden, wenn Penrose und Hammeroff richtig liegen, und in den Tubulin Dimeren der Mikrotubuli Quantenprozesse bis in die neuronale Interaktion hineinwirken – was zumindest plausibel ist. Auch wenn die Kommunikation auf Ebene der Neuronen durch Chemikalien wie Neurotransmitter und Hormone wesentlich einfacher zu veranschaulichen ist, weil die beteiligten Komponenten allesamt noch molekulare Größe haben und uns somit lebensweltlich näher stehen, so ist der Kommunikationsvorgang auf mikroskopischer Ebene der Tubulin Dimere nicht weniger effizient. Die Information der „Exekutive“ – der Neuronen – ist anschaulicher und scheint von größerer Wichtigkeit. Zudem handelt beinahe alle

⁷²⁸ vgl. Prigogine, Ilya, (1995): „*Die Gesetze des Chaos*“, Campus Verlag / FFM - New York

Literatur der Bildungsgeschichte von diesem Aspekt unserer Physiologie, der sich per Mikroskop untersuchen lässt. Man kann Neuronen sezieren und im Labor präpariert elektronisch gesteuert zum „Feuern“ reizen⁷²⁹. Ein idealer Untersuchungsgegenstand, so ideal, dass man darüber ein Paradigma der Lehre etablieren kann – und dies auch getan hat. Die Information der Quanten hingegen scheint eher diffus und kompliziert – evtl. weniger wichtig. Sie ist schlecht zu untersuchen, schwierig zu verstehen und kaum im Labor zu beherrschen, zudem unglaublich teuer in der Laborpraxis. So kann es wenig verwundern, welchem Aspekt der Aktivität des Gehirns die größere Bedeutung beigemessen wird. Allerdings macht der „gut sichtbare“ Teil von Eisbergen bekanntlich nur ein siebtel seiner Größe aus, und genau dieser Umstand sorgt für die von Kuhn so trefflich herausgearbeiteten periodischen Paradigmenwechsel⁷³⁰, der sich neu etablierenden „Lehrmeinungen“.

Das *Gegenteil* dieser klassischen und verbreiteten Auffassung ist also sehr viel wahrscheinlicher, nicht zuletzt im Fall des menschlichen Gehirns aufgrund der wesentlich höheren Zahl der beteiligten Einheiten, sowie der ungleich schnelleren Signalweiterleitung zwischen Quanten als zwischen Neuronen. Wenn die neuronale Aktivität das „gut sichtbare“ erste Siebtel des Eisberges ausmacht, dann ist die Quantenaktivität des Gehirns der 6/7 Aspekt des Eisberges, den man gewohnheitsmässig übersieht.

Die Ebene der Quanten ist nicht deswegen weniger relevant, weil sie allgemein als schwerer verständlich dargestellt wird – und man es daher vorzieht, im grob strukturierten klassisch neurochemischen oder mechanischen Bereich zu denken. Wie Leibniz⁷³¹ das Gehirn noch als Konstrukt von „*Hebeln und Zahnrädern*“ begreifen wollte, oder Newton, der sich vornehmlich mit Sternen und „legendären Äpfeln“ seine mathematischen Formeln⁷³² visualisierte, oder Gerhard Roth,⁷³³ der das Gehirn noch immer als einen Ort der rein elektrochemischen Prozesse beschreibt. Das Gehirn ist sicherlich ein Ort, an dem Mechanik und Elektrochemie ihre funktionalen Entsprechungen finden, aber es ist sicherlich *kein* Ort,

⁷²⁹ Tsodyks, M. & Markram, H. (1997): „The neural code between neocortical pyramidal neurons depends on neurotransmitter release probability.“ / Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 94

⁷³⁰ Kuhn, Thomas S. (1996): „*The Structure of Scientific Revolutions*“ / University of Chicago Press

⁷³¹ Leibniz (1996): „*Philosophische Schriften*“ / Hg. Hans Heinz Holz. 4 Bände. Frankfurt/Main / Suhrkamp 1986, Neuauflage 1996

⁷³² Newton, Isaac (1872): „*Mathematische Prinzipien der Naturlehre*“ / unveränderter fotomechanischer Nachdruck der Ausgabe von 1872, Darmstadt 1963

⁷³³ Roth, Gerhard, (2003): „*Aus Sicht des Gehirns*“ / Suhrkamp / Frankfurt

der damit bereits erschöpfend beschrieben wäre – dass wäre in überzeichneter Weise gesprochen so, als wollte man eine Mona Lisa mit einer Klobürste auf eine Leinwand aufmalen – wenn dieser Vergleich mir verziehen wird.

Es muss vielmehr allgemein, sowohl in der öffentlichen wie in der fachlichen Auseinandersetzung ein erneuter „Paradigmenwechsel“ stattfinden. Das Gehirn in Neuronen und EKG's und molekularer Chemie zu beschreiben ist nur eine Seite der Medaille, die leider bislang primär rezipierte. Die Aspekte der Quantenphysik für das Gehirn, sind jedoch mindestens genauso relevant, eher sind sie sogar noch fundamentaler als die gebräuchliche klassische Betrachtung. Solange auch unter Wissenschaftlern aber noch Berührungängste mit der Quantenphysik vorherrschen, wird man weiter bemüht sein, dieses neue revolutionäre Wissen zu stigmatisieren. Der Vorschlag eines auf quantenphysikalischen Prozessen arbeitenden biologischen Gehirns klingt in vielen Ohren noch wie der Aufruf zur Rückkehr zur Metaphysik. Das genaue Gegenteil ist aber der Fall.

Der alte „Glaube“ eines metaphysischen „Rests“, der den Begriffen Geist und Seele innewohnt, wird mit der Quantenphysik „verweltlicht“ und erstmals „berechenbar“⁷³⁴. Die Mystik wird endgültig verabschiedet, wenn die letzte Domäne - die Unerklärlichkeit des menschlichen Geistes – sich in mathematischer Berechenbarkeit auflöst. *Geist – Bewusstsein und Intelligenz* sind - wenn diese These zutrifft – zu 6/7 ein Phänomen⁷³⁵ der Quantenphysik – und zu 1/7 ein Phänomen der klassischen neuronalen Elektrophysiologie - aber lassen wir die Experimente entscheiden, (wir werden nicht lange warten müssen).

Dann wird auch der KI der mathematische Weg zu den „höheren“ Funktionen der Intelligenz geöffnet, und sie muss sich nicht „zufrieden geben“, mit dem Sieg im Schachspiel⁷³⁶ über ihren „Erbauer“. KI kann dann über den Weg der Quantenphysik am vollen geistigen Leben einer intelligenten Entität teilhaben – es sei denn wir postulieren weiterhin einen „metaphysischen Rest“ als Aspekt der Funktionen von Bewusstsein, wovon sich diese Dissertation mit Nachdruck distanzieren möchte.

Erst wenn diese Anschauung größere Verbreitung findet, werden die Universitäten und Forschungseinrichtungen sich neu ausrichten können, die Fördergelder neuere Ansätze unterstützen, und auch die Politik neue Akzente setzen können. Die Nation, die diesen

⁷³⁴ Tombesi, Paolo / Hirota Osamu (2001): „*Quantum Communication, Computing, and Measurement 3*“ / Springer

⁷³⁵ theoretisch ist es zudem möglich, dass zudem noch Effekte noch höherer Dimensionen als der 5. An Prozessen des Gehirns beteiligt sind, daher ist die Aufteilung mit 6/7 Quantenphysik und 1/7 klassische Neurochemie lediglich als ein vorläufiges Modell der Erklärung zu sehen.

⁷³⁶ <http://www.academicchess.com/Focus/DeepBlue/Deepbluebiomatch.shtml>

Wandel am schnellsten vollzieht, wird wirtschaftlich und technisch im Vorteil sein. Es wäre nicht zuletzt ein enormes Sicherheitsrisiko für unsere Regierung und alle hiesigen Unternehmen, wenn man nicht sehr schnell begäme in z.B. Quantenkryptographie zu investieren, denn *jede* andere Verschlüsselung wird früher oder später „gehackt“. Hier heute Versäumnisse zuzulassen, bringt evtl. nicht nur China in eine vorteilhafte Situation. Der Unterschied zwischen klassischer Berechnung von Information und der Berechnung von Quanteninformation in höherdimensionalen Räumen, ist z.B. vergleichbar dem zwischen Kopfrechnen und Benutzung eines Supercomputers zur Zerlegung einer 100 stelligen Zahlenfolge in seine Primzahlfaktoren. Ein Quantencomputer kann ganz legitim eine große Zahl von Berechnungen *zeitgleich* – bzw. *zeitsynchron* – ausführen. Im Zustand der Superposition ist dies gestattet. Ein klassischer Rechner, muss alle Berechnungen in einer *zeitlichen Abfolge* – bzw. *zeitlich linear* erledigen. Der Unterschied ist von kategorialer Dimension.

„Verglichen mit einem klassischen PC, so berichtete die New York Times, nehme sich ein Quantencomputer «wie die Kernkraft zum Feuer» aus.“⁷³⁷

Die Fähigkeit überhaupt *Entscheidungen* zu treffen, sowie die enorme Leistungsfähigkeit, die das menschliche Gehirn nach eingehenden Studien aufweist, könnte also zu einem signifikanten Anteil aus der Nutzung von Quanteneffekten resultieren, und damit könnte zugleich die enorme Leistung wie auch die holographische Struktur seiner Arbeitsweise erklärt werden. Es gibt bislang keinen weiteren tragfähigen Ansatz, wie ein rein klassisches neuronales System, das notwendigerweise *determiniert* wäre, zu einer einzigen „freien“ Entscheidung fähig sein sollte. Es würde wahrscheinlich wie die heute noch gebräuchlichen Computer „abstürzen“, oder in einer Feedback Schleife „hängen bleiben“.

Zu obiger Interpretation von Penrose und Hameroff gibt es auch alternative Modelle und wir wollen die Varianten von Henry Stapp und John Eccles zum Abschluss noch erörtern, zunächst jedoch ist von großem Interesse, was es denn für die Neuronen überhaupt an Nutzen bringt, wenn ihre Stützstruktur eine Möglichkeit besitzt, auf Ebene der Quanten zu operieren, zu rechnen und zu kommunizieren.

Hameroff und Penrose haben den Begriff der sog. „*Objektiven Reduktion*“ (OR)⁷³⁸ geprägt,

⁷³⁷ Die neue Galerie Luzern nutzt dies Zitat der New York Times übrigens als „Teaser“ zu ihrem Symposium über Quantencomputer und Bewußtsein im Januar 2007 auf Ihrer Website: http://www.neugalu.ch/d_bienn_2007.html#9

⁷³⁸ Hameroff, Stuart / Penrose, Roger (1996): "*Orchestrated reduction of quantum coherence in brain microtubules: A model for consciousness*". In: Toward a Science of Consciousness-The

nachdem die Quantenzustände bei ihrem Kollaps in einen eindeutigen biologischen Zustand reduziert werden. Damit ist vereinfachend gemeint, dass die Quanten wenn sie aus der Superposition (dem Beratungsraum) zurückkehren, wieder einen konkreten klassisch wohl definierten Zustand annehmen. Die Interaktion der Atome und Moleküle der Tubulin Dimere (TD), erfordert wie in jeder anderen Struktur von Materie in regelmäßigen Abständen die physikalische Präsenz der Teilchen (die Urteilsverkündung) – das „Zurückkommen“ aus der Superposition - dies ist die „Objektive Reduktion“ - oder auch „OR“.

Die konzertierte Reduktion oder Dekohärenz von sehr vielen Quanten zeitgleich, wird als „Orchestrated OR“ – oder kurz „Orch-Or“⁷³⁹ bezeichnet.

Eigentlich sollte durch dieses permanente Alternieren der Materie ein „Flackern“ oder „Flimmern“ optisch alle Materie kennzeichnen, allerdings ist eine Kohärenz von Existenz und Nichtexistenz stets nur mit begrenzter Anzahl von Quanten zeitgleich wahrscheinlich. (der Beratungsraum kann nur eine maximale Zahl von Geschworenen zeitgleich beherbergen). Daher geben Penrose und Hameroff auch gleich die maximale Zahl der TD an, die sich zeitgleich zur „Selbstreflexion“ bzw. Diskussion zurückziehen können, in die zeitlose Superposition – es sind nach ihren Berechnungen 10^{10} Tubulin Dimere, wobei eine noch größere Zahl von Quanten involviert ist, die diese TD konstituieren.

So ist die „Objektive Reduktion“ zu einem konkreten Zustand scheinbar der normale Zustand der Materie und der Zustand der Superposition und der Nichtexistenz scheinbar der exotische Zustand – objektiv jedoch sind beide Zustände gleich normal bzw. exotisch. Optisch bleibt in der Summe immer die Täuschung der Permanenz der Existenz, auch wenn real ein permanentes Alternieren – oder „Flackern“ - der Fall ist. Dieses Flackern ist ein „deutliches“ Indiz der Existenz höherer Dimensionen⁷⁴⁰, in die Quanten permanent wechseln müssen, um scheinbar kurzzeitig zu „verschwinden“. Der experimentelle Nachweis dieser Dimensionen inspiriert aktuell die Fachwelt stark und man untersucht dieses „Flackern“ unter dem elaborierten Terminus des „*dimensional crossover and quantum fluctuations*“⁷⁴¹.

Man kann es sich metaphorisch illustrieren, mit der Illusion bei einem Film eine homogene Bewegung der Schauspieler auf der Leinwand wahrzunehmen. Bei näherer Betrachtung der Zelluloidrolle des Kinoprojektors fällt jedoch auf, dass lediglich 24 Bilder pro Sekunde in

First Tucson Discussions and Debates, Eds. S. Hameroff, A. Kaszniak, and A. Scott. MIT Press, Cambridge, MA

⁷³⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Orch-OR#The_Orch_OR_model%23The_Orch_OR_model

⁷⁴⁰ vgl. Herrmann, Kay (1994): „*Einheit und Höherdimensionalität-(Unitarity and Higher Dimensionality)*“, Frankfurt a.M./ Berlin/ Bern/ New York/ Paris/ Wien

⁷⁴¹ Singer, Johannes Maria / Schneider Toni (2000): „*A Phase Transition Approach to High Temperature Superconductivity*“ / Imperial College Press / S. 277

reinen Momentaufnahmen vorhanden sind. Langsam abgespielt wirkt der Film eher sequentiell – die Bilder „Flackern“ auf und ab - doch bei genau der richtigen Geschwindigkeit zur Täuschung unserer Sinne, wirkt ein Film sehr homogen und realistisch wie nahtlos aufgezeichnete Bewegungen. Die Illusion ist also stets dann als „perfekt“ anzusehen, wenn unsere Sinne keinerlei Differenz mehr zwischen Simulation und Realität wahrnehmen können. Die scheinbar permanente Existenz der Materie ist eine optisch genauso perfekte Illusion, wie die Kontinuität eines Kinofilms, lediglich mit wesentlich mehr „Bildern pro Sekunde“.

Wie kann man die permanente Fluktuation der Quantenzustände nun aber adäquat korrelieren mit der Tätigkeit der Neuronen selbst?

Da die Neuronen ja zur Ausführung ihrer Signalfunktion auf permanent existente Moleküle zurückgreifen müssen, wie etwa die Neurotransmitter Acetylcholin, Adrenalin oder Serotonin, darf die Fluktuation ihrer TD diese „makroskopische“ Neuronenfunktion nicht unterbinden, sondern sie eher fördern bzw. ermöglichen. Nach Penrose und Hameroff wird die neuronale synaptische Verbindungsaktivität, wie etwa die per Ionisation gesteuerte Ausschüttung der Neurotransmitter über die sog. Vesikel der Neuronen, maßgeblich über die Aktivität der TD als winzige molekulare „Quantencomputer“ beeinflusst⁷⁴². Das gewohnte und bekannte Wissen über klassische elektrochemische Neurophysiologie wird durch die neu hinzutretende Quantenebene also nicht „falsch“ – sondern vielmehr fundamental ergänzt und präzisiert. Man braucht keine Lehrbücher umschreiben, wie bei der Wende von Ptolemäus zu Kopernikus, sondern beides Wissen kann harmonisch koexistieren – wie auch bei der Wende von Newton zu Einstein. Lediglich wäre die eine Lehre ohne die andere *unvollständig*. Es fehlen sehr bedeutende 6/7 der Theorie, in der Metapher des Eisbergs gesprochen schlichtweg noch. Ihre mathematische Ausformulierung ist die notwendige Bedingung zur Konstruktion einer KI, die dem Menschen ebenbürtig sein kann, anstatt ein „plappernder Blechautomat“. Dabei tritt als interessantes Faktum unterstützend hinzu, dass sowohl die Größendimensionen als auch die Isolierung von der Außenwelt auf diese Art und Weise rechnerisch Quanteneffekte als Beeinflussung der Neuronen zulassen, die exakt den neurobiologischen Rahmendaten⁷⁴³ entsprechen, wie H. Fröhlich bereits im Vorfeld dieser Theorie mit seinen Schriften zur Dielektrizität und Fähigkeit zur Kohärenz⁷⁴⁴ in biologischen Molekülen

⁷⁴² Hameroff, S., Nip, A., Porter, M., & Tuszynski, J. (2002): “*Conduction pathways in microtubules, biological quantum computation and microtubules*” / Biosystems 64(13)

⁷⁴³ Fröhlich, H. (1975): “*The extraordinary dielectric properties of biological materials and the action of enzymes*”. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 72, 4211-4215

⁷⁴⁴ Lauck, L. Vasconcellos, A.R., Luzzi, R. (1992): “*On Fröhlich’s coherent effects in*

dargelegt hat.

Mit einem Satz zusammengefasst besagt die Theorie von Penrose & Hameroff:

Bewusstsein ist ein Phänomen der Quantengravitation der Neuronensubstruktur und *evoziert* nicht klassisch den Kollaps der quantenmechanischen Wellenfunktion der klassischen elektrophysiologischen Aktivität der Neuronen und damit die Kaskade der Reizweiterleitung der Neuronen.

Die temporal kausale Richtung der Abläufe – der implizite Zeitpfeil – weist vom primären Phänomen des Bewusstseins auf das sekundäre Phänomen der Aktionspotentiale der Neuronen. Oder mit Blick auf die Zeitlichkeit gesprochen – die Nicht-Zeitlichkeit geht der Zeitlichkeit voraus. Wir verlassen nun diese hier etwas ausführlicher diskutierte Theorie und sehen uns ihre Mitstreiter näher an:

Der klassischen Logik zufolge sind exakt *vier Positionen* zum Verhältnis zwischen B = Bewusstsein und Q = Quantenphysik möglich:

- 1.) Beide Phänomene B & Q sind kausal unabhängig. (Seth Lloyd)
- 2.) Phänomen B evoziert kausal Phänomen Q. (Penrose & Hameroff & Eccles)
- 3.) Phänomen Q evoziert kausal Phänomen B. (Gerhard Roth)
- 4.) Phänomen B & Q sind identisch. (Henry Stapp)

Als Vertreter der 1.) Möglichkeit – der kausalen Unabhängigkeit von Quantenphysik und Bewusstsein – soll hier ein Zitat aus einem Interview mit Seth Lloyd dienen:

Nanomagazine: What is your opinion of artificial intelligence? Does thinking involve quantum calculations (Like Penrose hypothesizes)?

Seth Lloyd: That is a bold conjecture of Penrose. He has done it in a scientific fashion, because he has made a statement which can be proven to be incorrect. *I think that it is incorrect that microtubules perform computing tasks in the brain, in the way that he and Hammerhoff have proposed. The brain is a hot, wet place. It is not a very favorable environment for exploiting quantum coherence. The kinds of superpositions and assembly/disassembly of microtubules for which they search, do not seem to exhibit quantum entanglement. But until we fully understand these mechanisms, we cannot be sure.* I don't believe that the methods that they suggest would work.

The brain clearly isn't a classical, digital computer by any means. *But my guess is that it performs most of its tasks in a "classical" manner.* If you were to take a

large enough computer, and model all of the neurons, dendrites, synapses, and such, that you could probably get the thing to do most of the tasks that brains perform. *I don't think that the brain is exploiting any quantum dynamics to perform tasks*“.⁷⁴⁵

Seth Lloyd, der viel Aufsehen erregte mit seiner Berechnung des „ultimate laptop“⁷⁴⁶, kommentiert hier kritisch das Penrose & Hameroff Modell. Seiner Ansicht nach, spielen Quanteneffekte im Gehirn keine oder nur eine Nebenrolle. Das Gehirn ist seiner Meinung nach thermodynamisch zu „warm“, um Quanteneffekte zuzulassen. Allerdings gibt er auch zu bedenken, dass man über diesen Punkt nicht sicher sein kann, bis die Thermodynamik der Quantenphysik besser verstanden ist.

John Eccles Ansatz ist mit seinem Ansatz analog zu Penrose und Hameroff (s.o.) in die Klasse der Vertreter der logischen Option 2.) einzuordnen – zudem tritt er zugleich proaktiv gegen die logische Option 4.) der Identitätsbehauptung an:

„Wir können annehmen, dass die Erfahrungen des selbstbewussten Geistes eine Beziehung zu neuronalen Ereignissen im Liaison-Gehirn haben, indem *eine Beziehung der Interaktion* vorhanden ist, *die bis zu einem gewissen Grad Korrespondenz ergibt, jedoch nicht Identität*.“⁷⁴⁷

John Eccles hat sich über Jahrzehnte hinweg mit der Leib Seele Problematik auseinandergesetzt. Sein Focus liegt bei dieser Frage ebenfalls auf den Vorgängen am synaptischen Spalt sowie dem Transport und der Ausschüttung der Transmitterstoffe. Seine Theorie lässt sich zusammengefasst dadurch charakterisieren, dass der „Geist“ oder das „Selbst“ die auf Quantenmechanik zurückgehenden Wahrscheinlichkeiten, der Emission von Neurotransmittern aus neuronalen Vesikeln, aus sog. „parakristallinen präsynaptischen Vesikelgittern“ ändert und so die gesamten „Schaltvorgänge“ im Gehirn beeinflussen kann⁷⁴⁸. Diese parakristallinen präsynaptischen Vesikelgitter sind eine Substruktur, die er aufgrund mangelnder instrumenteller Methoden lediglich postulieren konnte. Ein reales Pendant dazu wären nach heutigem Wissen etwa die Microtubuli, die Penrose und Hameroff erklären.

⁷⁴⁵ Lloyd, Seth (2002): „Interview mit „Nanomagazine“ zum „Orch-Or“ Modell von Penrose & Hameroff“ (Hervorhebungen nicht im Original)-
http://www.nanomagazine.com/i.php?id=2002_11_17

⁷⁴⁶ Lloyd, Seth (2000): „Ultimate Laptop“ / New York Times / 5. September, 2000

⁷⁴⁷ Popper, Karl R. / Eccles, John C. (1982): „Das Ich und sein Gehirn“ / Piper / München / S. 435 (Hervorhebung im Original)

⁷⁴⁸ vgl. Eccles, John C. (1994): „Wie das Gehirn sein Selbst steuert“ / Berlin / Heidelberg / S. 101 ff u. 118 ff

Eccles zufolge „zeigt die Anwendung der Quantenphysik auf die Ultra-Mikrostruktur und Funktionsweise des Gehirns (...), dass eine mentale Tätigkeit die neuronalen Reaktionen verstärken könnte, indem sie die Quantenwahrscheinlichkeit erhöht, ohne mit den Erhaltungssätzen der Physik in Konflikt zu geraten.“⁷⁴⁹

Eccles Konzept der „Steuerung des Gehirn durch sein Selbst“ – lässt sich kurz fassen durch: Bewusstsein steuert Quanten bzw. B wirkt kausal auf Q – er argumentiert klar für die logische Option 2.). Es ist hierbei bemerkenswert, dass die eigentliche Rolle der „Entscheidung“ einer neuronalen Situation für „Neuron feuert oder nicht“ – allein der Quantenfunktion zukommt. Dieses Modell ist damit ausdrücklich indeterministisch.

Die Umkehrung der Kausalität – das inverse Element zu Option 2.) ist die Option 3.) – sie würde den Kollaps der Quantenfunktion als den Urheber des Bewusstseins betrachten. Diese Option entspricht einer Umkehrung des Zeitpfeils in die „klassische“ Richtung, daher findet diese Version trotz ihrer ausgeprägten logischen Problematik bislang noch immer großen Fürspruch. Diese Option führt einen impliziten Determinismus mit ein, denn Bewusstsein wird so zu einem Sekundärprodukt der Quantenfunktion, die über die möglichen Inhalte eines Bewusstseins prädoppiert. Die Quantenfunktion selbst ist diesem Modell nahezu „bedeutungslos“ denn alle ihre Fluktuationen werden durch ein statistisches Mittelmaß des „Quantenrauschens“ quasi gegenseitig aufgehoben. Der Kollaps der Quantenfunktion wird hier zwar als existent anerkannt, sogar eine Funktion wird ihr zuerkannt – aber die Entscheidung für „Neuron feuert oder nicht“ kommt allein den deterministischen makrophysikalischen Vorgängen der Neuronen selbst zu. Dazu ein Zitat von Gerhard Roth, eines Vertreters dieser Auffassung:

„Es gibt also Systeme, die völlig determiniert arbeiten, aber in ihrem mittel- und langfristigen Verhalten nicht präzise voraussagbar sind *und so tun*, als seien sie indeterministisch. Daraus folgt logisch, dass ein System, das in seinem Verhalten nicht präzise voraussagbar ist, durchaus völlig deterministisch sein kann. *Es könnte aber auch tatsächlich indeterministisch arbeiten – wie beim menschlichen Verhalten – willensfrei sein.*“⁷⁵⁰

Das Problem, dass die Determination aufwirft, ist die Inkommensurabilität mit der Willensfreiheit. Roth sieht die Lösung darin, dass der Mensch - *möglicherweise* - keinen freien Willen hat, sondern lediglich „*so tut*“. Diese Haltung ist logisch zulässig, allerdings ist

⁷⁴⁹ Eccles, John C. (1994): „*Wie das Gehirn sein Selbst steuert*“ / Berlin / Heidelberg / S. 29

⁷⁵⁰ Roth, Gerhard, (2003): „*Aus Sicht des Gehirns*“ / Suhrkamp/ Frankfurt / S. 169
(Hervorhebung nicht im Original)

sie streitbar, wirkt willkürlich und trägt keinerlei weiterführenden epistemologische Freiheitsgrade in sich.

Henry Stapp präferiert daher Option 4.), die diese Determinanz obsolet werden lässt. Es resultiert die bislang ungeklärte Frage: Welcher Faktor ist primär und welcher determiniert? – wenn beide Faktoren kausal korreliert sind – *muss* einer primär sein – oder etwa nicht?

Henry Stapp, der sich intensiv mit dem Zusammenhang von Quanteneffekten an neuronalen Elementen wie Transmitter Vesikel und Ionen Membranen beschäftigt hat, schlägt in seinen frühen Publikationen eine Umkehrung der Kausalität von Option 2.) vor – wechselt jedoch in späteren seiner Publikationen diese Position gegen eine absolute *Identität*.⁷⁵¹

„Henry Stapp views the universe as a single quantum wave function. Reduction of part of it within the brain is a conscious moment (...). Reduction/collapse is consciousness, but its cause and distinction between universal wave function and that within the brain are unclear.“⁷⁵²

Stapp zufolge, leisten die Quanteneffekte bei der räumlichen Unbestimmtheit der Kalziumionen⁷⁵³ einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis der mentalen Vorgänge. Das Feuern der Neuronen hängt entscheidend vom Transport bzw. Vorhandensein von Neurotransmittern ab. Die Ausschüttung eines Transmitters aus einem sog. Neurotransmitter Vesikel, ist durch das Vorhandensein einzelner Kalziumionen bestimmt. Das Vesikel dient dabei gleichsam wie ein „Ventil“ für die Neurotransmitter und die Kaliumionen determinieren durch ihre lokale Konzentration am Ausgang des Vesikels, der wie ein molekularer „Ring – bzw. Schließmuskel“ aufgebaut ist, die letztliche Freisetzung oder Blockade der Neurotransmitter in den synaptischen Spalt. Kurz: elektrisches Potential *schaltet* Ausschüttung – oder nicht, je nach Potentialhöhe.

Wegen der Größe und Geschwindigkeit der Kalziumionen, die als „Schalter“ für die Ausschüttung dienen, kommen für diese selbst, Stapp zu Folge, ebenfalls quantenphysikalische Effekte⁷⁵⁴ in Betracht. Herrscht also an einem Vesikel beim Eintreffen eines Aktionspotentials eine Wahrscheinlichkeit von etwa 50% für die Ausschüttung von

⁷⁵¹ vgl. Stapp, H.P. (1993): „*Mind, matter and quantum mechanics*“ / Berlin/ Springer Verlag/ S. 37 ff.

⁷⁵² Hameroff, Stuart (2005): „*Consciousness, Neurobiology and Quantum Mechanics: The Case for a Connection*“, In: *The Emerging Physics of Consciousness*, edited by Jack Tuszynski / Springer-Verlag / In press 2005/ S. 32 (*Hervorhebung im Original*)

⁷⁵³ vgl. Stapp, H.P. (1993) *Mind, matter and quantum mechanics*. Berlin, Springer Verlag, S. 132 ff.

⁷⁵⁴ Laut Stapp sind die relevanten Zahlen hierbei eine Dauer von 200 Mikrosekunden und eine Entfernung von etwa 50 Nanometer, für die Quanteneffekte der Kalziumionen.

Transmittern, so kann es für n Synapsen zu 2^n verschiedenen Zuständen kommen, bevor dieser „Möglichkeitenraum“ oder „Kontingenzzraum“ durch ein „Ereignis“ oder eine Messung zu einem eindeutigen Zustand reduziert wird. Denn egal wie hoch die Zahl der Quantenmechanischen Überlagerungen der verschiedenen elektrischen Potentiale auch sein mag, schließlich ist es die nachgewiesene Eigenschaft der Neuronen, dass *stets* nur zwei Ergebnisse resultieren: Das Neuron feuert - oder es tut es nicht – 1 oder 0.

Laut Henry Stapps Untersuchungen *ist* es diese hochdimensionale Überlagerung von „Neuron feuert“ bzw. „Neuron feuert nicht“ – Zuständen⁷⁵⁵, die durch ihre Möglichkeit zur Reduktion in einen konkreten klassischen Zustand das Wesen *sämtlicher* mentaler Fähigkeiten und Vorgänge ausmacht.

Die Charakterisierung seiner Arbeit durch das obige Zitat mit der Beschreibung - „*Reduction/collapse is consciousness*“ – wird so also verständlich. Stapp bezieht final die Position einer *Identitätsbehauptung* zwischen Quantendekohärenz und Bewusstsein. Wenn wir die vier Ansätze rekapitulieren, so können wir nun den *vier logischen Optionen der Quantenphysik*, sowohl ihre Fürsprecher als auch deren Kernthesen zuordnen:

- 1.) Seth Lloyd argumentiert klar für eine kausale Unabhängigkeit: „*I don't think that the brain is exploiting any quantum dynamics to perform tasks*“. *s.o.*⁷⁵⁶

Er schlägt hingegen vor, dass alle Prozesse in Universum wie auch Gehirn, auf fundamentale Prozesse der Informationsverarbeitung⁷⁵⁷ zurückzuführen sind:

$B \neq Q$

- 2.) A.) Penrose und Hameroff sehen die Phänomene Bewußtsein und Quantengravitation kausal verknüpft: „*acts of consciousness are non-algorithmic, i.e., non-computable, and they are neurophysiologically realized as gravitation-induced reductions of coherent superposition states in microtubuli*“ *s.o.*⁷⁵⁸ – *final wirkt sich Bewußtsein*

also auf Realität aus, durch das Medium der Quantengravitation: $B \rightarrow Q$

- 2.) B.) John Eccles sieht die Ursache für die Quantenprozesse im Gehirn, als eine *Modalität* der Steuerung des Gehirns durch sein Selbst bzw. Bewusstsein: „*dass eine mentale Tätigkeit die neuronalen Reaktionen verstärken könnte, indem sie die*

⁷⁵⁵ vgl. Stapp, H.P. (1993): „*Mind, matter and quantum mechanics*“/ Berlin /Springer Verlag / S. 152 ff.

⁷⁵⁶ Lloyd, Seth (2002): „*Interview mit „Nanomagazine“ zum „Orch-Or“ Modell von Penrose & Hameroff*“ - siehe auch online: http://www.nanomagazine.com/i.php?id=2002_11_17

⁷⁵⁷ Lloyd, Seth (2006): „*Programming the Universe*“ / Random House / New York

⁷⁵⁸ Hameroff, Stuart (2005): „*Consciousness, Neurobiology and Quantum Mechanics: The Case for a Connection*“, In: *The Emerging Physics of Consciousness*, edited by Jack Tuszynski / Springer-Verlag / In press 2005 / S. 32

*Quantenwahrscheinlichkeit erhöht“ s.o.⁷⁵⁹ – final wirkt also ebenfalls: **B -> Q***

- 3.) Gerhard Roth argumentiert für eine kausale Determination des Bewusstseins durch sog. „Makrophysikalisches Geschehen“ – die Gesetze der Physik: „*Es gibt nicht den geringsten Hinweis dafür, dass Quantenprozesse im Gehirn (...) eine Rolle spielen.*“⁷⁶⁰ (*menschliches Verhalten kann logisch sowohl determiniert sein wie auch nicht – zumindest das Gehirn jedoch ist durch die Neurophysiologie „makrophysikalisch“⁷⁶¹ determiniert.*) – final ist „*makrophysikalisches Geschehen eben auch Quantenphysik, und wenn Roth darin die Ursache für Bewusstsein sieht, dann sagt er: **Q -> B***
- 4.) Henry Stapp argumentiert klar für eine wortwörtliche Identität von Quantenfunktion und Bewußtsein: „*Reduction/collapse is consciousness“*. s.o.⁷⁶² – final: **Q = B**

Wir können somit logisch notwendig folgern, gleichgültig welches Resultat durch künftige noch präzisere Messungen und Forschungen als die „richtige“ Lösung der Problematik hervorgehoben werden wird, es *muss* eine Lösung sein, die unter die Obermenge dieser vier logischen Varianten fällt. Mehr Möglichkeiten sind klassisch logisch im vierdimensionalen Raum nicht gestattet. Die logische Menge der Varianten ist damit in sich abgeschlossen. Es ist bei dieser Bestimmung wichtig zu bemerken, dass es gleichgültig bleibt, wie viele Dimensionen zu dem Ergebnis des Phänomens Bewusstseins letztlich beitragen, im für uns *relevanten* vierdimensionalen Raum findet die *final entscheidende* Reduktion aller n-dimensionalen physikalischen Ereignisse zu dem Phänomen Bewusstsein statt. Alle weiteren Dimensionen dürfen zwar *beteiligt* sein, sind aber für das Phänomen des Bewusstseins in seiner für uns einzig zugänglichen Wahrnehmung – *der Selbstreflexion* – irrelevant. Bewusstsein lässt sich weder messen noch beweisen – man hat lediglich ein „Gefühl“ davon, dass man zumindest selbst über eines verfügt. Diese Gewissheit verliert sich jedoch in pure Spekulation, sobald man auch nur über Mitmenschen redet. Die Philosophie nennt diese Problematik mit den Worten Sartres: „*die Klippe des Solipsismus*“⁷⁶³. Die Zahl der in das Phänomen Bewusstsein involvierten Dimensionen darf damit theoretisch „0 bis unendlich“ betragen – denn das Resultat einer n-dimensionalen Überlagerung kann

⁷⁵⁹ Eccles, John C. (1994): „*Wie das Gehirn sein Selbst steuert*“ / Berlin / Heidelberg/ S. 29

⁷⁶⁰ Gerhard Roth in einem Interview auf einem Symposium in Luzern - 6. biennalen internationalen Symposium zu Wissenschaft, Technik und Ästhetik" 22.-23. Januar 2005: siehe dazu: <http://www.neugalu.ch/> und: <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/4/4853/1.html>

⁷⁶¹ s.o.: <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/4/4853/1.html>

⁷⁶² vgl. Stapp, H.P. (1993): „*Mind, matter and quantum mechanics*“ / Berlin / Springer Verlag/ S. 37 ff.

⁷⁶³ Sartre, Jean-Paul (1993): „*Das Sein und das Nichts*“ / Reinbek / S. 408

stets nur „makrophysikalische“ Ereignisse im 4D Raum erzeugen, derer wir sinnlich gewahr werden können. Menschen die dennoch behaupten, ihre sinnliche Wahrnehmung erstreckte sich auf *mehr* als vier Dimensionen, haben bislang in sämtlichen empirischen Tests versagt. Solange das Gegenteil nicht zweifelsfrei bewiesen ist, müssen wir daher davon ausgehen, dass der vierdimensionale Raum unsere Wahrnehmungsfähigkeit begrenzt.

Diese Überlegungen gelten insbesondere auch für den Zusammenhang von Quantenphysik und Bewusstsein. Laut Theorie sind eine Zahl sehr innovativer Konzepte von Interaktion der Quanten gestattet: Entanglement – bzw. Verschränkung, Superposition und der Wechsel bzw. das permanente Fluktuieren zwischen multiplen Dimensionen. Werden solche physikalischen Fakten nun in Verbindung gebracht, mit dem Phänomen des Bewusstseins, eröffnen sich für diese ebenfalls eine Vielzahl von neuen Eigenschaften, evtl. auch jenseits der Wahrnehmbarkeit des über diese Optionen verfügenden Subjektes selbst. Aber die bloße nicht mehr länger tragfähige *These der Unmöglichkeit* von Implikationen der Quantenphysik auf das Bewusstsein allein, vermag keinesfalls zugleich herangezogen zu werden, um diesen Zusammenhang zugleich wieder ad absurdum zu führen.

Das wäre ein Zirkelschluss par excellence.

Trotz der Wissenschaftlichkeit, Präzision der Details und der Möglichkeit zur empirischen Überprüfung der Theorie, der generellen „Verbindung“ zwischen Quantengravitation und Bewusstsein, finden die Kritiker teilweise sehr harsche Worte:

Marco C. Bettoni sagt, „*die ganze Theorie sei unbrauchbar*“ –

Gerhart Roth sagt, die Befürworter hätten „*keine blasse Ahnung*“ – und

Thomas Metzinger sagt gar, „*man rede hahnebüchernen Stuss*“.⁷⁶⁴

Interessant ist bei dieser recht undifferenzierten Kritik, dass kein Bezug zu realen physikalischen Problemen, etwa der Interpretation der Quantenmechanik gewagt wird. Es findet sich auch bei detaillierter Suche, kein tragfähiges Argument für oder gegen ein dezidiertes Faktum der Quantenmechanik. Ist das Phänomen der Superposition von Quanten, der Verschränkung oder der multidimensionalen Fluktuation übertragbar oder nicht auf phänomenale Zustände des Bewußtseins? Dazu findet man bei diesen sonst hoch eloquenten und professionellen Kritikern erstaunlicher Weise kein Wort. Sollen wir also annehmen dürfen, dass die Kritiker hier Mutmaßungen propagieren – indem sie rundheraus die ganze Theorie verwerfen?

Eine verständliche oft zu beobachtende und von Kuhn vortrefflich in „Die Struktur

⁷⁶⁴ Weber, Stefan (2001): „*Das Rätsel des Bewusstseins*“ / Rezension über ein Neurophysiologen Symposium in Luzern in 2001 – siehe auch: <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/4/4853/1.html>

wissenschaftlicher Revolutionen ⁷⁶⁵“ ausgebreitete Motivation wäre, die „Befürchtung“ in der eigenen Arbeit evtl. nachweisbare Unvollkommenheiten einräumen zu müssen. Es wäre nicht das erste Mal, dass undifferenzierte Kritik solch menschlicher Regung des Gemütes entspringt. Man schüttet allerdings u.U. „das Kinde mit dem Bade aus“.

Es wirkt, als mache es sich die Kritik sehr leicht damit, abzulehnen, was sie nicht hinreichend verstehen kann oder möchte. Fest steht auch, dass es kein einziges relevantes Gegenargument von Seiten der Kritiker zum Bezug der beiden „Größen“ B&Q - Bewusstsein und Quantengravitation gibt, dass einen Beitrag zur Sache liefert. Die Frage bleibt nach unserem besten Verständnis der Prinzipien von Wissenschaftlichkeit bislang *offen* – zwischen den vier oben gezeigten logischen Varianten, und zwar ohne Vorurteile, die man geneigt sein könnte zu fällen, aufgrund persönlicher Präferenzen oder eigener evtl. gefährdeter Publikationen. Wie gesagt, beide Theorien, die klassische Neurophysiologie und die Theorie der Quantenphysik sind kommensurabel und können sehr gut koexistieren – es stellt jedoch reine Zeitverschwendung dar, undifferenziert zu kritisieren.

Lassen wir nach einzig wissenschaftlich anerkannter Methode das Experiment entscheiden – der Nachweis des Higgs Boson am LHC des Cern, wird z.B. ein weiteres entscheidendes solches Experiment sein. Sein Beleg beweist die bislang rein mathematischen Berechnungen zu den interdimensionalen Prozessen der Quantengravitation. Die Chancen stehen gut, dass in einem Zuge die zusätzlichen Dimensionen überprüfbar werden. Wo exakt das Bewußtsein in diesem Prozeß kausal verifizierbar involviert ist, wird dann wahrscheinlich unübersehbar.

Das finale Experiment kann nur geleistet werden, indem man eine völlig identische technische Replikation eines biologischen bewußtseinsbegabten Wesens konstruiert, dass nachweislich in keiner - *und zwar überhaupt keiner Weise* - unterscheidbar wäre von einem biologischen bewußtseinsbegabten Wesen. Wären zu dessen Konstruktion Kenntnisse der Quantenmechanik notwendig, die in entscheidender Weise die Fähigkeiten oder ontologischen Qualitäten dieses „quantenphysikalisch simuliert intelligenten“ Wesens verändern, würde man sie nicht anwenden, oder „abschalten“, so wäre der gesuchte Beweis erbracht. Der KI-Roboter, könnte etwa zwei „Gehirne“ in Form der höchst entwickelten Computer tragen – einen klassisch konstruierten und einen quantenmechanisch konstruierten. Würde man das Umschalten zwischen den beiden Betriebsmodi am Grad der Intelligenz des KI-Robot in einem Turing Test ablesen können, so wären alle Zweifel ausgeräumt.

⁷⁶⁵ Kuhn, Thomas S.(2003): „*Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*“ / Frankfurt am Main / Suhrkamp / Sonderausg. zum 30jährigen Bestehen der Reihe Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft

3.3 Superstringtheorie und Loop Quantengravitation

3.3.1 Ist der Kosmos ein „Gewebe“ aus feinen energetischen „Fäden“ ?

*"Mind and intelligence are woven
into the fabric of the universe"
Freeman Dyson*

Obiges klärendes Experiment ist praktisch in seiner technischen Realisation noch ca. 15- 20 Jahre von uns entfernt. Betrachten wir daher vorerst weiter die heute verfügbaren Fakten. Die moderne physikalische Theorie betrachtet das Universum stets als ein rein mathematisches Gebilde. Diese vermeintlich vereinfachende und verfälschende Methodik, hat pragmatische Gründe. Es ist nicht möglich, komplexe Theorien und Modelle über mehrere mögliche⁷⁶⁶ Dimensionen dieses Universums anhand von Experimenten zu bestätigen – noch nicht.

Wir werden zum Abschluss dieses Kapitels Experimente, wie eben skizziertes, angeben und beschreiben, mit denen es möglich ist die „Auswirkungen“ der multiplen Dimensionen auf unsere beobachtbare vierdimensionale Raumzeit nachzuweisen. Physiker müssen sich hier oft wie „Spurensucher“ verhalten, und zunächst rein mathematische Modelle entwerfen, anhand derer sich Ableitungen und Prognosen treffen lassen, wie sich Teilchen oder Energien unter bestimmten Umständen verhalten. Das Top Quark etwa, wurde erst nach jahrelanger zermürbender „Spurensuche“ in den Nebelkammern der Teilchenbeschleuniger im März 1995⁷⁶⁷ gefunden. Dann allerdings exakt auf dem Energieniveau, auf dem es das mathematische Modell vorhergesagt hatte. Auch Einstein hatte die Krümmung eines Lichtstrahls der die Sonne passiert, zunächst rein mathematisch auf einen Wert von 1,7 Bogensekunden⁷⁶⁸ berechnet. Erst das Experiment bestätigte Einsteins Berechnungen in der Realität. Die Berechnungen lieferten zur großen Überraschung der Fachwelt eine auffällige Übereinstimmung mit den gemessenen Daten:

⁷⁶⁶ vgl. Herrmann, Kay (1997): „Zur Raum-Zeit-Konzeption der modernen Physik“. In: "Perspektiven der Analytischen Philosophie". Bd. 16 Hg.v. G. Meggle/ J. Nida-Rümelin, Analytomen 2, Proceedings of the 2 nd Conference "Perspectives in Analytical Philosophy" (1997) / S. 390 - 398. (*About the Space-Time-Conception of Modern Physics*) –online: <http://friesian.com/kay.htm>

⁷⁶⁷ <http://particleadventure.org/particleadventure/german/frameless/topquark.html>

⁷⁶⁸ Annalen der Physik, Band 35, S. 898 -908 – oder: www.einstein-website.de/z_physics/AEWisPub-04.pdf

„ Nach einem von Prof. Lorentz an den Unterzeichneten gerichteten Telegramm hat die zur Beobachtung der Sonnenfinsternis am 29. Mai ausgesandte englische Expedition unter Eddington die von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderte Ablenkung des Lichtes am Rande der Sonnenscheibe beobachtet. Der bisher provisorisch ermittelte Wert liegt zwischen 0,9 und 1,8 Bogensekunden. Die Theorie fordert 1,7.“⁷⁶⁹

Die Übereinstimmung zwischen theoretischer Vorhersage und Übereinstimmung in der Praxis war bei diesem Experiment erstmals derart verblüffend für die Fachwelt, dass es bis heute als Musterbeispiel für den Erfolg der wissenschaftlichen Methodik von Theorie und Experiment verwendet wird.

Da den Physikern keine Experimente zur Verfügung stehen, bevor eine mathematische Modellbeschreibung eines Universums mit multiplen Dimensionen klare Prognosen trifft, wo und was genau zu „suchen“ ist, um deren Existenz experimentell zu verifizieren, ist die Superstringtheorie bislang ein *rein* mathematisches Konstrukt. Dies wird sich mit der Entdeckung des Higgs Bosons ändern – denn dieses stellt das gesuchte „Bindeglied“ zwischen reiner Energie bzw. Information und klassischer Materie dar. Es definiert, wenn die Theorie zutrifft, durch seine Präsenz das Verhältnis zwischen Energie, Quantengravitation und Materie.

Zudem wird es helfen zu entscheiden, ob der Theoretische Ansatz der „Superstringtheorie“⁷⁷⁰ der „Loop Quantengravitation“⁷⁷¹ oder dem „Holographischen Prinzip“⁷⁷² vorzuziehen ist, oder vice versa – die alle drei um die Rolle der TOE (Theory of everything) konkurrieren. Die „Human Ressource“ Forscherzeit, ist bislang in dieser Frage ausschließlich damit verbracht worden, die *drei* konkurrierenden mathematischen Modelle weiter zu entwickeln und durch Simulationen in Supercomputern auf ihre innere konsistente Logik zu überprüfen. Das Aufkommen der KI wird in diesem Bereich der Forschung für enorme Veränderungen sorgen. Wir wollen hier ein Gedanken - Experiment durchführen, um zunächst einmal ein grundlegendes Verständnis davon zu ermöglichen, was die Superstringtheorie eigentlich ist und womit sie sich beschäftigt. Die Loop Quantengravitation und das Holographische Prinzip werden im den anschließenden Kapiteln 3.3.2 – 3.3.4 gesondert betrachtet.

Wir hatten weiter oben eine Reihenentwicklung „durchgespielt“, die sich mit der

⁷⁶⁹ Die Naturwissenschaften, Band 7, Seite 776 – oder online: www.einstein-website.de/z_physics/AEWisPub-04.pdf

⁷⁷⁰ Greene, Brian (2000): „*Das elegante Universum / Superstrings, verborgene Dimensionen und die Suche nach der Weltformel*“, Siedler

⁷⁷¹ Smolin, Lee (2001): „*Three Roads to Quantum Gravity*“ / New York

⁷⁷² Susskind, L. (1995): „*The World as a Hologram*“ / J. Math. Phys.36 / 6377, hep-th/9409089

Schnittmenge von Dimensionen über fünf Schritte beschäftigte. Wenn wir uns vorstellen, dass ein Universum stets nur ein mathematisches Modell ist, dann können wir rein theoretisch beliebig viele Universen entwerfen. Es spricht solange nichts gegen die reale Existenz eines rein hypothetischen Universums, solange keine mathematische Inkonsistenz vorliegt. Ein logischer Bruch würde verhindern, dass sich weitere sinnvolle Folgerungen über ein Modell treffen ließen. In der Berechnung erhält man einen Nachweis über einen solchen Fall von logischer Inkonsistenz immer dadurch, dass plötzlich in den Formeln „Unendlichkeiten“ auftreten. Diese machen keinen Sinn, denn man kann keine weiteren Aussagen mehr ableiten, denn der Zahlenwert „unendlich“ bzw. „ ∞ “, hat mathematisch die unangenehme Eigenschaft, dass er virulent alle Gleichungen verdirbt. Als Beispiel wäre ein Universum unsinnig, in dem der Raum endlich wäre, die Dimension der Zeit jedoch unendlich groß. Es gäbe dann Bereiche „raumloser Zeit“ – was keinen Sinn macht. Raum und Zeit sind physikalisch korreliert und daher ist ihre Ausdehnung und ihr Verhältnis zueinander ein Indikator für ein sinnvolles Universum. Zum Verhältnis der sinnlosen „Unendlichkeiten“ und der Stringtheorie sagt Richard Feynman, in einer Vorahnung mehrerer konkurrierender Lösungen der TOE:

„Ich habe jedoch das Gefühl – vielleicht irre ich mich -, dass viele Wege nach Rom führen. Ich glaube nicht, dass es nur eine Möglichkeit gibt, die Unendlichkeiten loszuwerden, und dass die Forderung nach ihrem Verschwinden eindeutig zur Stringtheorie führt.“⁷⁷³

Daher hält man mathematisch „Ausschau“ nach Universen, die zumindest theoretisch die Möglichkeit beinhalten real zu existieren – und *keine* Unendlichkeiten enthalten - denn unter Umständen trifft man bei dieser aufwändigen mathematischen „Spurensuche“, denn es gibt Abermilliarden theoretischer Universen, auf ein einzelnes Modell, aus dem allein sich *exakt* die Bedingungen ableiten und folgern lassen, die mit dem real beobachteten Universum übereinstimmen.

Seit einem jüngst von Edward Witten⁷⁷⁴ errungenen „Durchbruch“, kann sich diese wenig erfreuliche mathematische Sisyphusarbeit über einen beachtlichen Erfolg freuen. Man hat gleich *fünf* mathematische Modelle entdeckt, die allesamt die notwendigen Voraussetzungen ideal erfüllen. Zur Vereinfachung der 5 Modelle, wurde die sog. „M-Theorie“⁷⁷⁵ entwickelt,

⁷⁷³ Feynman, Richard (1989) in: Davies, Paul und Brown, R. Julian (Hg) „*Superstrings. Eine allumfassende Theorie?*“ / Basel / S. 229

⁷⁷⁴Witten, Edward (1998): „*Magic, Mystery and Matrix*“ / Institute of advanced Physics / Lecture given in January 1998 / Baltimore – oder online: <http://www.sns.ias.edu/~witten/papers/mmm.pdf>

⁷⁷⁵ siehe Edward Witten – oder auch: <http://de.wikipedia.org/wiki/M-branes>

allerdings impliziert diese elf notwendige Dimensionen.

„Die M-Theorie hat *elf* Dimensionen, zehn des Raumes und eine der Zeit.⁷⁷⁶“

Zehn Dimensionen sind demnach mathematisch notwendig, um das Schwingen der „Strings“ zu erklären, diese verursachen laut Theorie durch die unterschiedlichen Muster ihrer „Tänze“ die unterschiedlichen Elementarteilchen. Die 11. Dimension führt die 5 konsistenten Modelle final zu einem Modell zusammen. Die Eleganz liegt also darin, dass man durch Hinzugabe weiterer mathematischer Dimensionen – zu den bereits für die Erklärung der Quantenmechanik oben dargelegten notwendigen 5 Dimensionen - nun den ganzen „Zoo“ des Standardmodells⁷⁷⁷ der Elementarphysik exakt erklären kann, durch nur noch ein *einziges* Elementarteilchen – den Superstring. Zudem hat man quasi als Epiphänomen die Gravitationskraft über das sog. Graviton als eine besondere Form eines „geschlossenen Strings“ mit erklärt. Die Superstringtheorie bietet damit als mögliche TOE die Option zur einheitlichen Klärung aller Teilchen, Kraftfelder und Phänomene dieses Universums. Damit hat sie besondere Bedeutung für die KI Forschung, denn wie erwähnt benötigt man zur Konstruktion fortschrittlicher Quantencomputer – das Herzstück der KI – eine Möglichkeit zur Manipulation der Quantengravitation. Diese Möglichkeit fehlt derzeit noch im Repertoire der Physiker, und es wäre ein Meilenstein, wenn man mittels Stringtheorie eine exakte Beschreibung der Quantengravitation formulieren könnte, die zugleich den Widerstreit zwischen Relativitätstheorie und Quantenmechanik auflösen kann. Edward Witten, der Begründer der M-Theorie, ist fasziniert von dieser Möglichkeit:

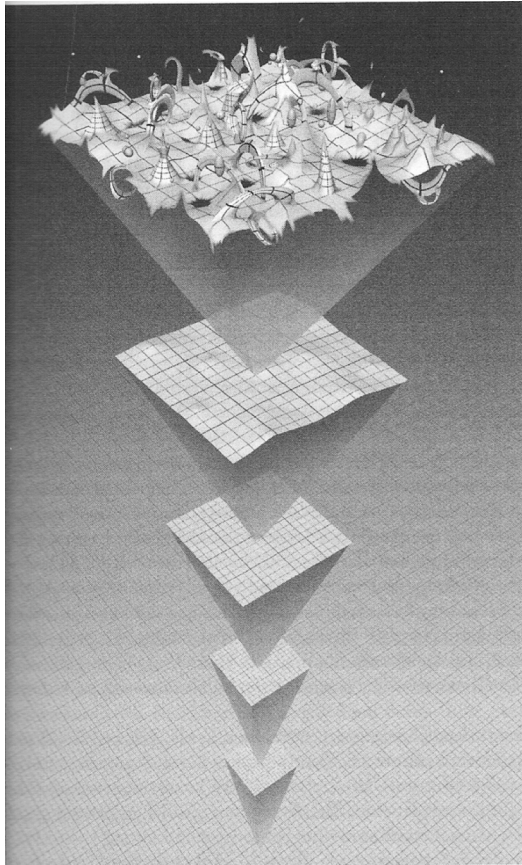
„Der Umstand, dass die Gravitation eine Konsequenz aus der Stringtheorie ist, kann als eine der großartigsten theoretischen Erkenntnisse überhaupt gewertet werden.“⁷⁷⁸

Die Notwendigkeit so vieler Dimensionen ruft vieler Kritiker auf den Plan, aber auch die aufwändigsten Berechnungen haben bislang keine Inkonsistenz nachweisen können, das Modell funktioniert theoretisch perfekt – noch besser, es gestattet Ableitungen, z.B. die Gravitationskraft - und somit überprüfbare Prognosen zur Verifikation des Modells.

⁷⁷⁶ Greene, Brian (2000): „Das elegante Universum / Superstrings, verborgene Dimensionen und die Suche nach der Weltformel“ / Siedler, S. 331 (Hervorhebung im Original)

⁷⁷⁷ vgl. Povh, Bogdan / Scholz, Christoph / Zetsche, Frank (2004): „*Teilchen und Kerne: Eine Einführung in die physikalischen Konzepte*“ / 6. Aufl. /Springer

⁷⁷⁸ Witten, Edward (05-1996): „*Reflections on the Fate of Spacetime*“ / *Physics Today* / S. 24



Die Stringtheorie behandelt die Raumzeit wie eine mathematische Matrix, und berechnet ihr Verhalten für jede Größenordnung - links logarithmisch dargestellt durch iterative inverse Pyramiden - rein gemäß Quantenmechanik und Relativitätstheorie.

Auf der vorletzten und insbesondere auf der letzten Pyramide der Größenskala – der sog. Planck-Länge – sind zunächst kleine Schwingungen und dann drastische Turbulenzen und Verwerfungen zu erkennen. Diese Verformungen der Raumzeit auf der Planck Skala, ist eine rein mathematische Konsequenz der Anwendung der Naturgesetze – hier „kollidieren“ quasi zwei „Dimensionen“. Man nennt diesen Bereich daher auch Membran – oder kurz „Brane“, weil er beide Dimensionen -

4D Raum und 5D Raum - lediglich wie eine Art Folie oder eben elastische Membrane trennt. (Abbildung ist reine mathematische Theorie und daher lediglich illustrativ) ⁷⁷⁹

Folgert man logisch weiter, so sagt die Stringtheorie nicht weniger aus, als dass die Existenz von multiplen Dimensionen überhaupt nur deswegen „notwendig“ ist, weil es keinen anderen mathematischen Weg gibt, die Vielzahl der existenten Teilchen zu erklären.

Photonen, Quarks, Gluonen, Neutronen, Protonen, Elektronen, etc....alle sind aus einem „Urteilchen“ aufgebaut – multidimensional schwingenden Fäden aus reiner Energie – wenn die Theorie zutrifft und sich experimentell bestätigen lässt – sogar *das Graviton*.

Die Notwendigkeit der Dimensionalität eines beliebigen Universums taucht also überhaupt erst auf, mit dem Erscheinen von Objekten. *Objekte implizieren Dimensionen* ist eine treffende Charakterisierung dieses Zusammenhangs. Lee Smolin formuliert dies so:

„Over the last few years string theorists have discovered that string theory is not just a theory of strings. They have found that the quantum gravity world must be full of new kinds of objects that are like higher dimensional versions of strings in that they extend in several dimensions. Whatever their dimension, these objects are called *branes*. This is shortened for „membranes“, the term used for objects

⁷⁷⁹ Greene, Brian / (2000): „*Das Elegante Universum / Superstrings, verborgene Dimensionen und die Suche nach der Weltformel*“/ Siedler/ S. 157

two spatial dimensions.“⁷⁸⁰

Mit diesen Überlegungen, haben wir bereits den Grundstein gelegt, für ein Verständnis der Superstringtheorie, denn „Strings“ sind übersetzt „Fäden“ und „Super“ steht lediglich für deren Fähigkeit sich „über“ ihre Fadenexistenz hinaus, zu beliebig komplexen Konstrukten zu verbinden. Die nächst komplexere höherdimensionale Version der „Fäden“ sind demnach „Membranen“ – oder wie Smolin es sagt „*branes*“⁷⁸¹. Diese Membranen sind die kleinsten Fragmente einer „Haut“ die sich bildlich gesprochen zwischen den Dimensionen spannt – ähnlich wie eine Seifenblase die Innenwelt von der Außenwelt durch eine hauchzarte „Membrane“ separiert. Die Grafik mit den iterativen Pyramiden oben zeigt, wie sich eine solche „brane“ unter den Kräften der Quantenphysik wie eine „brodelnde Flüssigkeit“ verhalten kann. Die Brane „schlägt Blasen“, wenn sie wild genug „schäumt“. Jene Blasen, die sich vermögen völlig abzulösen von der brane, bilden in sich selbst geschlossene Schleifen und driften davon – *als Gravitonen* – und jene die zumindest mit einem Ende an der brane haften bleiben, bilden die verschiedenen Elementarteilchen, so die Theorie.

Final ergibt sich ein Bild aus mehrfach sich gegenseitig durchschlingender „Schleifen, Fäden, Häute und sich ablösender Blasen“ – wie die Grafik oben illustriert, das abhängig von der vorhandenen Energie und der beobachteten Größenskala hochdynamisch fluktuiert und pulsiert – oder nahezu spiegelglatt ist wie ein See bei Windstille, wenn man die Perspektive der Größenordnung ändert.

Die Mathematiker nennen diese Ebene der „brodelnden“ Strings und branes den sog. „*Calabi Yau Raum*“. Er ist quasi der Raum, in dem „*die zusätzlichen Dimensionen aufgewickelt sind.*“⁷⁸² Laut Theorie sind die Extradimensionen so fein aufgerollt in extremen Krümmungswinkeln, dass sie nicht nur völlig unischtbar sind, sondern auch für Messgeräte nur verifizierbar, wenn sie sich über die Absorption von auffällig kleinen Energiemengen „verraten“.

Diese recht neue Theorie besagt also, es sei vernünftig anzunehmen, dass wir in der Lage sind mit noch besseren Apparaturen ein Modell des Universums experimentell zu bestätigen, das fundamental von der Galaxie bis zum menschlichen Gehirn lediglich aus in multiplen Dimensionen schwingenden „Fäden“ bzw. „vibrating Strings“ und deren höherdimensionalen Derivaten bzw. „Branen“ und „aufgewickelten Räumen“ aufgebaut ist. Dies alles soll

⁷⁸⁰ Smolin, Lee (2001): „*Three Roads to Quantum Gravity*“ / New York / S. 188 / (*Hervorhebung im Original*)

⁷⁸¹ siehe auch: <http://de.wikipedia.org/wiki/D-branes>

⁷⁸² Greene, Brian (2000): „*Das Elegante Universum / Superstrings, verborgene Dimensionen und die Suche nach der Weltformel*“ / Siedler, S. 245

gelingen – obwohl bislang nur mathematisch sehr komplexe und höchst raffinierte multidimensionale Modelle von völlig exotischen „Fäden“ und „Häuten“ verfügbar sind? Die Kritik ist verständlicherweise groß, denn kaum jemand außerhalb des „harten Kerns der String-Forschergemeinde“ kann diese komplexen Überlegungen in ihrer abstrakten aber ästhetischen mathematischen Logik geistig nachvollziehen. Es benötigt auch hier eine breitere gesellschaftliche Diskussion, um die Bedeutung dieses Forschungszweiges richtig zu bewerten.

„Die Superstringtheorie ist so ehrgeizig, dass sie nur entweder vollkommen richtig, oder vollkommen falsch sein kann. Allerdings gibt es ein Problem: Ihre Mathematik ist so neu und so schwierig, dass die Frage auf Jahrzehnte offen bleiben wird.“⁷⁸³

Die Kritik ist verständlich und berechtigt. Bis heute bleibt die Superstringtheorie jeden experimentellen Beweis schuldig. Sie ist so kompliziert, dass nur wenige absolute Spezialisten, die ihre gesamte Forscherlaufbahn darauf verwenden, in der Lage sind geringste Fortschritte zu erarbeiten. Jahrelang dauert es, bis eine einzige neue Idee zur theoretischen Überprüfbarkeit erarbeitet wird, die sich letztlich dann doch als zu kostspielig für die verfügbaren Etats erweist. Es fällt daher vielen Kritikern leicht, die ganze Theorie als „*Not even Wrong*“⁷⁸⁴ abzulehnen und ad acta zu legen. Es sich so einfach zu machen, ist jedoch undifferenziert und unangebracht. Die Stringtheorie hat theoretisch bereits eine Vielzahl von Problemen gelöst, die in der Quantenphysik offen blieben. Auch wenn sie nur sehr unwahrscheinlich völlig richtig ist, so hat sie doch eine ganze Menge sehr wichtiger theoretischer Elemente geholfen mit in die Diskussion zu bringen – und Lösungsansätze geliefert. Ganze Forschergenerationen haben bisher bereits mehrere *Jahrzehnte* damit verbracht – unglaubliche Volumina an gesellschaftlich kostspieliger Forscherzeit – die Möglichkeiten der Theorie mathematisch bis in sehr feine Details zu erforschen. Es gilt allgemein als sehr unwahrscheinlich, dass die Theorie *komplett* falsch sein könnte. Viel eher wird angenommen, dass sie ein bedeutendes „Puzzleteil“ in einem noch größeren Zusammenhang darstellt. David Deutsch, ein Pionier der Quantencomputer bemerkt dazu treffend:

"In der Naturwissenschaft geht es nie darum, eine Theorie zu finden, die mit

⁷⁸³ Glashow, Sheldon (1990) in: Zichichi, A. (Hg) „*The Superworld I*“, New York / S. 250

⁷⁸⁴ Woit, Peter (2006): „*Not Even Wrong: The Failure of String Theory and the Continuing Challenge to Unify the Laws of Physics*“ / Jonathan Cape Verlag / London

Sicherheit oder mit einiger Wahrscheinlichkeit immer wahr sein wird, sondern darum, die beste Theorie zu finden, die zum jetzigen Zeitpunkt verfügbar ist.⁷⁸⁵

Betrachtet man die Möglichkeit, dass der Kosmos ein „Gewebe“ – ein multidimensionales „Netzwerk“ aus niedrigdimensionalen reinen Energie „Fäden“ ist, die im hochdimensionalen Bereich durch komplexe Überlagerungsmuster die Materie und alle Naturkräfte des Universums aufbauen, dann hat dies nicht nur den Vorteil der Erklärung *aller* unzähliger Elementarteilchen auf einen Streich, sondern die Klärung des größten aller physikalischen Rätsel obendrein: Die Vereinigung von Quantenphysik und Gravitation.

„Strings besitzen zwei Besonderheiten. Erstens: Sie lassen sich, obwohl sie räumlich ausgedehnt sind, widerspruchsfrei im Rahmen der Quantentheorie beschreiben. Zweitens: Unter den charakteristischen Schwingungsmustern gibt es eines, das genau die Eigenschaften des Gravitons aufweist und daher dafür sorgt, dass die Gravitation ein integraler Bestandteil der Theorie ist.“⁷⁸⁶

Der Brückenschlag zwischen Quantenphysik und Gravitation ist die zuvor schon angesprochene Quantengravitation. Sie ist der derzeit *einzig* Kandidat aller existenten theoretischen Ansätze, zur Erklärung der gleichzeitigen, obwohl widersprüchlichen Gültigkeit von Relativitätstheorie und Quantenphysik – beide Theorien wurden experimentell „tausendfach“ verifiziert – doch widersprechen sich. Das ist das aktuelle Paradoxon der Physik, das nach einer Lösung verlangt.

Das wirklich pikante Detail der Quantengravitation ist, dass sie wie oben diskutiert, ebenso der *einzig* Kandidat eines möglichen Bindegliedes zwischen der neuronalen Aktivität auf Mikrostrukturebene des Gehirns und seinem evtl. dimensional komplexeren Phänomen des „Bewusstseins“ ist. Damit ist Quantengravitation zugleich der Schlüssel zur Ermöglichung von KI und zur Lösung des größten aktuellen Paradoxons der modernen Physik.

Wenn Bewusstsein nicht ohne Quantengravitation erklärbar ist, dann ist KI ebenso ohne Quantengravitation nicht technisch realisierbar. Nur das Experiment kann diese Fragen klären – bis dahin müssen den Forschern Simulationen in Supercomputern ausreichen – wie etwa das besprochene „Blue Brain Projekt“⁷⁸⁷. Umso wichtiger wird die Investition in Supercomputer, die für solche Simulationen geeignet sind, wie wir später noch diskutieren werden.

Was man an diesem Modell erkennen kann, für den Zusammenhang mit KI, ist die heute in

⁷⁸⁵ Deutsch, David (2000): „*Die Physik der Welterkenntnis*“ / dtv Verlag / München / S. 67

⁷⁸⁶ Greene, Brian (2000): „*Das Elegante Universum / Superstrings, verborgene Dimensionen und die Suche nach der Weltformel*“ / Siedler / S. 196

⁷⁸⁷ <http://bluebrainproject.epfl.ch/>

der Forschung unersetzliche Stellung der Computer als Werkzeuge der Forschung. Es wäre ohne Supercomputer und weit entwickelte mathematische und softwaregestützte Analysemethoden nicht möglich gewesen, die wenigen „logisch konsistenten“ Universen zu berechnen und ausfindig zu machen, in der kombinatorischen Fülle der nicht existenzfähigen Universen. Gelingt die Lösung der Aufgabe der String Theorie vollständig, dann beschreibt die resultierende Formel konsistent ein einziges Urteilchen in seinem Verhalten, in einem einzigen Universum über alle notwendigen Dimensionen. Dies entspräche der lang gesuchten „Weltformel“ – oder TOE⁷⁸⁸, allerdings sieht es aktuell so aus, als wäre noch ein weiterer erheblicher und kostenspieleriger Human- und Rechenaufwand nötig, um diese Aufgabe erschöpfend zu lösen. Es ist insofern unwahrscheinlich, dass eine Nation allein in dieser Frage andere überholen und wirtschaftlich zurücklassen könnte. Es erfordert eine internationale Kooperation in diesen Anliegen der Forschung, die über das bislang praktizierte Maß hinausgeht.

Für KI hat das zwei Relevanzen. Erstens ist es mathematisch notwendig, dass eine „Theory of Everything“ – oder kurz - „TOE“ auch den Zusammenhang⁷⁸⁹ von Bewusstsein und Quantenphysik klärt – TOE wäre keine Theorie von *allem*, ohne die Klärung des Phänomens Bewusstsein. Zweitens wird KI dadurch selbst bei der Suche der Quantengravitation – bzw. der TOE quasi als Nebenprodukt erklärt und ermöglicht. Ebenso wie Gravitation bei der Berechnung der Stringtheorie als Nebenprodukt quasi prognostiziert wurde:

„Die Stringtheorie hat die bemerkenswerte Eigenschaft, die *Gravitation vorherzusagen*.“⁷⁹⁰

KI wird sich also sehr wahrscheinlich genauso notwendigerweise ergeben, wie die Naturgesetze der Quantenphysik, weil sie selbst *keine Ausnahme* aus deren Kanon darstellt – oder anders formuliert – als Werkzeug der fortschreitenden Ansprüche an Computersimulationen in Kürze unentbehrlich sein wird. Es bleibt die spannende Frage, ob KI auch zwingend notwendig Bewusstsein entwickeln muss – wie es das humane Gehirn nach dem Vorschlag von Penrose und Hammeroff - mittels der Quantengravitation repräsentiert. Diese Frage bleibt vorerst noch offen.

Die TOE jedenfalls fordert zu ihrer Vervollständigung die experimentelle Erklärung des

⁷⁸⁸ Hawking, Stephen (2005): „The Theory of Everything: The Origin and Fate of the Universe“ / Phoenix Books

⁷⁸⁹ vgl. Lockwood, Michael (1991): „*Mind, Brain & the Quantum*“ / The Compound ‘I‘ / Basil Blackwell / Oxford and Cambridge, MA

⁷⁹⁰ Witten, Edward (05-1996): „*Reflections on the Fate of Spacetime*“ / Physics Today / S. 24

komplexesten aller Phänomene - des Bewusstseins – dies kann nach heutigem Wissenstand nur durch eine technische Simulation von Bewusstsein gelingen. Eine KI wäre - wenn sie den Turing Test besteht und den Prinzipien der Quantenmechanik entspricht, der beste denkbare Beweis den man hierfür erbringen kann. Das abschließende Zitat - zum Zusammenhang von Quantenphysik und dem Bewusstsein – soll Archibald Wheeler gebühren:

„Wir könnten eines Tages herausfinden, dass, wie einige Physiker vermuten, der Akt der bewussten Beobachtung ein integrales Element der Quantenmechanik ist, der Katalysator, der dafür sorgt, dass sich aus dem Quantennebel ein Ergebnis herauskristallisiert.“⁷⁹¹

Wenn man dieses Zitat in die Gruppe der vier logischen Alternativen der Quantenphysik einordnet, können wir festhalten, dass sich auch Wheeler für die kausale Abfolge **B->Q** (Bewusstsein wirkt auf Quantenphysik) ausspricht, ganz im Einklang mit Penrose, Hammeroff und Eccles. Welche dieser vier Positionen sich letztlich als richtig herausstellt, bleibt bis zu einem geeigneten Experiment offen, doch es verdichten sich die Hinweise, welche Option mit hoher Wahrscheinlichkeit die beste Annäherung an die realen Sachverhalte liefert.

⁷⁹¹ (Greene zitiert Wheeler in:) Greene, Brian (2004): „*Der Stoff aus dem der Kosmos ist – Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit*“ / Siedler Verlag / München / S. 510 – Original in: Wheeler, John Archibald & Ford, Kenneth (1998): „*Geons, Black Holes, and Quantum Foam: A Life in Physics*“ / New York

3.3.2 Die Raumzeit als ein Konglomerat diskreter Einheiten

*"Es ist schwieriger, eine
vorgefasste Meinung zu zertrümmern als ein Atom."*

Albert Einstein

Wir haben mit der Superstringtheorie nun den ersten Vertreter der Theorien kennen gelernt, die eine Vereinigung von Quantenphysik und Relativitätstheorie anstreben. Diese Vereinigung, ist wie erwähnt daher das derzeit höchste Ziel der Physik, weil beide Theorien unumstößlich experimentell verifiziert sind, sich jedoch fundamental widersprechen. Eine relativistische Betrachtung von Quanten ist quasi genauso ein Oxymoron wie ein „Heiliger Krieg“. Der Widerspruch liegt darin begründet, dass Quanten ihrer Natur gemäß lediglich „Punkte“ darstellen, von gehäufte Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit von Energie, die Relativitätstheorie sich jedoch explizit auf „Körper“ mit einer Ausdehnung im Raum bezieht. Während man die Umlaufbahn von Planeten mit der Relativitätstheorie wesentlich perfekter beschreiben kann, als es Newton mit seiner einfachen quadratischen Gleichung⁷⁹² vermochte – und daher Einstein Newton quasi als Weltbild „ablöste“ - ist es völlig unmöglich etwa das Verhalten von Quanten im gravitativen Extrem eines schwarzen Loches oder dem Urknall relativistisch zu beschreiben. Was es aber dringend benötigt, ist eine Theorie, die Mikro- und Makrokosmos ohne *Ausnahmen* beschreibt.

Eine zweite Theorie, die dieses Ziel anstrebt, ist die sog. „Loop Quantengravitation“⁷⁹³. Ein Loop ist dabei als eine Schleife zu verstehen – eine Schleife gemacht aus „Raum“. Die Theorie klingt ebenfalls gewagt, genießt aber aktuell z.B. als „Suche nach den Zeit-Atomen“⁷⁹⁴ ein reges öffentliches Interesse und annähernd vergleichbare Popularität wie die Stringtheorie. Ein wesentliches Merkmal dieser Theorie ist die sog. *Diskretionäre* Betrachtung von Raum und Zeit. Dabei macht man sich folgenden bislang verbreiteten kategorischen „Denkfehler“ nutzbar: Seit Galileo der Legende nach, ca. 1590 seine berühmten

⁷⁹² Das newtonsche Gravitationsgesetz besagt, dass sich die Gravitationskraft F , mit der sich zwei Massen m_1 und m_2 anziehen, proportional zu den Massen beider Körper und umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstandes r der Massenschwerpunkte verhält:

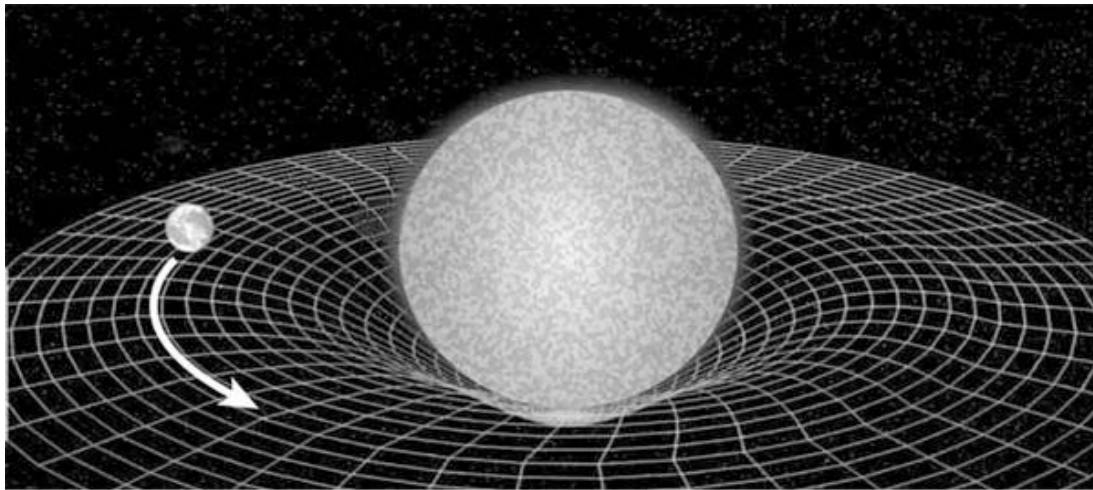
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

siehe auch online: <http://de.wikipedia.org/wiki/Gravitation>

⁷⁹³ Smolin, Lee (2004): „Quanten der Raumzeit“ / Spektrum der Wissenschaft: 3, 2004/ S. 54-63. Oder online: http://loop_quantengravitation.know-library.net/

⁷⁹⁴ Bomfleur, Birgit (1. Mai 2003): „Quanten.de Newsletter“ / ScienceUp Sturm und Bomfleur GbR / Camerloherstr. 19 / D-85737 Ismaning, - oder online: <http://www.quanten.de/quantengravitation.php>

Fallexperimente am schiefen Turm von Pisa⁷⁹⁵ durchgeführt hat, Newton ca. 1690 der Legende nach der berühmte Apfel⁷⁹⁶ auf den Kopf fiel und schließlich Einstein 1916 die Gravitation auf die Krümmung des Raumes⁷⁹⁷ zurückführte, hat kein Physiker jemals die Möglichkeit bedacht, dass der *Raum*, in dem die weitreichendste Kraft der Natur – die Gravitation – sich ausbreitet, anders als homogen und kontinuierlich konzipiert sein könnte. Raum ist der Erfahrung nach, oben und unten, hinten und vorne, gestern und morgen – einfach *da*. Es klingt bereits absonderlich, wenn man ihn sich „gekrümmt“ vorstellen soll, wobei dies noch relativ leicht zu visualisieren ist – wie oben bereits geschildert:



Gekrümmte Raumzeit in der Nähe der Sonne

⁷⁹⁸ *Das uns heute nach Einstein gebräuchliche Bild der Krümmung des Raumes. Doch was genau hat es mit den kleinen „verzerrten“ Quadraten des Raumes auf sich – ist diese „Gittermatrix“ nur fiktiv? – Oder hat der Raum tatsächlich eine quantisierbare Struktur?*

Es ist nun das große Verdienst der Loop Quantengravitation, dass diese Jahrhunderte alte Vorstellung des homogenen Raumes selbst hinterfragt wird. Was genau *macht* der Raum wenn er sich *krümmt*? – Fragt man so exakt nach, gibt es nur eine Lösung:

Raum kann nicht einfach ein Medium ohne eigene Eigenschaften sein, er ist selbst mit einer *Struktur* versehen, die sich offenbar nach berechenbaren Gesetzen verhalten kann – dazu benötigt er eine Maßeinheit. Rein theoretisch also macht es Sinn, den Raum als aus *Raumquanten* zusammengesetzt zu betrachten. Sind wir erneut einer Illusion auferlegen?

⁷⁹⁵ www.schaeppe.de/schiefer-turm/in.html

⁷⁹⁶ vgl. Fritsch, Harald (1996): „*Die Verbogene Raumzeit – Newton, Einstein und die Gravitation*“ - (Die ersten Sekunden) / Piper / München

⁷⁹⁷ vgl. Schwinger, Julian (2002): „*Einstein's Legacy: The Unity of Space and Time*“ / Courier / New York

⁷⁹⁸ www.teilchen.at

„The apparent smoothness of space and time are illusions; behind them is a world composed of discrete sets of events, which can counted. Different approaches give us different pieces of evidence fort his conclusion, but they all agree that if we look finely enough at our world the continuity of space and time will dissolve as surely as the smoothness of material gives way to the discrete world of molecules and atoms.“⁷⁹⁹

Die Überlegung klingt sehr plausibel. Unsere Form von Materie, die evident diskret ist, wie könnte diese in einem Universum beheimatet sein, das kontinuierliche Dimensionen von Raum und Zeit besitzt? Dies wäre erneut die Problematik von Äpfeln und Birnen – beide Konzepte sind inkommensurabel. Es wäre z.B. unmöglich mathematisch präzise zu erklären, wie ein diskretes Atom auf eine kontinuierliche Raumzeit eine Krümmung auswirken sollte. Um welches „Maß“ krümmt sich der Raum durch die Präsenz eines Atoms? – zwei Äpfel oder drei Birnen?

Die gleiche Inkommensurabilität haben wir bei Relativitätstheorie und Quantentheorie vorliegen, ebenso bei Bewusstsein und Gehirn. Stets liegen zwei kategorial differente Entitäten vor uns, und „sträuben“ sich vehement gegen eine vereinheitlichende Erklärung. Im Falle der Raumzeit ist die Lösung nahe liegend – Raum und Zeit müssen schlicht ebenso aus Quanten aufgebaut sein, wie es die Materie ist – damit sind beide kommensurabel, haben beide ein „Maß“, können sich wechselseitig exakt berechenbar beeinflussen und können obendrein noch ein gemeinsames „Urteilchen“ haben – etwa „*Schleifen der Raumzeit*“⁸⁰⁰. Genau dies hat man getan – die gesamte Loop Quantengravitation basiert auf der Annahme, dass Raum, Zeit und Materie – allesamt aus unvorstellbar mikroskopischen Schleifen der Raumzeit aufgebaut sind. Wäre diese theoretische Annahme experimentell verifizierbar – Indize liegen experimentell vor – könnte man mit Fug und Recht eine neue kopernikanische Wende einläuten. Einstein hat immer wieder geäußert, dass eine Theorie sehr gut dadurch in ihrer Plausibilität untermauert wird, wie ästhetisch sie ist. Diese Eigenschaft kann man der Loop Quantengravitation sicherlich zugestehen – aber dies allein reicht leider noch nicht aus:

„If physics is so much simpler to describe under the assumption that space is discrete, rather than continuous, is not this fact itself a strong argument for space being discrete?“⁸⁰¹

Mathematisch betrachtet, wäre es ein „Segen“, wenn eine so elegante und *schöne* Lösung die

⁷⁹⁹ Smolin, Lee (2001): „*Three Roads to Quantum Gravity*“ / New York / S. 62

⁸⁰⁰ Camejo Arroyo, Silvia (2006): „*Skurrile Quantenwelt*“ / Springer / S. 215

⁸⁰¹ Smolin, Lee (2001): „*Three Roads to Quantum Gravity*“ / New York / S. 116

finale Konvergenz von Raumzeit und Materie, Relativitätstheorie und Quantentheorie einläuten würde. Die Schönheit wird verstärkt durch die Überflüssigkeit irgendwelche weiteren Annahmen machen zu müssen, außer der diskreten Natur der Raumzeit. Alle weiteren Details ergeben sich wie von selbst aus den bekannten physikalischen Konstanten der Quantenphysik – beide Theorien sind voll kommensurabel.

„The Scales of time and distance on which the discrete structure of the world becomes manifest is called the *Planck scale*. It is defined as the scale at which the effects of gravity and quantum phenomena will be equally important. For larger things we can happily forget about quantum theory and relativity. (...) The Planck length is 10^{-33} centimetres, which is 20 orders of magnitude smaller than an atomic nucleus. On the scale of the fundamental time, everything we experience is incredibly slow. The Planck time, which must be roughly the time it takes for something truly fundamental to happen, is 10^{-43} of a second. (...) A blink of an eye has more fundamental moments than there are atoms in Mount Everest.“⁸⁰²

Max Planck, hat wie erwähnt seinerzeit das *Quant*⁸⁰³ als klar definierte Einheit von Energie entdeckt, das sog. *Plancksche Wirkungsquantum*⁸⁰⁴, das mathematische Zeichen ist ein kursives sog. gestrichenes \hbar mit dem Wert von besagten $6,62607 \cdot 10^{-34}$ Joule mal Sekunde.

Setzt man diese fundamentale Einheit h bzw. \hbar mit $2\pi\hbar = h$, nun geeignet in Relation zu Lichtgeschwindigkeit C und Gravitationskonstante G , dann ergeben sich durch diese einfache dimensionale Betrachtung wie von selbst die elementaren Einheiten für Raum (Planck-Länge) und Zeit (Planck-Zeit) – die es hier evtl. interessant ist zumindest gesehen zu haben:

Planck-Länge: $l_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \approx 1,61624 \cdot 10^{-35} \text{ m}$

Planck-Zeit: $t_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} \approx 5,39121 \cdot 10^{-44} \text{ s}$

Planck-Masse: $m_p = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} \approx 2,17645 \cdot 10^{-8} \text{ kg}$

⁸⁰⁵ *Die Faszination der Planck Einheiten liegt in der Eleganz ihrer Einfachheit. Raum, Zeit und Materie haben alle finite Elemente die sich durch drei*

Grundkonstanten“ \hbar , c und G “ in geeigneter Relation bestimmen lassen – einfach, aber gerade deswegen vermutlich „genial“. Raum hat die Dimension „Meter“, Zeit die Dimension „Sekunde“ und Materie die Dimension „Kilogramm“.

⁸⁰² Smolin, Lee (2001): „*Three Roads to Quantum Gravity*“ / New York / S. 62

⁸⁰³ Wheeler, John Archibald & Tegmark, Max (01/ 2003): „*100 Jahre Quantentheorie*“ / Spektrum der Wissenschaft Dossier: „*Vom Quant zum Kosmos*“ / S. 7

⁸⁰⁴ Planck, Max (1958): „*Das Weltbild der neuen Physik*“ / J. A. Barth / Leipzig

⁸⁰⁵ <http://de.wikipedia.org/wiki/Planck-Einheiten>

Wie Smolin uns aufzeigt, gestattet nun die Loop Quantengravitation eben diese wunderbar einfache Maßeinheit von Planck ebenso auf Raum wie auf Zeit anzuwenden. Sie sind ebenso aus der kleinsten Menge *Wirkung* aufgebaut, und können daher direkt in den sog. *Planck Einheiten* notiert werden. Der Raum hat die Planck Länge, die Zeit hat die Planck Zeit und die Materie die Planck-Masse damit als letzte und final kleinste Einheit.

Diese Einfachheit, empfindet die Mehrheit der Gemeinde der Physiker als derart beeindruckend, dass obige Planck-Einheiten manchmal auch scherzhaft „*Einheiten Gottes*“⁸⁰⁶ genannt werden.

Weniger möchte man damit Planck mit Gott vergleichen – diese Einheit hätte auch Newton (er fand *G* - die *Gravitationskonstante*) oder Einstein (er fand *C* - die Lichtgeschwindigkeit) entdecken können – als vielmehr die implizite *Eleganz* der Natur würdigen, mit der sie offenbar alle fundamentalen Größen der wahrnehmbaren Realität exakt in mathematischen Begriffen auszudrücken gestattet. Es hätte auch im schlimmsten Falle einfach *unmöglich* sein können, Mathematik und physikalische Realität auf der infinitesimalen Ebene des Kosmos kommensurabel zu formulieren. Planck zeigte jedoch, dass dies möglich ist und gilt damit zu Recht als Vater der Quantenphysik – und Namensgeber der „*Einheiten Gottes*“ - die heute in unserer IuK Technologie geprägten Welt ungefähr so elementar für unsere Gesellschaft geworden sind, wie Nahrung und Kleidung, obwohl das kaum von der Öffentlichkeit bemerkt wird.

„Heutzutage beruht schätzungsweise *ein Drittel des Bruttoinlandsproduktes* der USA auf Erfindungen, die durch die Quantenphysik ermöglicht wurden – vom Halbleiter im Computerchip über Laser im CD-Player bis zur Kernspintomographie im Krankenhaus und vielem mehr.“⁸⁰⁷

Fassen wir zusammen: Planck hat Einheiten gefunden, die Raum, Zeit, Materie und Energie allesamt mit einer fundamentalen Erkenntnis beschreibungsfähig machen, in der Sprache der Mathematik. Die Einheiten für Materie und Energie ließen sich bereits experimentell bestätigen, die Einheiten für Raum und Zeit sind bislang noch rein mathematisch theoretisch – wenn auch sehr plausibel. Alle Kategorien der menschlichen Erfahrung sind damit theoretisch *quantisiert*. Das Universum verhielte sich demnach ganz real wie ein Film, bei dem man die einzelnen „Schnappschüsse“ der Realität sehen könnte, würde man den „Projektor“ *sehr*

⁸⁰⁶ <http://de.wikipedia.org/wiki/Planck-Einheiten>

⁸⁰⁷ Wheeler, John Archibald & Tegmark, Max (01/ 2003): „*100 Jahre Quantentheorie*“ / Spektrum der Wissenschaft Dossier: „*Vom Quant zum Kosmos*“ / S. 8 (Hervorhebung nicht im Original)

langsam „Bild für Bild“, nämlich mit der Einheit der Planck-Zeit als „Einzelbild“ abspielen. Die Planck-Zeit ist dabei genau die Zeit, die das Licht benötigt, um die Strecke einer Planck-Länge zurückzulegen.

Es erscheint einmal mehr sehr unwahrscheinlich, dass sich *alles* in fundamentalen mathematischen bzw. Planck Einheiten quantifizieren lässt – außer dem Phänomen des Bewusstseins. Aber wie könnte die Planck Einheit für Bewusstsein lauten? – oder anders gefragt, benötigen wir überhaupt eine neue Einheit zur Beschreibung dieses Phänomens? Was also noch immer fehlt, wäre – bei Anspruch der Loop Quantengravitation auf den Status einer TOE (Theory of Everything) – die Einbindung des Phänomens Bewusstsein in den Kanon der quantisierbaren „*Einheiten Gottes*“. Raum und Zeit, Materie und Kraftfelder – alles kann diese Theorie erklären, und dies ohne die Annahme multipler Dimensionen, wohlgemerkt. Dadurch stellt sie eine reale Alternative zur String Theorie dar, die ansonsten in der Fachwelt dominiert, aber multiple Dimensionen benötigt. Sie bietet allerdings keinen Erklärungsansatz für das Phänomen Bewusstsein. Die Stringtheorie hingegen hat eine sehr interessante Option offen gelassen, über die die Loop Quantengravitation nicht verfügt:

„Nur die Schwerkraft darf in höhere Dimensionen. (...) Nach Ansicht der Stringtheoretiker können die bekannten Elementarteilchen unsere drei Dimensionen sowieso nicht verlassen. Nur den sogenannten Gravitonen, hypothetischen Teilchen, die in der Stringtheorie die Schwerkraft übertragen, stehen sämtliche Dimensionen offen. Also können nur Schwerkrafteffekte von den höheren Dimensionen künden - in der Praxis allerdings nur dann, wenn die Extradimensionen sich deutlich weiter dehnen als nur über ein paar Planck-Längen hinweg.“⁸⁰⁸

Gravitonen können sich als einzige Teilchen zwischen den Dimensionen frei bewegen, weil sie eine sog. „geschlossene Schleife“ bilden. Alle übrigen Teilchen, haben sog. „lose Enden“, mit denen sie sich an besagte „branen“ anheften müssen. Daher sind Gravitonen als einzige *Ausnahme als* Botenteilchen zwischen den Dimensionen prädestiniert. Es kann nun nicht ausgeschlossen werden, dass auch das Bewusstsein - in seiner Rolle als *Ausnahme* - sich dieser Möglichkeit ebenfalls bedient, und auf diese Weise multidimensional agiert. Der Dreh und Angelpunkt dieser Theorie ist jedoch der experimentelle Nachweis der sieben Extradimensionen, die die Stringtheorie neben der vierdimensionalen Raumzeit postuliert. Gelingt der Nachweis deren Existenz böte sich uns folgender möglicher Zusammenhang:

⁸⁰⁸ Rauchhaupt, Ulf (05/2006): „*In anderen Dimensionen*“ / FAZ Artikel in der Sparte Hochenergiephysik – siehe online:
<http://www.faz.net/s/Rub163D8A6908014952B0FB3DB178F372D4/Doc~EE2DED00B95E74111A245EBFB25E2E9B0~ATpl~Ecommon~Scontent.html>

- Gravitonen fluktuieren frei zwischen den Dimensionen – als Botenteilchen der Gravitation.
- Die für uns spürbare Wirkung der Gravitation wäre nur ein dimensionaler Aspekt in unserem vierdimensionalen *Ausschnitt* des Spektrums dieser Kraft.
- Quantengravitation wäre das Phänomen der Fluktuationen der Gravitonen an der interdimensionalen Membran.
- Bewusstsein wäre möglicherweise ein komplex dimensionales Phänomen, daß durch das Medium der Quantengravitation auf die klassische Energie und Materie des 4D Raumes einwirkt.
- Bewusstsein wäre nicht determiniert, hätte eine dedizierte *Schnittstelle* mit der Quantenmechanik und der Relativitätstheorie bei voller Kompatibilität mit den Erkenntnissen und Experimenten der modernen Physik und wäre so befreit von allen metaphysischen Resten.
- All dies wäre gegeben bei voller Übereinstimmung mit der Forderung der Willensfreiheit, durch den Wahrscheinlichkeitscharakter der Quantenphysik, der final seine physische Repräsentation durch den fluktuierenden Charakter der Quantengravitation an der interdimensionalen Membran findet.

Die Möglichkeit zu diesen Optionen besteht zumindest, auch wenn dies um den Preis geschieht, dass wir höhere Dimensionen dann zu erforschen hätten, in ihrer mathematischen und ontologischen Beschaffenheit. Ohne nähere Kenntnis der Zusatzdimensionen, bliebe uns dann die „wahre Natur“ des Phänomens Bewusstsein verborgen. Dies wirkt verlockend und ein wenig befremdlich zugleich. Manche argwöhnen eine neue „dunkle Phase“ der Forschung, in der „Neuland“ plötzlich wieder auf die Agenda tritt. Andere sehen darin die finale Befreiung von der „dunkeln Phase“, denn final geht alle Mystik auf im „hellen Lichte“ der Mathematik. Da ist der Preis einer multidimensionalen Mathematik – mit der wir uns dann beschäftigen müssen - vergleichsweise gering.

Hören wir dazu noch einmal etwas näher die Geschichte „*Flächenland*“, des mathematisch gebildeten Theologen Edwin A. Abbott – der wie oben bereits erwähnt eine Art Leitthema bei unseren Überlegungen stiftet:

„Der Held, ein Quadrat namens A. Square, ist Bewohner des zweidimensionalen Flatland. Er bekommt eines Tages Besuch von einem kreisförmigen Wesen, das in Wahrheit eine Kugel ist, da es aus Spaceland kommt, wo man auch noch eine

dritte Dimension kennt. Die Kugel beauftragt A. Square, in Flatland das „Evangelium von der dritten Dimension“ zu verkünden, was bei den Flatländern allerdings nicht gut ankommt. Sie werfen A. Square ins Gefängnis. (...) „Könnte es nicht auch noch eine vierte Dimension geben, von der man in Spaceland genauso wenig ahnt wie die Flatlander von der dritten? „*Vollkommen unvorstellbar*“, entgegnet die Kugel entsetzt.“⁸⁰⁹

Es dürfte eine Frage der Weltanschauung und der Fähigkeit zur individuellen und kulturellen Integration neuer Erkenntnisse darstellen, wenn auch wir in absehbarer Zeit „Propheten“ unter uns finden, die das „*Evangelium der fünften Dimension*“ verkünden. Evtl. sollte man diese ignorieren oder einsperren, oder aber über deren Aussagen Experimente entscheiden lassen.

⁸⁰⁹ vgl. Abbott Edwin A. (1884): „*Flatland: A Romance of Many Dimensions*“. –zitiert nach: Rauchhaupt, Ulf (05/2006) „*In anderen Dimensionen*“ / FAZ Artikel in der Sparte Hochenergiephysik – siehe online: <http://www.faz.net/s/Rub163D8A6908014952B0FB3DB178F372D4/Doc~EE2DED00B95E74111A245EBFB25E2E9B0~ATpl~Ecommon~Scontent.html> (*Hervorhebung nicht im Original*)

3.3.3 Alles fließt / Panta Rhei

„In dieselben Flüsse steigen wir hinab und nicht hinab, wir sind es und sind es nicht, denn in denselben Strom vermag man nicht zweimal zu steigen“

Heraklit

Die Grundlage der Annahme, ein Muster, eine Struktur oder eine Ordnung in einem System bestimmen zu können, ist dessen Stabilität in der Zeit. Wenn ich also sage, die politische Struktur in diesem Land ist zu diesem Zeitpunkt desolat, dann bin ich mir in der Regel bewusst, dass diese Aussage Gestern oder Morgen weniger zutreffen kann als Heute. Soweit ist dieses Verständnis der Stabilität von Mustern oder angelsächsisch „Pattern“ in der Zeit trivial.

Wenn ich allerdings sage, jetzt ist der Zustand meines Bewusstseins konzentriert, so kann dies in erheblich kürzerer Zeit Veränderungen unterliegen. Ein unerwarteter Anruf kann binnen Sekunden meine Konzentration auflösen oder ablenken. Die Stabilität von Pattern ist abhängig von der Dynamik des Systems.

Bei der Disziplin der sog. „*Pattern Recognition*“⁸¹⁰, wird sich dieser Dynamik bewusst bedient. Gesichter an Sicherheitsschleusen von z.B. Flughäfen müssen unter mannigfaltigen Bedingungen der Transformation wiedererkannt werden: Bart, Hut, Sonnenbrille, Perücke, etc. – wie wir im Kapitel über neuronale Netze bereits erörtert haben.

Was es also zu erkennen gilt, ist oft mehr eine *gleitende Dynamik*, als einen statischen Zustand. Dies gilt für Gesichter bei der Erkennung genauso wie für deskriptive Analysen von politischen Zuständen, oder der Vermessung von Hirnströmen in Korrelation mit Bewusstseinszuständen. „*Panta rhei*“⁸¹¹ – wie Heraklit so früh und tiefgreifend festhielt.

*„Space may be discrete, which means that geometry comes in bits of a certain absolute size. Or there may be quantum uncertainty in the very geometry of space. Just as electrons cannot be localized at precise points in the atom, but are forever dancing around the nucleus, the geometry of space may itself be dancing and fluctuating.“*⁸¹²

Der Raum selbst ist theoretisch in der Lage zu *fließen* und zu fluktuieren, wie Smolin und

⁸¹⁰ Pal, Sankar K. (2001): „*Pattern Recognition: From Classical to Modern Approaches*“ / World Scientific

⁸¹¹ vgl. Müller, Paul L. (2003): „*Panta rhei: Der Mensch im 21. Jahrhundert; Sein, Schein und Wirklichkeit*“ / Göttert

⁸¹² Smolin, Lee (2001): „*Three Roads to Quantum Gravity*“ / New York / S. 75
(Hervorhebung nicht im Original)

viele andere annehmen. Wenn dies zutrifft und sich in Kürze experimentell belegen lässt, wäre dies ein Wendepunkt der Physik. Wortwörtlich *alles* wäre dann das Resultat von interdimensionalen Energiefluktuationen – Information über Veränderung von Wahrscheinlichkeiten. Der Raum selbst genauso wie die Zeit, die Materie, die Energie, die Sterne und Galaxien – ausnahmslos alles. Wie steht es aber dann um unser Bewusstsein – Sonderstellung oder Teil des Ganzen?

Wie steht es dann also mit der Grundlage unseres freien Willens? Ist der *Tanz* der Partikel des Mikrokosmos auch ein Tanz *in* uns?

Wir haben uns nun etwas näher mit den physikalischen Details der Quantenphysik beschäftigt. Hier finden wir erneut Belege dafür, dass alles und jeder permanent „im Fluß“ ist. Dieses Verhältnis ist wohlgemerkt bijektiv. Nicht nur ist der Fluß im *Fluß* – sondern wir selbst sind ebenso, bedingt durch unseren materiellen Aufbau aus fluktuierenden Quanten, permanent im *Fluß*. Heraklit erfasste dies durch den Passus – „*Wir sind es und wir sind es nicht...*“ – in seinem Zitat. Ihm war die Bijektivität der Flussmetapher offenbar bewusst. In der Quantenphysik wird dieses Merkmal jedoch so primär, dass es erneut besondere Aufmerksamkeit verdient. Zustände fluktuieren, Teilchen transformieren sich, Energie wechselt gar theoretisch zwischen verschiedenen Dimensionen. Der Raum und die Zeit selbst verlieren ihren Charakter als „verlässliche“ Konzepte, oder Axiome der Beschreibung ihrer Inhalte. Wenn uns die Exkurse über Stringtheorie und Loop Quantengravitation etwas gelehrt haben, dann die Tatsache, dass kein einziges unserer wissenschaftlichen Konzepte von der fundamentalen Rolle der *Transformation* verschont bleibt. Auch Raum und Zeit selbst, sind offenbar ständig „im Fluß“. Wenn die Theorie zutrifft, dass beide letztlich ebenfalls aus finiten Elementen bestehen – besagten Loops, bzw. Quanten der Raumzeit – dann wird sich in einer finalen Theorie auch ein mathematisches Konzept finden, mit dem dieser Sachverhalt exakt in eine Formel gebracht werden kann. Vorstellbar wäre eine „Planck-Einheit“ der dimensional Wechselwirkung – das *interdimensionale Quant*? – evtl. das Higgs Teilchen? Vorerst jedoch vermögen wir nur zu erkennen, dass die Veränderlichkeit von Raum und Zeit durch Wechselwirkung mit Energie und Materie erklärbar ist und der Grad der Veränderlichkeit in Korrelation steht, mit der Größe des involvierten Sektors der Raumzeit. Der Mikrokosmos brodelt quasi vor permanenter Veränderung – während der Makrokosmos eher gemächlich gleitend sukzessive seine Transformationen vollzieht. Es besteht also eine direkte Korrelation zwischen der Intensität der *Quantenfluktuationen* (*Schwingungen pro Zeit*) des beobachteten Systems und der Geschwindigkeit der Transformationsprozesse des Systems. Daher lässt sich folgende These formulieren:

Das Metronom – der Taktgeber - der Transformationsprozesse der 4D Welt ist die Quantenfluktuation an der Membran zur 5D Welt. Die kleinste mögliche Transformation ist die Fluktuation eines Quants von einer Dimension in die benachbarte.

So weit würden zumindest viele Naturwissenschaftler der Argumentation noch folgen, wenn wir auf diese Auffassung nun lediglich noch einen weiteren Begriff legen – den der *Information* – dann jedoch dividieren sich die Meinungen der Fachwelt rapide auf.

Information trägt als Konstituent von Veränderung die fundamentale Rolle der Angabe des „Woher“, „Wie“ und „Wohin“ der Transformationen. Um diese eher abstrakten Überlegungen anschaulich zu machen, wählen wir das Beispiel von Heraklit – den viel zitierten „Fluss“⁸¹³:

Nehmen wir einen Fluß mit reißender Strömung, Stromschnellen und scharfkantigen Felsen, die ein Rafting - Boot zerschmettern könnten, wenn man nicht sehr geschickt manövriert. Das Wasser, daß sich seinen Weg durch diese unzähligen Strömungen, Verwirblungen und aufschäumenden Felsen sucht, darf man zurecht als höchst turbulentes Medium bezeichnen. Die Information, die beschreiben würde, wo genau sich jedes Molekül dieses reißenden Flusses befindet, würde bereits nach wenigen Sekunden jeden heute verfügbaren Rechner und Speicher überlasten. Die unzähligen Kollisionen der Moleküle, beeinflussen sich in solch extremer Weise permanent wechselseitig, dass der Effekt der bereits diskutierten „*kombinatorischen Explosion*“⁸¹⁴, die exakte Berechnung oder Prognose des Verhaltens dieses Mediums unmöglich macht. Konkret etwa, lässt sich nicht sagen oder berechnen, wann an welchem Felsen die Gischt aufspritzt, wo ein Strudel plötzlich entsteht und wieder vergeht, oder wann unser Boot von einer sich plötzlich auftürmenden Welle gegen einen Felsen geschleudert wird. In der Wissenschaft der Strömungsdynamik, wird daher von vereinfachenden Modellen ausgegangen, in denen sog. „Cluster“ von Molekülen betrachtet werden, in denen große Gruppen zusammengefasst werden. So lässt sich die kombinatorische Explosion eindämmen, die bereits bei der Berechnung der optimalen Schachstrategie von IBM's „Deep Blue“⁸¹⁵ die Grenzen der heute konstruierbaren Supercomputer aufzeigte. Allerdings geht diese Cluster Betrachtung erheblich zu Lasten der Prognose Qualität, im Falle unseres Flusses sogar derart, dass die Berechnung nach wenigen Millisekunden noch

⁸¹³ http://de.wikipedia.org/wiki/Panta_rhei

⁸¹⁴ Fassler, Manfred (1999): *“Cyber-moderne: Medienevolution, globale Netzwerke und die Künste der Kommunikation“* / Springer / S. 156

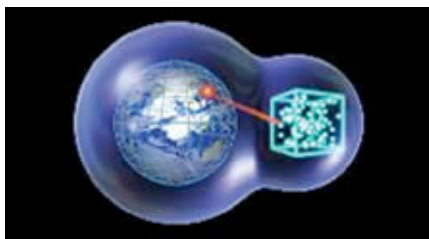
⁸¹⁵ http://de.wikipedia.org/wiki/Deep_Blue

einigermaßen präzise die Realität abbildet, aber bereits nach einigen vollen Sekunden komplett versagt. Die Menge der Information explodiert genauso exponentiell, wie die Zahl der Kollisionen der Moleküle.

Die Berechnung von komplexen Strömungen in Flüssigkeiten, dem Wetter, die Vorhersage eines Tsunamis oder eines Erdbebens – dies sind genau jene Herausforderungen an unsere heutigen Supercomputer, die sie *noch nicht* zu erfüllen vermögen. Genau dieses Versprechen soll in naher Zukunft der bereits erwähnte „*Earth-Simulator*“⁸¹⁶ in Japan einlösen, aber er hat noch eine letzte Hürde vor sich, wie die Webpräsenz des „Holistic Simulation Research Project“ selbst einschätzt:

„The success in The Earth Simulator demonstrated that the computer simulation is a powerful methodology not only for the scientific research, but also for the prediction of our future. However, because nature as well as human society is a complex system, which consists of a huge number of different scales and various elementary processes, we cannot perform the simulation including the total interactions between all microscopic processes in the universe even using The Earth Simulator.“⁸¹⁷

Aber es gilt dabei festzuhalten, dass die einzige Hürde dabei, die besagte kombinatorische Explosion darstellt, denn prinzipiell, wäre mit ausreichender Rechenkapazität auch diese extreme Herausforderung berechenbar. Der Beweis liegt darin, dass sich das Verhalten eines einzelnen Moleküls sehr präzise berechnen lässt, auch noch jenes eines Clusters von Molekülen, nur bei der Komplexität eines ganzen reißenden Flusses, versagen die heutigen Computer noch. Es gibt aber bereits gute Ansätze das Problem einzukreisen:



„Holistic Simulation Research Program is a challenging project, in which we try to overcome this difficulty by developing a new type of simulations, called Macro-Micro Interlocked (MMI) Simulation.“⁸¹⁸ – In der Grafik links ist symbolisch der Globus und ein Cluster Moleküle

dargestellt. Die MMI Algorithmen gestatten eine Verbindung der kausalen Wechselwirkung aus Milliarden Möglichkeiten einzugrenzen. In der Chaostheorie sagt man etwa: „Ein Schmetterlingsflügel Schlag vermag einen Hurrican auszulösen.“ Das ist sicher richtig, aber wie berechnet man, welcher Schmetterling der „Schuldige“ war?

⁸¹⁶ <http://www.es.jamstec.go.jp/esc/eng/>

⁸¹⁷ <http://www.es.jamstec.go.jp/esc/research/Holistic/index.en.html>

⁸¹⁸ [s.o.](#)

Der Ansatz der MMI Simulation, ist ähnlich wie die oben genannte „Cluster“ Berechnung, ein mathematischer Ansatz, um Makro und Mikrokosmos vereinfachend zu analysieren, ohne die „gesamte“ Umwelt mit zu berechnen. Dazu werden dezidierte Beziehungen erarbeitet, zwischen den beiden Welten – wie obige Grafik illustriert. Es bleibt vorerst offen, ob sich mit Hilfe solcher MMI Algorithmen die holistische Simulation beschleunigen lässt.

Der Punkt, auf den wir hinaus wollen ist augenfällig:

Wie kann es sein, dass der „Fluß“ selbst, offenbar ohne das kleinste Problem, all seine ihn konstituierenden Moleküle genau so „bewegt“, wie es den Gesetzen der Physik entspricht?

Wer „berechnet“ für Heraklits Fluß, wann sich welches Molekül mit welchem in welchem Winkel stößt, welcher Vektor des Impulses vertikal, horizontal und longitudinal aufgeteilt wird? Woher „weiß“ es das Molekül selbst, wie es sich exakt konform der Gesetze der

Quantenmechanik verhält, wenn ein Stoß durch eine Fluktuation eines Tunneleffektes, einer Superposition, etc. beeinflusst wird? – Die Antwort kann nur lauten – der Fluß!

Laplace hatte 1814 die wohl bekannteste Idee, zur Lösung der Frage nach dem großen „Genius“ hinter aller dem Kosmos innewohnenen Rechenkunst – der sog. „Laplace'scher Dämon“:

„We may regard the present state of the universe as the effect of its past and the cause of its future. An intellect which at any given moment knew all of the forces that animate nature and the mutual positions of the beings that compose it, if this intellect were vast enough to submit the data to analysis, could condense into a single formula the movement of the greatest bodies of the universe and that of the lightest atom; for such an intellect nothing could be uncertain and the future just like the past would be present before its eyes.“⁸¹⁹

Es erscheint natürlich anthropomorphisierend, wenn Laplace hier einen imaginierten „Intellekt“ als ein „Jemand“ beschreibt, der quasi für „uns“ den Kosmos „berechnet“. Besser reden wir also - in diesem Modell - von einem „Etwas“, dass Information und dessen Verarbeitung in seinem System repräsentiert. In der Quintessenz jedoch bleibt die Aussage – egal ob Fluß oder Kosmos - gleich: Die Information jedes Systems muss verarbeitet werden, jedes Quant muss „wissen“ können, wie sein nächster Quantensprung auszusehen hat und jedes Molekül muss die Information verfügbar gemacht bekommen, welche räumlichen

⁸¹⁹ vgl. Laplace, Pierre-Simon (1814): „*Essai philosophique sur les probabilités*“ / Gauthier-Villars 1921 – zitiert nach:

Lloyd, Seth (2006): „*Programming the Universe*“ / Random House / New York / S. 98

Siehe auch online: http://de.wikipedia.org/wiki/Laplace'scher_Dämon

Vektoren die Weitergabe seines Bewegungsimpulses bestimmen – damit überhaupt Zeit vergehen kann. Die Zeit stünde schlicht still, wenn „ES“ zu rechnen aufhörte – kein Quant spränge, kein Photon berührte unsere Retina, kein Elektron tunnelte in Transistoren – die Zeit stünde still. Wenn dies für den Fluß zu schwer zu „visualisieren“ ist, dann stellt man sich vereinfacht zwei Wassermoleküle vor, die sich stossen. Die Energie des Impulses des Stosses, erschüttert und verformt das Kraftfeld des Moleküls, aus dem es eigentlich „besteht“. Durch den Energieerhaltungssatz, wird die kinetische Energie also wieder abgegeben, an den Stosspartner, der davon „fliegt“, wie das betrachtete Molekül selbst. Aber in der „Nanosekunde“ des Stosses, geschehen eine Zahl hochgradig komplexer Vorgänge der Natur. Es muss bedacht werden, dass die Hülle des Kraftfeldes des Moleküls lediglich mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit existiert, also in der Zeit in ihrer Intensität fluktuiert, wie der Film mit den „Planck-Einzelbildern“ der Zeit. Die Heftigkeit des Stosses, und die Abprall-Geschwindigkeit sowie der Winkel, sind nicht in einer rein klassischen Rechnung wirklich *exakt* zu berechnen, sondern man benötigt selbst bei einer scheinbaren Trivialität, wie einem elastischen Stoss, die Gesetze der Quantenphysik. Zudem muss man, um wirklich umfassend zu berechnen, wie die zwei Moleküle sich stossen, die interdimensionale Fluktuation ihrer energetischen Hüllen mit berechnen. Es wäre also nicht wirklich zutreffend zu sagen, der Fluß rechnet nicht – er fließt lediglich. Es muss zumindest die Information darüber ausgetauscht werden, wie sich exakt die Moleküle in diesem komplexen Netzwerk von energetischen Verhältnissen, die alle simultan ablaufen, „verhalten“ sollen, damit ein Fluß „richtig“ fließt. Exakt dieser Informationsaustausch, ist in konsequenter Betrachtung eine Informationsverarbeitung, wenn die Moleküle sie *in der Zeit* prozessieren, was wir oben bereits gezeigt haben. Man kann also sehr wohl davon reden, dass hier eine „Berechnung“ stattfindet, denn eine Informationsverarbeitung in der Zeit ist genau die Definition dessen.

Auch wenn dies bislang nur als Modell gedacht werden kann, denn dass „der Fluß – oder alle Materie – oder ES“ rechnet, ist noch nicht verifizierbar, ergibt sich doch die Notwendigkeit der fundamentalen „Rechenarbeit“ recht plausibel aus der ubiquitär wirksamen interdimensionalen Fluktuation der Quanten, die bereits sehr gut belegt⁸²⁰ ist. Der oben erwähnte „Stillstand“ geschähe übrigens ebenfalls, wenn wir die Zeit auf der Planck Skala betrachten, wie eine Sequenz aus Schnappschüssen mit Planck-Zeit Länge. Es wäre quasi Realität ist extremster möglicher Zeitlupe – *beinahe* Stillstand.

⁸²⁰ Lucas, Klaus (2005): *“Thermodynamik: Die Grundgesetze der Energie- und Stoffumwandlungen“* / Springer

Besteht hier also ein fundamentaler Zusammenhang zwischen „*Berechnung*“ und „*Zeit*“? Mindestens kann man behaupten, dass *Zeit* eine Denknötwendigkeit für jede *Berechnung* darstellt, der Quantencomputer Spezialist David Deutsch hat dazu eine noch weitreichendere These:

"Es existiert also keine grundlegende Trennung zwischen Schnappschüssen *anderer Zeiten* und Schnappschüssen *anderer Universen*. Dieses ist der Kern des Quantenbegriffs der *Zeit*:

Andere Zeiten sind lediglich Spezialfälle anderer Universen."⁸²¹

Deutsch folgert hier aus der Diskussion um die sog. „Many Worlds Theory“⁸²², dass nicht jedes Quantenereignis ein eigenständiges Universum erschafft – was eine sehr „Ressourcenaufwändige Lösung“ darstellen dürfte, sondern Quantenereignisse lediglich als „Kette“ von *Spezialfällen anderer Universen* und damit als so etwas wie „Atome der *Zeit*“ betrachtet werden können, wenn wir weiter an einen „*Zeitpfeil*“ denken wollen.

Um dies zu reflektieren, kann man sich folgendes erneut ins Bewusstsein rufen:

Die Quanten-Kohärenz funktioniert wie ein *Supraleiter*⁸²³ – der Austausch von Information erfolgt instantan und völlig verlustfrei in besagter höherdimensionaler „Enklave“ – das Ergebnis der *Berechnung* ist mit seiner Frage simultan existent – es vergeht keine *Zeit* bei dessen *Berechnung*. Was überhaupt erst *Zeit* veranlasst zu vergehen, ist der Moment wo die Information aus dem Quantenzustand in den klassischen Zustand transformiert wird. Der *Wechsel* des Quants zwischen den Dimensionen – oder zwischen den Universen, wie Deutsch es interpretiert - , wird daher von vielen Physikern als der initiale Punkt⁸²⁴ betrachtet, der *Zeit vergehen*⁸²⁵ lässt – durch die Möglichkeit zur Rezeption dieses Vorgangs durch einen *wahrnehmenden* Beobachter.

Könnte unser gesuchtes *interdimensionales Quant* etwa etwas sein, dass wir alle bereits sehr gut kennen? – die kleinste Einheit von *Berechnung* ist per Definition die kleinste Einheit der Information – ein *Bit*⁸²⁶ (Kurzform für: *Binary Digit*). Es wurde schriftlich zum ersten Mal 1948 auf Seite 1 von Claude Shannons berühmter Arbeit „*A Mathematical Theory of Communication*“ erwähnt. Es erfüllt interessanter Weise sämtliche notwendigen

⁸²¹ Deutsch, David (2000): „*Die Physik der Welterkenntnis*“ / dtv Verlag / München / S. 265 (Hervorhebung im Original)

⁸²² vgl. DeWitt, B. S. / Graham, N. (1973): „*The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*“ / Princeton University Press

⁸²³ vgl. Waloschek, Pedro (1996): „*Teilchenzoo*“ / Rohwohlt / Reinbek

⁸²⁴ vgl. Davies, Paul (1995): „*Die Unsterblichkeit der Zeit*“ / Orion / New York

⁸²⁵ vgl. Prigogine, Ilya, Stengers, Isabelle (1993): „*Das Paradox der Zeit*“ / Piper / München - Zürich

⁸²⁶ <http://de.wikipedia.org/wiki/Bit>

Vorraussetzungen:

- das Bit ist völlig masse- und dimensionslos – ergo auch *zeitlos*
- das Bit kann Information binär codieren und transportieren
- das Bit kann eine Wirkung in jeder denkbaren Dimensionen kausal verursachen
- das Bit ist kommensurabel mit Relativitätstheorie und Quantenphysik
- das Bit ist kommensurabel mit dem Phänomen Bewußtsein⁸²⁷

Wenn *ES* also rechnet, dann sind das in erster hinsicht Bits, die ausgetauscht werden, zwischen Trägern von *Information*. Dabei kann bereits die schiere Existenz eines Quants ein Bit repräsentieren, wäre es nicht da, wäre sein Wert 0 – ist es da, ist sein Wert 1.

Besteht das Universum fundamental aus Information?

Bevor wir uns dieser Frage zuwenden, wollen wir nochmals zu der Flussmetapher zurückkehren:

Die Antwort, auf die Erfüllung obiger Erfordernisse an ein universelles rechnendes *ES*, kann nicht trivialer Weise die „*Präsenz der Naturgesetze*“ selbst sein – denn dann fehlte uns das Agens der Kommunikation dieser omnipräsenten Gesetze – und der involvierten bewegten Körper. Genausowenig kann es ein Laplacece’scher Dämon oder ein Gott sein, der für uns „rechnet“ – denn Metaphysik und Magie liefern uns keine befriedigenden epistemologisch weiterführenden Erkenntnisse. Die beste Antwort die man heute geben kann lautet daher tatsächlich: *der Fluß muss sein Fließen selbst „berechnen“!*

Der Fluß ist dabei sein eigenes berechnendes *ES*, genauso wie damit jeder Stein, jedes Atom und jedes Quant sich notwendigerweise ebenso selbst *berechnen*. Stimmt diese Theorie mit der Realität überein, dann wäre das Universum ein Computer – und zwar um präzise zu sein, *ein Quantencomputer*.

Die Idee selbst ist schon älter und wurde in den 60er Jahren von Ed Fredkin und Konrad Zuse erstmals entwickelt – sie sprachen von „*Rechnender Raum*“⁸²⁸, doch damals hatte man noch wenige experimentelle Möglichkeiten solch eine Behauptung zumindest in Ansätzen zu beweisen. Heute ist soch eine verwegene These nicht nur salonfähig, sondern avanciert in den USA vielerorts zur Lehrmeinung. Der beste Beweis ist der heute funktionsfähige

⁸²⁷ Im Verständnis des Phänomens Bewusstsein als eines solchen, dass ebenfalls auf den Grundlagen der physikalischen Phänomene dieses beobachtbaren und berechenbaren Universums beruht, und keine „metaphysischen Reste“ mehr tragen muss.

⁸²⁸ Zuse, Konrad / Fredkin, Ed (1970): „*Calculating Space*“ / MIT Technical Translation AZT-70-164-GEMIT / Massachusetts Institute of Technology (Project MAC) / Cambridge, Mass. 02139

Quantencomputer. Den ersten Algorithmus für Quantencomputer lieferte allgemein anerkannt Peter Shor⁸²⁹, weniger klar ist, wann es exakt nach Definition gelang, den ersten funktionstüchtigen Quantencomputer zu betreiben. Klar ist heute jedoch, die Geräte funktionieren und werden weltweit an einer stetig wachsenden Liste⁸³⁰ von Universitäten und anderen Standorten erforscht.

Seth Lloyd, der seine wissenschaftliche Laufbahn am MIT vornehmlich der Frage nach der Rolle der Information in der Quantenphysik gewidmet hat, betrachtet diese Zusammenhänge nicht frei von Humor:

Wired Magazin: „What is the universe computing when we are not hijacking it for our own purposes?“

Lloyd: „*It computes itself*. It computes the flow of orange juice as you drink it, or the position of each atom in your cells.“ (...)

Wired Magazin: „Would it be fair to say the universe is a mind?“

Lloyd: „You could use that metaphor. And if you did, then you and I and my cat are its thoughts. But the vast majority of the universe's thinking is about humble vibrations and collisions of atoms.“ (...)

Wired Magazin: „You seem to be saying that the concept of *the universe as one huge quantum computer is not just a metaphor - it's real*.“

Lloyd: „*Absolutely*. Atoms and electrons are bits. Atomic collisions are "ops."

Machine language is the laws of physics. *The universe is a quantum computer*.“⁸³¹

Es wird heute vielerorts noch diskutiert, ob der Computer, da er unsere Umwelt und unser Denken beeinflusst, nicht lediglich eine zeitgemäße Metapher für das Universum ist, oder für das, was es eigentlich „macht“. Diese Sichtweise mag Beruhigung spenden, doch sie ist irreführend. Unsere modernsten Theorien können immer nur Annäherungen an die Wirklichkeit liefern, wie wir philosophisch korrekt anmerken müssen. Dass ein Universum als Quantencomputer heute plausibel ist, sagt wenig über die Plausibilität einer solchen These im neuen Lichte des anschließenden noch unbekanntes wissenschaftlichen Paradigmas aus. Allerdings, ist diese Metapher, wie Deutsch sagen würde, die aktuell beste verfügbare Arbeitsthese.

Das Funktionieren des Quantencomputers ist ein Faktum – Quanten sind Elemente der

⁸²⁹ Shor, P. W. (1994): „*Algorithms for quantum computation: Discrete logarithms and factoring, in Proceedings of the 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science*“, IEEE Computer Society Press

⁸³⁰ <http://www.qubit.org/phpscripts/places.php>

⁸³¹ Lloyd, Seth (2006): „*Interview des „Wired“ Magazin mit Seth Lloyd*“ / Ausgabe vom 14.03.2006 – oder online: <http://www.wired.com/wired/archive/14.03/play.html?pg=4> (Hervorhebung nicht im Original)

Raumzeit, dies ist bewiesen. Wenn auch der *Raum selbst rechnet*, was noch zu beweisen ist, dann folgt: *Universum = Quantencomputer* – Q.E.D. – ein zugleich trivialer wie epochaler Beweis.

„The conventional view is that the universe is nothing but elementary particles. That its true, but it is equally true, that the universe is nothing but bits – or rather qubits. Mindful that if it walks like a duck and quacks like a duck then it’s a duck, from this point on we’ll adopt the position that since the universe registers and processes information like a quantum computer and is observationally indistinguishable from a quantum computer, then it *is* a quantum computer“⁸³²

In dieser Interpretation des Universums, als ein Ort, der vollständig physikalisch beschrieben werden kann, es ist in der Tat *sinnvoll*, physikalisch sowie aus der Informationstheorie, dass hier der Terminus *Berechnung* bzw. *computation* platziert wird. Die Naturgesetze können sich nicht *nolens volens* materialisieren. Es steckt ein metaphysischer Rest hinter der stillschweigenden Annahme, dass die Welt so sei wie sie ist, weil es Naturgesetze gibt. Naturgesetze selbst sind – wie Deutsch weiter oben richtig anmerkte – stets nur die beste temporär verfügbare Beschreibung dessen, was wir beobachten können, und damit grundsätzlich veränderlich. Nicht veränderlich ist jedoch eines:

Wenn das Universum sich vollständig physikalisch beschreiben lässt – heute oder künftig – dann wird die Verarbeitung seiner Informationen eine *Berechnung* darstellen die sich ebenfalls vollständig beschreiben lässt, als eine reine Konsequenz der Logik.

Die philosophische Herausforderung liegt in diesem Punkt erneut in der richtigen Beschreibung der Rolle des Subjektes in dieser Konstellation.

Hier geht es primär und allein um die Frage – welche Instanz der Realität vermittelt zwischen Information und Energie bzw. Materie? Sind diese Instanzen deckungsgleich, haben sie eine Schnittmenge, oder sind sie kategorisch different? Wenn der leere Raum rechnen kann, wie schon der Vater des Computers Konrad Zuse 1967 zuerst formulierte, und heute postuliert wird, dass auch alle Materie und Energie des Universums rechnen kann, ja – im Kern seines Wesens der Kosmos wahrscheinlich ein Quantencomputer ist - was vermittelt dann zwischen dem „Computer in der Materie des menschlichen Gehirns“ – und dem Phänomen seines Bewusstseins? – Quanten? – Neuronen? – Aktionspotentiale? – Microtubuli?

Wenn man die Phänomene Materie und Bewußtsein nicht in unzulässiger Weise als identisch setzen will, dann benötigt man logisch notwendig einen Weg der „Kommunikation“ zwischen

⁸³² Lloyd, Seth (2006): „*Programming the Universe*“ / Random House / New York / S. 154 (*Hervorhebung im Original*)

diesen beiden involvierten Grundgrößen, bei der Analyse des Phänomens der natürlichen Intelligenz.

Die Antwort der modernen Physik, die sich dieses Problems bewusst ist, ist das sog. „Holografische Prinzip.“⁸³³

Die Information selbst, ist Medium und Agens des Komos in *Personalunion*. Eine tiefergehende Forschung, um die Konstruktion einer KI begabten technischen Struktur, hängt Nach unseren Betrachtungen weniger von den verwendeten Substraten ab – Silizium, Germanium, etc, - anstatt vielmehr davon, zunächst die fundamentale Rolle der Information zu verstehen, ebenso wie die Transformation der Vorstellung, Berechnung erforderte grundsätzlich überhaupt ein „Substrat“. Um Information zu verarbeiten reicht die Quantenfluktuation des leeren Raumes bereits völlig aus. Materie – die ja im übrigen zu 99,999...% aus leerem Raum besteht – der Rest ihres Wesens sind Kraftfelder - ist in dieser Betrachtung ein gangbarer Weg der „Natur“, um errechneten Bedingungen der Existenz von Systemen, wenigstens temporär eine Möglichkeit der „Speicherung“ der Existenz ihrer Modalitäten zu gewährleisten. Es erscheint durchaus plausibel, dass die „Rechenarbeit“ selbst *nicht* von der Materie geleistet wird, denn ihre Kraftfelder stellen in dieser Betrachtung ja bereits ein Sekundärprodukt dar, dass lediglich berechnete Information energetisch codiert, sondern wenn Seth Lloyd und seine Fürsprecher Recht behalten, dann ist es allein die *Quantenfluktuation* an der interdimensionalen Membran, die überhaupt eine Berechnung zu leisten vermag.

Der leere Raum des Universums ist der Quantencomputer – die energetischen Kraftfelder der Materie sind der Speicherort seiner Berechnungen und sind veränderlich in der Zeit.

Nimmt man diese These ernst, dann muss ES beständig weiter rechnen, damit Zeit überhaupt vergehen kann. Das BIT der Zeit wäre damit eine fundamentale quantenphysikalische Operation an der Membran der Dimensionen. Der Kern der Betrachtungen, die wir anstellen, wird also nun sinnvoller Weise auf die Beziehung von Information und Zeit weiter entwickelt.

⁸³³ Bousso, Raphael (2002): *"The holographic principle"*/ Reviews of Modern Physics 74

3.3.4 Das Holografische Prinzip

*To them, I said, the truth would be literally nothing
but the shadows of the images.
Plato, The Republic (Book VII)⁸³⁴*

Das Holografische Prinzip ist eine Hommage an Platon und sein Höhlengleichnis⁸³⁵. Es besagt, dass der Informationsgehalt eines Raumvolumens repräsentiert werden kann, allein durch die Fläche der dieses Volumen begrenzenden Wände. Bereits Platon ahnte, dass wir nicht zu unterscheiden vermögen würden, wären wir bereits seit Jahrtausenden um eine Dimension reicher als wir es *sehen* können. In Platons Gleichnis „glauben“ die angeketteten Höhlenbewohner auch dann noch nicht, an die wirkliche Natur der Schatten, nachdem ihnen aus erster Hand von einem befreiten Leidensgenossen berichtet wurde. Wenn man ein Leben lang einer falschen Überzeugung auferlegen ist, dann „bricht eine Welt zusammen“ wenn diese Überzeugung verändert werden soll. Selbst dann, wenn die neue Botschaft eine Veränderung zu mehr Freiheit bedeutet – um die Wahrheit zu verhindern, würden manche zum letzten Mittel greifen:

- „Und nun bedenke dieses; wenn der solchergestalt Freie wiederum hinabstiege und an demselben Platz sich niedersetzte, bekäme er da nicht plötzlich, aus der Sonne kommend, die Augen voll Dunkel?
- Gar sehr.
 - Und wenn er nun wieder mit den ständig dort Gefesselten wetteifern müsste, im Äußern von Meinungen über die Schatten, während ihm noch die Augen blöd sind, bevor er sie wieder eingestellt hat auf das Dunkel, was nicht geringe Zeit der Eingewöhnung verlangte, würde er dort unten nicht der Lächerlichkeit preisgegeben sein, und würde man ihm nicht sagen, er sei nur hinaufgestiegen, um mit verdorbenen Augen wiederzukommen, und das es ganz und gar nicht lohne, nach oben zu gehen? Und würden sie (die Gefesselten) den, der Hand anlegte, sie von den Fesseln zu lösen und hinaufzuführen, wenn sie seiner habhaft werden und ihn töten könnten, nicht wirklich töten?
 - Sicherlich!⁸³⁶

Platon wählte eine Höhle mit zweidimensionalen Schatten dreidimensionaler Körper als Metapher – das Holografische Prinzip wählt die vierdimensionale Raumzeit als Hologramm

⁸³⁴ <http://www.damtp.cam.ac.uk/user/gr/public/holo/>

⁸³⁵ Heidegger, Martin (1997): „Vom Wesen der Wahrheit: Zu Platons Höhlengleichnis und Theätet“ / Vittorio Klostermann / S.79

⁸³⁶ Heidegger, Martin (1997): „Vom Wesen der Wahrheit: Zu Platons Höhlengleichnis und Theätet“ / Vittorio Klostermann / S.79 - 80

einer hypothetischen fünfdimensionalen Raumzeit als Metapher. Im Prinzip jedoch, sagen Platon und das Holografische Prinzip exakt das Gleiche, lediglich wird die Perspektive um zwei Dimensionen nach oben skaliert: 2 zu 3 wie 4 zu 5.

Der Niederländische Nobelpreisträger Gerardus 't Hooft⁸³⁷ entwickelte als erster 1993 eine mathematisch verifizierbare Niederschrift dieser Idee. Das Prinzip wurde namhaft von Leonard Susskind⁸³⁸ und Raphael Bousso um die Formulierung einer sog. „Holographischen Grenze“⁸³⁹ erweitert. In der Kette aus Stringtheorie und Loop Quantengravitation ist das holografische Prinzip somit die jüngste TOE Option.

Wir kommen hier nun auf unsere weiter oben bereits getroffene Feststellung zurück, dass wir die Wahrnehmung in einem *ausgedehnten* Raum zu leben, unter Umständen lediglich einer optischen Illusion verdanken. Brian Greene wurde weiter oben im Beispiel mit der „Dose Tomatensuppe“ bereits zitiert mit seiner Anregung, wir sollten uns eher vorstellen, auf dem Rand einer räumlichen Mannigfaltigkeit zu leben, statt in dessen Innerem. Diesen Vorschlag unterstützt das Holografische Prinzip und leitet daraus Aussagen über den Zusammenhang des Informationsgehaltes von Raumvolumina und deren Grenzfläche ab:

„Wenn sich ein dreidimensionales System vollständig durch eine physikalische Theorie ausdrücken lässt, die nur auf dessen zweidimensionaler Grenze operiert, dann sollte der Informationsgehalt des Systems nicht größer sein als derjenige der Beschreibung auf der Grenzfläche.“⁸⁴⁰

Seth Lloyd benutzte diese Überlegung zur Berechnung des „Ultimate Laptop“, wie weiter oben beschrieben – ohne die Planck Einheiten in ihrer Natur der absolut letzten Extreme – bevor die Raumzeit zu einem schwarzen Loch oder neuen Urknall kollabiert, hätte Lloyd keine Grenze für Rechenkapazität pro Raumvolumen nennen können – sie wäre unendlich. Dank Planck kann Lloyd sie jovial publizieren:

„The ultimate Laptop looks like a small piece of the Big Bang. (...) Thus the number of ops per second that our small but powerful computer can perform is a huge number, a million billion billion billion billion billion (10^{51}) ops per second. Intel has a long way to go.“⁸⁴¹

⁸³⁷ http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1999/thoof-t-autobio.html

⁸³⁸ Susskind, Leonard (1994): „*The World as a Hologram*“ / High Energy Physics – Theory / abstract hep-th/9409089 – oder online: <http://arxiv.org/abs/hep-th/9409089>

⁸³⁹ Bousso, Raphael (2002): „*The holographic principle*“ / Reviews of Modern Physics 74

⁸⁴⁰ Bekenstein, Jakob (2003): „*Das Holografische Universum*“ / Spektrum der Wissenschaft / 09 – 2003 / S. 39

⁸⁴¹ Lloyd, Seth (2006): „*Programming the Universe*“ / Random House / New York / S. 161

Der maximale Informationsgehalt und die maximale Rechenkapazität eines Raumvolumens sind direkte Konsequenz aus den Überlegungen des Holografischen Prinzips.

Der gesamte Informationsgehalt eines Raumvolumens, kann allein auf dessen Grenzfläche abgebildet werden, wurde mehrfach mathematisch unabhängig bewiesen, und Gerd t'Hooft erhielt wie besagt den Nobelpreis⁸⁴² für diese Erkenntnis. Dennoch wirkt es befremdlich und beinahe unvorstellbar, dass jeder Körper quasi „hohl“ ist, wenn man seinen Informationsgehalt betrachtet - doch Höherdimensionalität ist ein anspruchsvolles abstraktes Konzept. Mehr Beweis, als mathematische Verifikation ist heute noch nicht zu leisten.

Macht man die Welt durch Licht sichtbar, so besteht diese im Auge des Betrachters immer nur aus „Oberflächen“. Die „Inhalte“ dieser „Oberflächen“ sind ähnlich beschaffen wie die dem Auge verborgen bleibenden „höheren Dimensionen“. Die „Innenansicht“ eines Elements einer lichtreflektierenden Oberfläche – ein Atom – ist eine „Hohlkugel“ aus Energiefeldern, die die Lichtreflexion bewirkt, wie bekannt. Doch neu ist der Gedanke, über die alleinige Betrachtung dieses Prozesses unter dem Aspekt der involvierten notwendigen *Information!* Diese Sichtweise wird so zur Basis einer weiteren erstaunlichen Überlegung:

Wenn das umschlossene Volumen stets *höherdimensional* beschaffen ist, wie seine Begrenzung, dann kann jede Beschreibung eines Körpers stets auch verstanden werden, als ein *Hologramm* eines diesen Körper kausal verursachenden *höherdimensionalen* Körpers.

- ein Punkt ist nur das Grenzflächenabbild (oder Schatten) einer Linie
- ein Kreis ist nur das Grenzflächenabbild (oder Schatten) einer Kugel
- eine Kugel ist nur das Grenzflächenabbild (oder Schatten) einer Kugel in der Zeit
- ein Bewusstsein⁸⁴³ ist nur das Grenzflächenabbild (oder Schatten) eines 5D Objektes ?
- ein 5D Objekt ist nur das Grenzflächenabbild (oder Schatten) eines 6D Objektes ?
- usw. (bis zu theoretisch elf Dimensionen der Superstringtheorie)

Anhand dieser einfachen aber verblüffenden Überlegung stellt sich folgende Frage:

„Können wir das holografische Prinzip auf das Universum als Ganzes anwenden? Das wirkliche Universum ist ein vierdimensionales System: Es hat ein räumliches Volumen und erstreckt sich in der Zeit. Wenn die Physik des Universums holografisch ist, dann muss eine alternative, auf einer dreidimensionalen Grenze der Raumzeit gültige Menge physikalischer Gesetze existieren, die zu der uns

⁸⁴² http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1999/thoof-auto.html

⁸⁴³ Bewusstsein soll hier erneut verstanden werden, als ein Phänomen, daß sich nahtlos in die Prozesse des übrigen Kosmos wie auch der Quantenphysik einreicht.

bekannten vierdimensionalen Physik äquivalent ist.“⁸⁴⁴

Wenn wir bereit sind diesen exotischen Überlegungen so weit zu folgen, dann warten am Ende fruchtbare Erkenntnisse über die Natur von Intelligenz und Bewusstsein – sowie eine recht präzise Ahnung über die Bedingungen zur Konstruktion einer KI auf uns, die den Turing Test bestehen wird. Denn alles, was in unseren bisherigen Überlegungen fehlte, zusätzlich zu der technisch machbaren Skalierung der Rechenkapazität, war ein Weg die *Reflexivität* des Bewußtseins in mathematischen Begriffen auszudrücken.

Wenn der 4D Raum jedoch lediglich ein Hologramm des 5D Raumes darstellt, und Bewusstsein ein Phänomen ist, das Zugang zu beiden Sphären hat, dann ergibt sich eine faszinierende mögliche Antwort auf den Ursprung von Reflexivität:

Der 5D Raum wirkt wie ein *Projektor* – der 4D Raum wie ein Bildschirm. Die Ursache eines „Bildes“ ist dann seine Information, die sich der Raumzeit aufprägt wie ein Wellenmuster der Ozeanoberfläche. Der „Wind“ der diese Wellen erzeugt, ist die Quantenfluktuation an der „Membrane“ der dimensional Trennwand, vorstellbar als die „Meeresoberfläche“. Dabei entstehen Schwingungen (Bilder) in beide Richtungen der Trennwand, jedoch herrschen nicht auf beiden Seiten die Gesetze der Optik des 4D Raumes. Was also von unserer Seite der „Meeresoberfläche“ wie ein „Bild bzw. Objekt“ aussieht, das Licht reflektiert und eine „feste Gestalt“ aufweist, das ist auf der 5D Seite der gleichen Abbildung lediglich dessen Information, ohne Lichtreflexion und Gestalt.

Reflexivität kann in dieser „Verbildlichung“ also erklärt werden, über den Prozeß der Wechselwirkung von reiner Information und ihrem Abbild zwischen den verschiedenen Dimensionen. Bekenstein drückt dies so aus:

„Das fünfdimensionale Universum wird praktisch wie ein Hologramm auf seiner vierdimensionalen Grenzfläche abgebildet. In der fünfdimensionalen Raumzeit herrscht die Superstringtheorie, aber auf dem vierdimensionalen Hologramm gilt eine sogenannte konforme Feldtheorie mit Punktteilchen. Ein schwarzes Loch in der fünfdimensionalen Raumzeit ist äquivalent zu heißer Strahlung auf dem Hologramm.“⁸⁴⁵

Bekenstein macht deutlich, dass auf beiden Seiten der „Grenzfläche / Meeresoberfläche“ unterschiedliche Gesetze der Physik gelten, weil der Raum mit unterschiedlicher

⁸⁴⁴ Bekenstein, Jakob (2003): „*Das Holografische Universum*“ / Spektrum der Wissenschaft / 09 – 2003 / S. 39

⁸⁴⁵ Bekenstein, Jakob (2003): „*Das Holografische Universum*“ / Spektrum der Wissenschaft / 09 – 2003 / S. 40

Dimensionalität jeweils spezifische geometrische Wirkung auf seine in ihm befindlichen Energiefelder ausübt. Was wir also z.B. von einem schwarzen Loch sehen können, ist nur sein „Grenzflächenabbild“, das eigentliche schwarze Loch ist ein Objekt im 5D Raum, mutmasslich eine extreme Dichte von Information. Wir sehen eigentlich nur von ihm, dass es dort, wo es sein müsste „Nichts“ zu sehen gibt, ausser seiner extrem starken geometrischen Wirkung auf die Raumzeit. Das schwarze Loch ist schwarz, weil es nicht zu sehen ist, sowohl weil es kein Licht entweichen lässt und eben aller Wahrscheinlichkeit nach auch deswegen, weil es sich überhaupt nicht „selbst“ im 4D Raum aufhält, sondern ein Prozess im 5D Raum ist, von dem wir nur einen „Schatten“ sehen.

Bekenstein spricht die Reflexivität hier nicht wörtlich an, aber der Prozeß der dimensionalen Projektion, wird von ihm auf den *Punkt* gebracht. Was im 5D Raum ein Superstring ist, ist im 4D Raum nur noch ein Punkt. Was im 5D Raum ein schwarzes Loch ist – mit räumlicher Ausdehnung, in Form einer Kugel der Größe der *gesamten* Information aller Materie der verschlungenen Sterne, ist im 4D Raum nur noch eine eine Singularität⁸⁴⁶ heißer Strahlung (Hawking Strahlung⁸⁴⁷). Was wir im 4D Raum von einem schwarzen Loch *sehen* können – ist grundverschieden von dem, wie ein solches Gebilde im 5D Raum *eigentlich* aussieht. Nicht ohne Grund, hielt man die Erde zunächst für eine Scheibe – das Auge täuscht den Menschen recht leicht.... (auch wenn er hochmoderne Teleskope benutzt)

Nun muss man sich nur noch vorstellen, dass alle Objekte der 4D Welt, ihr Tisch, das Buch und ihr Stuhl samt und sonders Grenzflächenabbilder der 5D Welt repräsentieren, (ebenso wie ihr Gehirn dass die Information dieses Textes gerade verarbeitet) und wir haben den Grundgedanken des Holografischen Konzepts erfasst. Alle Objekte dieses Universums sind lediglich Hologramme aus reiner Information und interdimensional wirksamen energetischen Kraftfeldern – könnte man es kurz fassen.

Das Verhältnis ist ähnlich wie das des quadratischen Helden A. Square aus Flatland zu seinem Freund der Kugel. A. Square kann von seinem Freund, der Kugel aus Spaceland, lediglich ihr Grenzflächenabbild, einen Kreis sehen. Die wahre Natur seines Freundes, liegt für ihn dimensional im „Verborgenen“. Was wir hier im 4D Raum wahrnehmen, ist eine Projektion, Spiegelung oder auch Reflexion des 5D Raumes. Nur enthält dieser dimensional „reichere“ Konzepte, als wir sinnlich wahrnehmen könnten, bei aller Anstrengung. Wir sehen nur Kreise wo eigentlich Kugeln sind, oder nur Punkte wo eigentlich komplex „verwickelte“ Strings sind

⁸⁴⁶ vgl. Kurzweil, Ray (2005): „*The Singularity is near*“ / Penguin Books / New York

⁸⁴⁷ vgl. Penrose, Roger (1997): „*The Large, the Small, and the Human Mind*“ / (with Abner Shimony, Nancy Cartwright, and Stephen Hawking), Cambridge University Press

- wir sehen offenbar - wie gesagt - nur die „Spitze“ des Eisberges.

Für das Konzept der Reflexivität ist es also plausibel ein entsprechendes Verhältnis anzunehmen. Was wir von unserem eigenen Bewusstsein wahrnehmen können – primär die Fähigkeit zu einem inneren Dialog, die sich in der Reflexivität begründet – ist mit hoher Wahrscheinlichkeit ebenfalls nur ein „schattenhaftes Abbild“ dessen, was Bewusstsein in der fünften Dimension als Phänomen an Freiheitsgraden bereithält. Wir sehen mit anderen Worten, wahrscheinlich nur einen Bruchteil unseres *Selbst*.

Was Dichter⁸⁴⁸ und Philosophen schon in sehr wortgewaltiger Umschreibung seit geraumer Zeit vorschlagen, erhält so die Möglichkeit der naturwissenschaftlichen Untermauerung. Die Instanz der Naturgesetze selbst, ist naturgemäß eine hypothetische. Wir haben einige Zusammenhänge erforscht und experimentell bestätigt, jedoch liegt uns keine Evidenz für eine a priori Existenz des „Raumes als Anschauungsform“ vor, wie Kant es vorschlug. Auch gibt es keine Evidenz für Platons „Ideenwelt“, in der die Ideen ihren Objekten zu Grunde liegen, ähnlich wie die Information ihrem dimensional Grenzflächenabbild. Dennoch ist es überraschend, wie „ähnlich“ Platon und Kant mit ihren „verwandten“ Konzepten, dem heute zeitgemässen Konzept des Holografischen Prinzips waren. Heute lassen sich zumindest Experimente formulieren, die eine Überprüfung dieses „alten Konzepts“ von „Idee“ – Information und „Abbild“ denkbar machen, auch wenn die technische Realisation solcher Experimente noch etwas Zeit benötigen wird.

Wir haben lediglich Evidenz für die Auswirkung von gesetzmäßigen Mustern, mit denen die Natur offenbar agiert, die sich experimentell bestimmen und zu exakten Prognosen mittels der Mathematik nutzen lassen. Mehr Wissen ist nicht überprüfbar – der Rest ist teilweise höchst plausible und sehr eloquente – Spekulation.

Wenn sich jedoch wie in obigem holografischen Modell, das gesamte Universum selbst permanent genauso berechnen (reflektieren?) muss, wie Heraklits Fluß, dann wäre der Kosmos in diesem Modell ein gigantischer Computer, bei dem die Naturgesetze *nirgendwo* geschrieben oder gespeichert sind, sondern in der *Weise der Berechnung (Reflexion)* des Kosmos inhärent wären. Platons *Ideenlehre*⁸⁴⁹ und Kants *apriorische Form der Anschauung*⁸⁵⁰ lägen im Prinzip richtig, nur hatten beide nicht vermocht ihr Konzept dahin weiter zu entwickeln, dass es die *dimensionslose Information* sein würde, die sich als bester

⁸⁴⁸ Boetius, Henning (1995): „*Ich ist ein anderer. Das Leben des Arthur Rimbaud*“ / Eichborn

⁸⁴⁹ Heidegger, Martin (1997): „*Vom Wesen der Wahrheit: Zu Platons Höhlengleichnis und Theätet*“ / Vittorio Klostermann / S.116

⁸⁵⁰ vgl. Strohmeyer, Ingeborg (1980): „*Transzendentalphilosophische und physikalische Raum- Zeit- Lehre*“ / Zürich

Kandidat eignet, die *apriorischen Formen* oder die *Ideenwelt* inhärent zu tragen.

Man könnte versucht sein zu sagen, dadurch wiese sich das Modell des „*rechnenden Universums*“ als eine Form des Platonismus aus, aber selbst wenn man dem zustimmt, dann wäre es doch eine erhebliche Weiterentwicklung des ursprünglichen Gedankens.

In der Theorie des holographischen Konzeptes, ist jeder Stein, jedes Molekül Wasser und jedes menschliche Neuron gleichberechtigt involviert in den Prozess einer universellen Berechnung. Was dann letztlich rechnet, am Grunde all dieser sich wechselseitig beeinflussenden Berechnungen, ist die fundamentale Struktur des Kosmos selbst.

Wenn man so reden will, existiert die *Information* selbst – oder auch die „multidimensionale Logik“⁸⁵¹ – *das ist alles was notwendig ist* – der Rest (Sterne, Menschen, Intelligenz, ...) lässt sich *berechnen* und extrapolieren.

Die Reflexionsfähigkeit des Menschen, wäre damit das Resultat der permanent erfolgenden „Berechnung“ seiner selbst. Ein Stein, ein Fluß oder das Universum tragen in dieser mathematischen Perspektive der Reflexion der Information durch sich selbst, auch eine Form von „Bewusstsein“. Es ist nur um Größenordnungen weniger komplex, aber dennoch eine mögliche Form von Bewusstsein. Damit soll nicht dem Pantheismus das Wort geredet werden, sondern ein moderner Begriff von Bewusstsein als ein Kontinuum weiter entwickelt werden, der es erlaubt zu berücksichtigen, dass Information und Berechnung ein integraler Bestandteil des Phänomens Bewusstsein sein müssen, wenn wir es als Phänomen im 4D Raum betrachten wollen.

Es hat mathematisch auch einen gewissen „Charme“, wenn der Begriff des Bewußtseins so zu einem Kontinuum avanciert, das sich graduell beliebig skalieren lässt. Nicht nur vom Stein über die Amöbe zum Homo Sapiens – sondern vom Urknall bis zum schwarzen Loch.

„Bewusstsein“ so verstanden, wäre somit *kein* exklusives Phänomen der organischen Materie allein, sondern des Kosmos generell⁸⁵² - ohne metaphysische Relikte.

Das Konzept multipler Dimensionen ergibt sich in dieser Sichtweise quasi als Notwendigkeit der mathematischen Natur von Information. Wir pflegen hier bewusst einen etwas speziellen⁸⁵³ Umgang der Begriffe von Intelligenz, Geist und Bewusstsein, um deren Nähe zu

⁸⁵¹ Gershenson, Carlos (1999): „*Modelling Emotions with Multidimensional Logic*“/ In Proceedings 18th International Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS '99), pages pp. 42-46, New York City. – oder online: <http://cogprints.org/1479/>

⁸⁵² Damit rückt das Modell des rechnenden Kosmos in die Nähe des Pantheismus – es wird aber keine Aussage über eine Divinität gemacht, sondern lediglich die „Informationsverarbeitungsleistung“ aller Materie miteinander in Bezug gesetzt.

⁸⁵³ Wir verstehen Bewusstsein, Intelligenz und Geist hier wie zuvor als prinzipiell vollständig

verdeutlichen. Es trägt nach Ansicht dieser Arbeit mindestens ebenso zu einem Verständnis bei, die Ähnlichkeiten der Konzepte zu erarbeiten, wie deren Differenz.

Zu dieser Auffassung über den Charakter der Intelligenz als ein skalierbares Phänomen der Komplexität der Organik, passt nun sehr gut die hier mit der reinen Information vorgeschlagene Erweiterung des Kontinuums über die Organik hinaus. Wenn wir es mit einem Kontinuum von skalierbarer Komplexität der reinen Information zu tun haben, wird das Substrat endlich sekundär. Es ist dann gleich, ob eine intelligible Leistung von einem Stein, einem Menschen, oder einem Computer erbracht wird. Systemtheoretisch gesprochen, wird das Kontinuum der Komplexität lediglich von dem Parameter der korrelierten Intelligibilität beschrieben. Information selbst kann also dann als „Intelligent“ angesehen werden, wenn die Komplexität ihrer Struktur einen Output gestattet, der dieses Attribut nahe legt. Man beachte, es braucht nicht länger notwendig einen „Träger“ für Intelligenz. Aufgrund der inhärenten Komplexität des unbelebten Kosmos, könnte man so breit gefasst formulieren, es indiziert *Intelligenz*, wie der Kosmos intelligibel konstruiert ist. Die Annahme jedoch dies sei „geplant“ führt zu den Paradoxien des erwähnten „*anthropic principle*“⁸⁵⁴.

Nach unserem heutigen besten Verständnis, ist es also die Information selbst, die sich mittels der Energie der Quanten, die sie ihnen verleiht, Ausdruck⁸⁵⁵ in der Zeit verschafft. Damit wäre das Universum final ein multidimensionaler Quantencomputer, mit verschiedenen Skalierungsformen von Intelligenz und Bewusstsein, repräsentiert durch seine unterschiedlich komplexen Ebenen und Abbilder von Informationen in der Zeit. Man könnte das gesamte Universum betrachten, als auf Information und Zeit basierend – keine weiteren Annahmen mehr nötig. Dies würde folgende klassischen Probleme lösen:

- Materie & Energie sind Ausdrucksformen der universellen Informationsverarbeitung
- Raum & Zeit sind Ausdrucksformen der universellen Informationsverarbeitung
- Naturkräfte sind die Ausdrucksweise der universellen Informationsverarbeitung
- Das Bit ist ein multidimensional agierendes Agens ohne eigene Dimension
- Das Universum verfügt über die Fähigkeit zur simultanen Berechnung seiner selbst
- Komplexität ist iterativ angewandte Information / resultiert aus Berechnung
- Bewusstsein, Intelligenz und Information sind höherdimensional korreliert

naturwissenschaftliche beschreibbare und damit auch berechenbare Phänomene, auch wenn die notwendige Mathematik dazu heute teilweise nur in Ansätzen existiert.

⁸⁵⁴ Barrow, John D. / Tipler, Frank (1988): „*The Anthropic Cosmological Principle*“ / Oxford University Press

⁸⁵⁵ vgl. Susskind, L. and Lindesay, J. (2005): „*An Introduction to Black Holes, Information and the String Theory Revolution: The Holographic Universe*“ / Random Books

Rolf Landauer ist in diesem Kontext berühmt für seinen Ausspruch: „*Information is physical*“.⁸⁵⁶ – John Wheeler für sein: „*It from Bit*“⁸⁵⁷ – und Seth Lloyd paraphrasiert dies nun und argumentiert eloquent für: „*It from qubit!*“⁸⁵⁸

Seth Lloyd sieht in dieser Lösung nicht nur die Ursache für das Universum, sondern auch für das Phänomen des Standardmodells⁸⁵⁹, der Quantengravitation und des Lebens selbst:

„In the beginning the universe was simple, now it isn't. So, what happened? (...) The primary consequence of the computational nature of the universe is that the universe naturally generates complex systems, such as life. (...) Besides encompassing the Standard model of elementary particles and leading at least part of the way to a theory of quantum gravity, the computational universe provides an explanation for one of the most important features of the universe: its complexity.“⁸⁶⁰

Anton Zeilinger hat den Eindruck, eigentlich wussten wir bereits seit Menschengedenken um die Information als den Urheber der Welt, doch heute erst können wir dies mathematisch begründen:

„In conclusion it may very well be said *that information is the irreducible kernel from which everything else flows*. Then the question why nature appears quantized is simply a consequence of the fact that information itself is quantized by necessity. It might even be fair to observe that the concept that information is fundamental is very old knowledge of humanity, witness for example the beginning of gospel according to John: "*In the beginning was the Word*".⁸⁶¹

Es bleibt festzuhalten, dass dieses Konzept nach wie vor eine Theorie ist. Auch wenn die Lösungen die sie bietet verlockend erscheinen, die Fürsprecher zahlreich sind, alles bedarf final der experimentellen Verifikation.

Es gibt die Chance, dieses Experiment zu gestalten. Wenn es im Zuge der Konstruktion von

⁸⁵⁶ DiVincenzo, David P. (IBM), Loss, Daniel (U. Basel) (1998): „*Quantum Information is Physical*“ / Paper to be published in Superlattices and Microstructures / Special Issue on the Occasion of Rolf Landauer's 70th Birthday. / Condensed Matter, abstract cond-mat/9710259 – siehe auch online: <http://arxiv.org/abs/cond-mat/9710259>

⁸⁵⁷ http://www.metanexus.net/metanexus_online/show_article2.asp?id=5574

⁸⁵⁸ Lloyd, Seth (2006): „*Programming the Universe*“ / Random House / New York / S. 175

⁸⁵⁹ vgl. Povh, Bogdan / Scholz, Christoph / Zetsche, Frank (2004): „*Teilchen und Kerne: Eine Einführung in die physikalischen Konzepte*“ / 6. Aufl. / Springer

⁸⁶⁰ Lloyd, Seth (2006): „*Programming the Universe*“ / Random House / New York / S. 176

⁸⁶¹ Zeilinger, Anton (2006): „*Science and ultimate reality*“ / Festschrift zu Ehren John Archibald Wheelers / Universität zu Wien / - siehe online: www.quantum.at oder: http://www.metanexus.net/ultimate_reality/zeilinger.pdf (Hervorhebung nicht im Original)

KI erwartungsgemäß notwendigerweise gelingt, das Universum auf fundamentaler Ebene zu simulieren, also eine artifizielle Quantenberechnung von hinreichender Komplexität auszuführen, dann kann zugleich nachgewiesen werden, ob damit Realität in finaler Präzision simuliert worden ist, oder ob immer noch eine Lücke - ein *explanatory Gap*⁸⁶² - verbleibt.

Wenn wir also die Frage des Zeitpfeils der Kausalität nun erneut stellen, die wir in „Die vier logischen Alternativen der Quantenphysik“ mit Präferenz auf die Option $B \rightarrow Q$ (*Bewusstsein wirkt auf Quantenphysik*) diskutiert hatten, dann kann man folgendes festhalten:

Der Austausch von Information impliziert Berechnung und somit allererst die Notwendigkeit von Dimensionalität als Konzept überhaupt. Im Zustand der Quantenkohärenz ist Zeitlosigkeit die Modalität der Existenz von Information – zerfällt dieser fragile Quantenzustand im Zuge der Quantendekohärenz, so wird die Information „weltlich“ klassisch – es vergeht Zeit und Wahrnehmung wird möglich.

Experimente die versuchen dies zu verifizieren, scheitern derzeit noch an der unvorstellbaren Kürze der Planck-Zeit. Dies ist wie oben dargelegt das „Atom oder Quant der Zeit“, und es wird definiert durch die Dauer, die Licht benötigt um eine Planck-Länge zurückzulegen. Mit $5,39121 \times 10^{-44}$ Sekunden ist diese Dauer so extrem kurz, dass unsere heutigen Messgeräte noch um Größenordnungen zu unpräzise sind, um diese Zahl experimentell zu verifizieren. Da es sich jedoch um eine der echten Grundfragen der Wissenschaft handelt, welche Rolle Zeit im interdimensionalen Wechselwirken spielt, wird die Konstruktion des notwendigen Experimentes sicherlich weiterhin die notwendige Motivation stiften, bis es technologisch möglich ist die „Zeit-Atome“ zu beweisen.

Es war die primäre Absicht dieser Ausführungen, die immense Bedeutung der Quantenphysik für die Technologie und Kultur unserer Zeit herauszuarbeiten, mit dem Ziel Wege zur KI zu erklären und zu verdeutlichen. Eine Einschätzung von Anton Zeilinger soll diesen Passus abschließen, die dieser in der neumodischen medialen Form des sog. „Web-Blogs“ auf seiner eigens dazu erstellten Internet Präsenz veröffentlicht hat:

“The 21st century will be the century of the quantum.
Quantum information technology seems to be the first technology invented by us with no parallel whatsoever in the living world. Or do our brains use quantum phenomena somewhere? How could we find out?”⁸⁶³

⁸⁶² Levine, J. (1983): “*Materialism and qualia: the explanatory gap.*” / Pacific Philosophical Quarterly 64:354-361

⁸⁶³ <http://quantinger.blogspot.com/>

3.3.5 Zusammenfassung und Zwischenfazit

„By now, I hope I have convinced you that mind is just a lable of what the brain does. (...) Neurons are just cells. There is no mystical force (...) Given this fact, we can now turn our attention to how we might implement the ability of brain cells to remember and predict - our cortical algorithm – in silicon.“⁸⁶⁴

Jeff Hawkins

Wir haben uns angesehen, welche Theorien und Optionen die theoretische Physik für Antworten auf Intelligenz und Bewußtsein bereithält. Die Stringtheorie ist dabei die ältere Option und auch diejenige, mit den meisten Fürsprechern. Die Loop Quantengravitation und das Holografische Prinzip sind beide jüngeren Datums und finden entsprechend weniger Fürsprecher. Dennoch übertitelte das Discover Magazine das Konterfei des Begründers der Loop Quantengravitation – Lee Smolin mit: *"The New Einstein"*⁸⁶⁵, was für eine so junge Disziplin einen hohen Grad der öffentlichen Anerkennung widerspiegelt.

Wir wollen daher in dieser Zusammenfassung und seinem Fazit die gewohnte Rekapitulation des Gesagten durch die Stimmen der Vertreter des Holografischen Prinzips und dessen Kernaussagen zum Ausdruck kommen lassen. Es geht dabei im Kern um drei Thesen:

- 1.) das Universum ist aus Information aufgebaut – in holografischer Weise
- 2.) das Universum ist ein gigantischer Quanten-Computer
- 3.) es ist plausibel anzunehmen, dass Bewusstsein in diesem Kontext erklärbar ist

Den Auftakt in der Liste der Fürsprecher dieser Thesen macht Anton Zeilinger⁸⁶⁶:

Anton Zeilinger – „Einsteins Schleier“: (zu These 1.)

„Was sind aber nun diese Eigenschaften der Wirklichkeit? Gibt es überhaupt diese Eigenschaften der Wirklichkeit? Was können wir über diese Wirklichkeit je wissen? Was bedeuten diese Fragen, wo wir ja schon gesehen haben, dass Information eine fundamentale Rolle spielt? Dazu möchte ich einen radikalen

⁸⁶⁴ Hawkins, Jeff (2004): *„On Intelligence – How a new Understanding of the Brain will lead to the creation of truly intelligent machines“* / Times Books / New York/ S. 205

⁸⁶⁵ http://3quarksdaily.blogspot.com/3quarksdaily/2006/08/the_new_einstei.html

⁸⁶⁶ Zeilinger hat sich in besonderer Weise um die Erforschung der Quantenteleportation verdient gemacht, und wurde von den Medien vielfach als der “Hexenmeister von Wien” mystifiziert, was seinen Aufsehen erregenden und erfolgreichen Experimenten allerdings kaum gerecht wird.

Vorschlag machen:

<< *Wirklichkeit und Information sind dasselbe.* >>

Ich schlage also vor, die zwei Konzepte, die bisher anscheinend etwas völlig verschiedenes beschrieben haben, als die zwei Seiten ein und derselben Medaille zu betrachten, im Grunde in ähnlicher Weise, wie wir von Einstein in der Relativitätstheorie gelernt hatten, dass Raum und Zeit zwei Seiten derselben Medaille sind.⁸⁶⁷

Das nächste Zitat in der Liste soll Jacob Bekenstein wiedergeben, der an der „Hebrew University of Jerusalem“ eine Professur für Physik hält und als erster 1972 die Entropie schwarzer Löcher exakt mathematisch zu formulieren vermochte.

Bekenstein, Jacob D. – „Das Holographische Universum“ (zu These 1.)

„Vielleicht weist uns die Holografie den Weg zu einer fundamenatlen Theorie. Wie könnte sie aussehen? Einige Forscher, insbesondere Lee Smolin vom Perimeter Institut for Theoretical Physics in Waterloo (Kanada), schließen aus dem holografischen Ansatz, dass eine endgültige Theorie sich weder mit Feldern befassen wird noch mit Objekten in der Raumzeit, sondern mit dem Informationsaustausch zwischen physikalischen Prozessen. Dies wäre der endgültige Triumph der Idee, dass die Welt aus Information besteht.“⁸⁶⁸

Lee Smolin – „Three Roads to quantum Gravity“(zu These 1.)

“In the end perhaps, the history of a universe is nothing but the flow of information.”⁸⁶⁹

Thomas Görnitz⁸⁷⁰ - „Der kreative Kosmos. Geist und Materie aus Information“ (zu These 2.)

„ Wir Menschen stehen, soweit wir die kosmische Evolution überblicken können, am Ende einer Entwicklungslinie der Ausdifferenzierung dessen, was man als das *Weltsubstrat* ansehen kann – der abstrakten kosmischen Information, die in uns Menschen schließlich dazu kommt, über sich selbst nachzudenken. (...) Am

⁸⁶⁷ Zeilinger, Anton (2004) „*Einsteins Schleier*“ / C.H. Beck Verlag / S. 229 (*Hervorhebung im Original*)

⁸⁶⁸ Bekenstein, Jakob (2003): „*Das Holografische Universum*“ / Spektrum der Wissenschaft / 09 – 2003 / S. 41

⁸⁶⁹ Smolin, Lee (2001): „*Three Roads to Quantum Gravity*“ / New York / S. 178

⁸⁷⁰ Thomas Görnitz hat intensiv geforscht, über die Entropie die Bekenstein und Hawking für schwarze Löcher und damit für die gesamte Raumzeitsruktur als fundamental erarbeitet haben. Er hat lange Zeit mit Carl Friedrich von Weizsäcker zusammen gearbeitet sowie an mehreren Max Planck Instituten. Heute ist er Professor für Didaktik der Physik an der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt.

Berührungspunkt von Quantentheorie mit allgemeiner Relativitätstheorie, d.h. im Rahmen der Theorie schwarzer Löcher, wird nun die entscheidende neue Äquivalenz deutlich, die Äquivalenz von Masse und Energie mit der abstrakten, kosmischen Information. (...) Da damit eine Wechselwirkung von Information einerseits und Energie und Materie andererseits belegt ist, wird eine Wechselwirkung zwischen all diesen Entitäten ohne jede Mühe vorstellbar. (...) *Reflexives Bewusstsein setzt Quantenstrukturen voraus.*⁸⁷¹

Seth Lloyd⁸⁷² – „Programming the Universe“ (zu These 2.)

„Now that we are aware of the computational nature of the universe as a whole, it is tempting to ascribe to it a kind of cosmic intelligence, like Laplace's „divine demon“. (...) For billions of years, the universe has painstakingly designed new structures by a slow process of trial and error. Each „Aha“ in this design process is a tiny quantum accident, whose consequences are elaborated by the laws of physics. Some accidents work out, others don't. After billions of years, the result is us, and everything else. (...) The collision of two atoms can – and does – change the future of the universe.“⁸⁷³

Michael Lockwood – „Mind, Brain, and the Quantum“ (zu These 3.)

“My philosophical starting point is that the language of physics simply has no room in it for consciousness as it stands. This has to do with several features of consciousness, one of which is qualia: the feels, the sense and so on, what it's like to have a headache or smell a rose or taste a banana. There just doesn't seem to be room in the theory for those sorts of things. (...) On the other hand, I'm basically optimistic about the whole project of correlating mental states with neurophysiological processes. I don't think I really expect that project to break down. Nor do I think that consciousness is going to be something which somehow exists in parallel with those neurophysiological processes. That doesn't seem to me to make sense either. It seems to me that the logic of the whole project of trying to understand the neurophysiological correlates of consciousness is ultimately going to be that *conscious states are physical states, they are firmly embedded in the material world, they are part of the material world.*“⁸⁷⁴

Ray Kurzweil⁸⁷⁵ – „Homo S@piens“ & „Singularity“ (zu These 3.)

⁸⁷¹ Görnitz, Thomas (2002): „*Der Kreative Kosmos - Geist und Materie aus Information*“ / Spektrum Akademischer Verlag / Heidelberg / S. 350 - 362

⁸⁷² Seth Lloyd hat den ersten weltweit funktionsfähigen Quantencomputer gebaut und erfolgreich eingesetzt. Er ist Professor für „Mechanical Engineering“ am MIT und einer der derzeit meistbeachteten Denker zum Forschungsgebiet der Quanteninformation als Basisstruktur des Universums.

⁸⁷³ Lloyd, Seth (2006): „*Programming the Universe*“ / Random House / New York / S. 211

⁸⁷⁴ Lockwood, Michael (1989): „*Mind, Brain, and the Quantum*“ / Oxford (Hervorhebung nicht im Original) – siehe auch:

http://www.culture.com.au/brain_proj/CONTENT/LOCK_FRB.HTM

⁸⁷⁵ Ray Kurzweil ist unter Anderem der Erfinder der weltweit benutzten Texterkennungssoftware des „OCR“ Standards, den heute jeder Scanner nutzt. Er besitzt mehrere Firmen, unzählige Patente, hält einen Innovations-Preis des MIT sowie

“Indeed, many of the designs of future machines will be biologically inspired – that is, derivative of biological designs. (This is already true of many contemporary systems) It is my thesis, that by sharing the complexity as well as the actual pattern of human brains, these future nonbiological entities will display the intelligence and emotionally rich reactions (such as “aspirations”) of humans. Will such a nonbiological entity be conscious? (...) It is my view that many humans, ultimately the vast majority of humans, will come to believe that such human derived but nonetheless *nonbiological intelligent entities are conscious*, but that’s a political and psychological prediction, not a scientific or philosophical judgment.”⁸⁷⁶

Rodney Brooks⁸⁷⁷ – “Flesh and Machines” (zu These 3.)

“Over the next ten to twenty years, there will be a cultural shift, in which we will adopt robotic technology, silicon, and steel into our bodies to improve what we can do and understand in the world (...) Our old generalizations – the initially uncomfortable ones of the last five hundred years – changed only our understanding of our position in the cosmos. Over the next fifty years, our new generalizations will empower us to change that position itself. (...) We will no longer find ourselves confined by Darwinian evolution. Now we will have the option of participating in explicit ways in that evolution, both as individuals and as species. Our adventures in nuclear fission will seem like child’s play in comparison.”⁸⁷⁸

Jeff Hawkins – „On Intelligence“ (zu These 3.)

“Within ten years, I Hope, intelligent machines will be one of the hottest areas of technology and science. (...) So why am I so optimistic about the speed of progress in understanding the brain and building intelligent machines? (...) Because I have been immersed in the neuroscience and computer fields for over two decades, perhaps my brain has built a high-level model of how technological and scientific change occurs, and that model predicts rapid progress. *Now is the turning point.*”⁸⁷⁹

12 Ehrendokortitel. Er hat sich zudem einen Ruf als Spezialist für die Extrapolation von Computerwachstum gemacht - die Prognosen seiner bisherigen Publikationen (siehe: Homo S@piens) sind allesamt bislang eingetroffen, begleitet von regem öffentlichem Interesse vor allem in den USA.

⁸⁷⁶ Kurzweil, Ray (2005): „*The Singularity is near*“ / Penguin Books / New York/ S. 475 / (Hervorhebung nicht im Original)

⁸⁷⁷ Rodney Brooks ist der amtierende Direktor des “Artificial Intelligence Laboratory” des MIT. Zudem ist er Professor für Computerwissenschaft am MIT. Er ist zudem Vorstand in einigen der Branche nahe stehenden Unternehmen und Autor des jüngst erschienen Buches: “Flesh and Machines: How robots will change us”

⁸⁷⁸ Brooks, Rodney (2002): „*The Merger of Flesh and Machines*“ – in: Brockman, John (HRSRG) / „*The next fifty Years*“ / Phoenix / London / S. 191 - 192

⁸⁷⁹ Hawkins, Jeff (2002): „*On Intelligence – How a new Understanding of the Brain will lead to the creation of truly intelligent machines*“ / Times Books / New York 2004 / S. 233

4.0 Politische und soziologische Untersuchungen zur KI

4.1 Innovation und Transformation

4.1.1 Technologische Innovation und gesellschaftlicher Wandel

*„Es gibt Nichts Mächtigeres auf der Welt,
als eine Idee, deren Zeit gekommen ist.“*

Victor Hugo

Nachdem wir nun einen guten Überblick über die Prinzipien der Funktionsweise von neuronalen Netzen, dem biologischen Gehirn und den Möglichkeiten seiner technischen Simulation gewonnen haben, sind wir an dem Punkt angelangt, an dem es Sinn macht, diese Erkenntnisse in die Prozesse der zeitgenössischen Politik einzubetten.

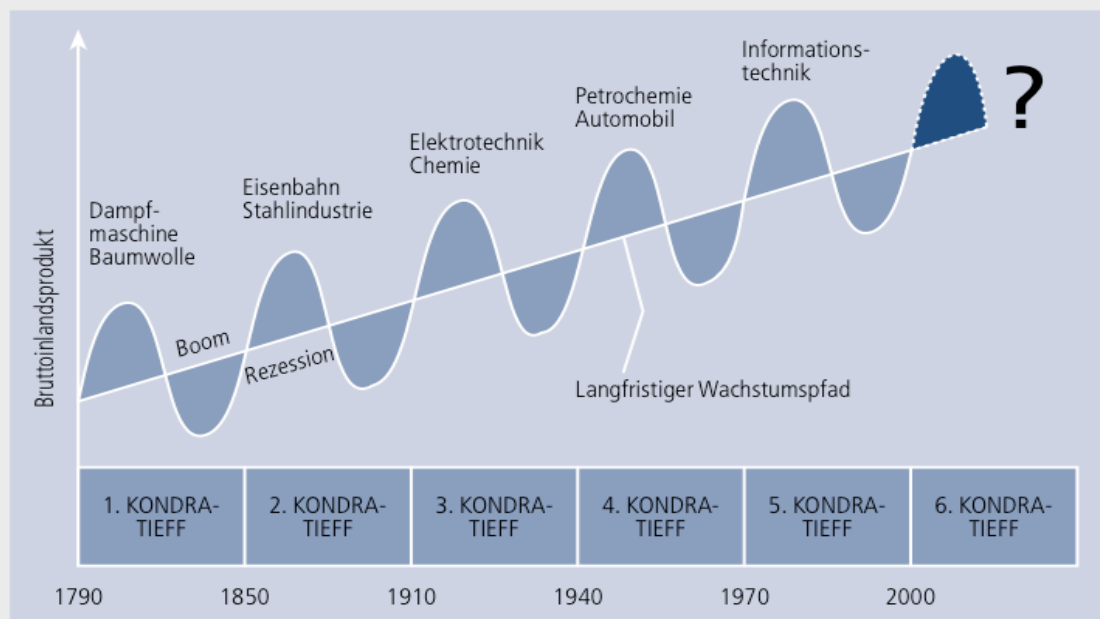
Eine Politik, die sich nicht eingehend und ernsthaft um die Erkenntnisse der Wissenschaften bemüht, wird in ihren Bestrebungen zur Einflussnahme auf die Ökonomie und die kulturellen Entwicklungen mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit zu kurz greifen.

Die Förderung von Wissenschaft zeigt sich in dieser Perspektive als das entscheidende Instrument zur Steuerung von technologischer und kultureller Evolution. Der Zusammenhang von technologischer Entwicklung und der kulturellen Entwicklung wird aktuell global stetig enger. Diese Entwicklung der zunehmenden Verzahnung und Konvergenz dieser beiden Entwicklungen geht sehr lange zurück.

Wenn man exemplarisch das ökonomische Modell von „Kondratieff“⁸⁸⁰ analysiert, wird neben einer historischen Dimension dieses obigen Zusammenhangs auch eine gewisse Zyklizität plausibilisiert. Die Theorie ist daher auch bekannt geworden als die der „langen ökonomischen Wellen“ deren jeweiliger Initialpunkt eine technische sog. Basisinnovation darstellt. Folgende Grafik soll die Theorie veranschaulichen:

⁸⁸⁰ Neofiodow, Leo A. (2001): *„Der sechste Kondratieff, Wege zur Produktivität und Vollbeschäftigung im Zeitalter der Information“* /Rhein-Sieg / Sankt Augustin

Die Kondratieff-Zyklen und ihre Basisinnovationen



Quelle: Darstellung ist angelehnt an Vahs, D., Burmester, R.: Innovationsmanagement. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1999. S. 6.

⁸⁸¹ Die einzelnen Wellenberge und Täler, symbolisieren die ökonomische Dynamik die durch die technischen Basisinnovationen generiert werden. Die volkswirtschaftliche Amplitude des Bruttoinlandsproduktes, wird daher anhand empirischer Daten an die Y-Achse angetragen – und wird korreliert mit der temporalen X-Achse entlang der Kontinuität der Innovationen betrachtet. Es fällt auf, dass etwa alle 50 Jahre mit einer neuen Basisinnovation zu rechnen ist. Zudem fällt auf, dass langfristig betrachtet trotz wirtschaftlicher Abwechslung von Boom und Rezession die Schnittachse der Wellen Oszillation mit steigender Wachstumsfunktion resultiert.

Ihren Ausgang nahm diese „Wellendynamik sicher schon sehr viel früher – z.B. mit der Nutzung des Feuers, oder der ersten Nutzung von Schriftzeichen, doch ihre Logik der Plausibilisierung durch Erhebung empirischer Daten, kann diese Theorie bereits illustrieren, wenn man sie lediglich seit Erfindung der Dampfmaschine durch James Watt⁸⁸², seit etwa 1965 analysiert. Der somit beginnende Trend zur Industrialisierung, Technisierung und Automatisierung der Arbeits- und Lebenswelt, hat in beständiger Folge neue „Basisinnovationen“ hervorgebracht. Wenn wir uns nun die einzelnen „Wendemarken“ dieser

⁸⁸¹ http://www.union-investment.de/fonds/infoservice/infomaterialunion/edeb9040bf01cc2069724536d44cb09e.0.0/lep_uni21jahrhundert.pdf

⁸⁸² vgl. Carnegie, Andrew (2001): „James Watt“ / The Minerva Group
- James Watt war übrigens sowohl Zeitgenosse als auch ein persönlicher Freund des legendären Ökonomen Adam Smith.

temporalen Struktur näher betrachten, wird das ca. 50 jährige Intervall deutlicher: Die *erste* dieser Basisinnovationen – die Dampfmaschine, gestatte z.B. den Bau von mechanischen dampfbetriebenen Webstühlen, der zu den großen sog. „Weberaufständen“⁸⁸³ und zur geflügelten Metapher der „Maschinenstürmer“ bzw. „Ludditen“⁸⁸⁴ führte. Trotz der sozialen Unruhen machte die Entwicklung der Technisierung weiter ihren Weg und führte zur Entwicklung der Eisenbahn und Stahlindustrie als *zweiter* Basisinnovation. Sie wurde ab ca. 1830 öffentlich genutzt⁸⁸⁵. Die Reihe der Basisinnovationen lief ab diesem Stadium etwa analog einem Staffellauf, denn jeder abklingende Zyklus wurde in der Folge durch einen neuen Zyklus abgelöst. Nach der Eisenbahn folgte als *dritte* Basisinnovation die Elektrotechnik, als deren Vater der geniale schottische Physiker James Clerk Maxwell⁸⁸⁶ gelten darf, darauf als *viertes* die Petrochemie mit der Basisinnovation Automobil – das man Carl Friedrich Benz⁸⁸⁷ ca.1878 als Erfindung zuschreibt. Ein Jahr Später – 1879 – erfand Edison offiziell⁸⁸⁸ die Glühbirne, obwohl Heinrich Göbel dies bereits 25 Jahre zuvor gelungen war, doch die öffentliche Wahrnehmung wählte Edison. Der erste Computer der Welt - als Zuse 3 oder kurz „Z3“ in die Geschichte eingegangen, war Konrad Zuses Erfindung in 1941. Damit war der *fünfte* Zyklus initiiert, und in dessen Ausklang befinden wir uns aktuell. Wenn man nun ein recht grobes temporales Raster über diese Daten legt, dann erfolgte ca. *alle 50 Jahre* eine neue Basisinnovation. Damit sind wir laut Theorie in 2006 bereits in der Aufschwungsbewegung des sechsten Kondratieff Zyklus, dessen Basisinnovation wir folglich gerade technisch implementieren. Wir kennen die Methodik der empirischen temporalen Reihenentwicklungen als Basis für Extrapolationen bereits sehr gut aus dem Kapitel über Moore’s Law. Es zeigt sich auch bei Kondratieff, dass die Homogenität des Musters frappierend gut mit der Realität übereinstimmt, und es daher nahe liegt, das wir uns aktuell zeitlich kurz davor befinden, dass

⁸⁸³ Kronenberg von, Lutz (1979): „*Weber-Revolt 1844: der schlesische Weberaufstand im Spiegel der zeitgenössischen Publizistik und Literatur*“ / Informationspresse C. W. Leske

⁸⁸⁴ Die Bewegung der Ludditen wurde nach ihrem Anführer „Ned Ludd“ benannt, und richtete sich vor allem unter der Gruppe der Textilarbeiter gegen die Ausbeutung und die zunehmende Automatisierung der Arbeitswelt. Siehe auch:

Seidel, Hans – Stiftung (1954): „*Politische Studien: Monatshefte der Hochschule für politische Wissenschaften München*“ / Isar Verlag / S. 186 ff

⁸⁸⁵

[http://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_der_Eisenbahn#Erste .C3.B6ffentliche Bahnen mit maschinellem Betrieb](http://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_der_Eisenbahn#Erste_.C3.B6ffentliche_Bahnen_mit_maschinellem_Betrieb)

⁸⁸⁶ vgl. Maxwell, James Clerk (2001): „*Matter and Motion*“ / Electric Book Company (first published in 1877)

⁸⁸⁷ Nye, Doug (1973): „*Carl Benz and the Motor Car*“ / Priory Press Ltd.

⁸⁸⁸ http://www.entdecker-und-eroberer.de/erfinder_thomas_alva_edison.shtml

die sechste Basisinnovation wirtschaftlich beginnt zu „greifen“. Als potentielle Kandidaten für die kommende *sechste Basisinnovation* nennt die Literatur⁸⁸⁹ neben der KI noch Nanotechnik, Gentechnik, Robotik und Quantencomputer.

Es sieht nach unseren bisherigen hier vollzogenen Untersuchungen jedoch eher danach aus, als wenn diese Innovationen weitestgehend konvergieren und wir final keinen singulären Urheber sondern einen multifaktoriellen Urheber des sechsten Kondratieff erhalten werden – Kurzweil schlägt hier den Terminus *GNR Technologie*⁸⁹⁰ vor, insofern wir dieser Theorie folgen mögen. (*G steht hierbei für Genetics – N für Nanotechs – und R für Robotics*)

Kondratieff zieht durch den Graphen seiner Zyklen eine Tangente mit leicht steigendem Verlauf. Trotz der uns heute als „Crash“ bekannten Phänomene wie der „schwarze Freitag“ 1929 und das „Platzen der sog. Dot Com Blase“ ca. 2001, ist zu konstatieren, dass übertriebene Euphorie an den Finanzmärkten zwar abgestraft wird, jedoch nach Abzug dieser „Crashes“ beständiges Wachstum zu beobachten ist. Man könnte auch die Auffassung vertreten, dass die „Boom“ Phasen lediglich die Crash Phasen evozieren, weil in beide Richtungen gleichermaßen „überzogen“ reagiert wird, wenn Finanzmärkte Veränderungen in den ökonomischen Grundlagen der Börse „einpreisen“. Somit dienen Boom und Crash nur der „Verschleierung“ des permanenten Wachstums, dass sich hinter alternierenden „Wirtschaftswundern“ und Rezessionen verbirgt. Nicht zuletzt vertrat der Börsen Milliardär Andrej Kostolany genau diese These, und riet schlicht einige verschiedene beliebige Aktien zu kaufen und Schlaftabletten zu nehmen – in einigen Jahrzehnten sei man automatisch wohlhabend⁸⁹¹.

Als weiteres Beispiel kann Alvin Toffler mit seiner Theorie der sog. „Third wave“ – und „Future Shock“⁸⁹² dienen, dessen Kernthese ebenfalls lautet, dass Technologie sich in wellenartigen Mustern ausbreitet, die jeweils stufenartig bereits die nächste „Welle“ der Innovationen vorbereiten, und dadurch zugleich deren Verlauf beschleunigen.

Als politisch interessante Fragestellung resultiert bei all diesen Erfindungen und den dadurch initiierten Zyklen der ökonomischen Euphorik und Depression, was bleibt als beständige Größe zu konstatieren, bei aller Dynamik der Auf und Abschwünge?

⁸⁸⁹ vgl. Gershenfeld, Neil (2005): *“FAB: The Coming Revolution on Your Desktop--From Personal Computers to Personal Fabrication“* / MIT Press / Cambridge

⁸⁹⁰ vgl. Kurzweil, Ray (2005): *„The Singularity is near“* / Penguin Books / New York

⁸⁹¹ wovon heutige Experten übrigens abraten, denn die Märkte hätten sich „verändert“.

⁸⁹² Toffler, Alvin (1970): *„Der Zukunftsschock. Strategien für die Welt von morgen“* /Goldmann / München

- 1.) Trotz beständig neuer Erfindungen ist die Zahl der Arbeitsplätze historisch seit der Industrialisierung durch Rationalisierung permanent gesunken.
- 2.) Trotz immer wiederkehrender „Crashes“ an den internationalen Finanzmärkten, ist das durch die Basisinnovationen generierte Vermögen beständig gestiegen.
- 3.) Die Verflechtung, Konvergenz und Abhängigkeit der menschlichen Arbeits – und Lebenswelt von Technologie hat zeitgleich permanent zugenommen.

Um den Grad dieser kritisch zu reflektierenden *zunehmenden* menschlichen Abhängigkeit von Technologie zu verdeutlichen, sollen einige Zitate aus einem Interview mit Ulrich Schuhmacher dienen, dem ehemaligen Vorstand des in München ansässigen Halbleiterproduzenten Infineon:

Mehr als eine Milliarde Mikrochips werden heute jährlich produziert. (..)
 Bilder machen Zahlen verständlich: 1997 entsprach die Summe der Transistoren aller in dem Jahr produzierten Mikrochips der Zahl der Regentropfen, die in dem gleichen Zeitraum auf Kalifornien fielen. (...)
 Die industrielle Revolution hat die Welt verändert. Sie hat die Produktivität der Wirtschaft um den Faktor 50 gesteigert. Diese Revolution hat gesellschaftliche Prozesse, die Arbeitswelt, Handel, den Staat, das Bildungssystem oder die Medizin grundlegend verändert. Es hat zu einem neuen Verständnis von Kunst geführt. Neue Literatur und neue politische Theorien entstanden. (...)
 Der Mikrochip hat diese Rahmendaten der industriellen Revolution längst überschritten. *Alleine in den letzten 25 Jahren hat sich die Leistungsfähigkeit eines Mikroprozessors um den Faktor 10.000 verbessert.* Trotzdem sind wir am Beginn der Entwicklung. (...)
 Schon heute hat die Erfindung der Mikrochips und die ihr innewohnende Intelligenz Tausende neuer Produkte ermöglicht. Das Ende der Entwicklung ist nicht absehbar.⁸⁹³

Wenn wir dieses Zitat ein wenig auf uns wirken lassen, wird deutlich, dass wir als hochtechnisierte Kultur von der singulären Basisinnovation „*Transistor* bzw. *Mikrochip*“ in etwa gleichem Maße abhängig sind, wie von Mobilität, Kommunikation oder Elektrizität. Der entscheidende Unterschied ist aber, dass auch all diese Notwendigkeiten *fundamental* abhängig sind vom Vorhandensein und Funktionieren von Mikrochips. Diese *eine singuläre* Technologie bzw. Innovation, hat beinahe *alle anderen* bislang erfundenen Innovationen *durchdrungen* - das ist seine eigentliche Innovation. Dieses Merkmal macht den Mikrochip zu einer revolutionären Innovation. Technologie trägt den Charakter einer *invasiven permanenten* Innovation. Goethe würde sagen: „*die Geister die ich rief, werde ich nun nicht*

⁸⁹³ http://www.dwc-net.de/trends_visionen/trends_visionen_infineon.php (Hervorhebungen nicht im Original)

mehr los“ – wie sein Faust bereits klagte. Oft wird die Frage gestellt, ob man dem inhärenten Risiko der Technologie nicht dadurch entgehen kann, dass man sie eindämmt – weniger benutzt, oder gar evtl. zurück entwickelt.

Man könnte wieder mechanische Wecker benutzen, statt Radiowecker, auf TV und PC verzichten und wieder mehr Bücher lesen, etc. Allein, es gibt keine Bereitschaft für eine solche Demission der Technologie und Forderungen nach ihrer Rückentwicklung oder wenigstens dem Versuch ihren Gang anzuhalten, scheitern in versprengten Randgruppen von „Träumern“ oder „Idealisten“.

Es ist die These dieser Dissertation, dass zur Demission von Technologie keine realistischen Mittel verfügbar sind, weder politisch noch auf andere Weise. Die Antwort kann jedoch lauten, dass eine Flucht nach vorn, oder eine Bekämpfung mit „eigenen Waffen“, im Umgang mit Technologie ein adäquates Mittel darstellt. Dazu wird jedoch zunächst ein besseres Verständnis ihrer Chancen und Risiken unabdingbar sein. Dadurch sinken erstens die Ängste vor Technologie, weil unbegründete Ängste eliminiert werden, und zweitens steigt das Selbstvertrauen der Gesellschaft darauf, dass was sie besser versteht, auch besser beherrscht werden kann. Es ist insofern eine der obersten Aufgaben der Politik, für ein besseres Verständnis von Technologie in der Breite der Bevölkerung zu sorgen – wesentlich mehr noch als es bislang schon mit „Tagen der offenen Tür“, „Podiumsdiskussionen“, und dem „Jahr der Technologie“, etc. getan wurde.

In den Zyklen, die Kondratieff⁸⁹⁴ untersucht hat, war kulturelle Transformation durch Technologie bereits ein sehr wichtiges Element des Prozesses. Ohne Dampfmaschine keine automatischen Webstühle, keine Ludditen und auch keine Industrialisierung – ließe sich der erste Zyklus paraphrasieren. Ohne Eisenbahn wäre weder die Schaffung der notwendigen Infrastruktur der Industrialisierung noch die Bewegung der Rohstoffe oder der produzierten Güter hinreichend effizient gewesen, um die kurze 50 jährige Phase des zweiten Zyklus zu ermöglichen. Die gesellschaftliche Veränderung war die flächendeckende Vernetzung und Besiedlung z.B. der USA, die dramatische Verkürzung aller Transportzeiten in Europa und der Beginn von gesellschaftlicher „Abhängigkeit“ von der geschaffenen Technologie. Diese Prozesse der Steigerung der Effizienz industrieller Produktion, der tieferen Integration von Technologie in den Alltag der Arbeits und Lebenswelt haben sich noch ausgeweitet durch die folgenden beiden Zyklen der Petrochemie und des Automobils, wie sie Kondratieff skizziert. Die Chemie gestatte durch Erkenntnisse über organische molekulare Verbindungen

⁸⁹⁴ Neofiodow, Leo A. (2001): „*Der sechste Kondratieff, Wege zur Produktivität und Vollbeschäftigung im Zeitalter der Information*“ /Rhein-Sieg / Sankt Augustin

die Herstellung von z.B. Kunstdünger, polymere Kunststoffe und die Raffination von Erdöl. Das Automobil wurde zum „liebsten Kind“ der Deutschen und zum globalen Industrierzeugnis von höchster ökonomischer Bedeutung, für Arbeitsplätze wie für Finanzmärkte. Die Verzahnung⁸⁹⁵ von Produkten fortschreitender technischer Entwicklung und zunehmender Einbindung in sensible Prozesse der gesellschaftlichen Entwicklung schritt unablässig voran. In der jüngsten Phase des Booms der Informationstechnologie, hat sich diese Tendenz zu neuer Dramatik entwickelt.

Greifen wir nur das Beispiel der singulären Technologie „Transistor“ heraus, so machen Fakten wie „eine Milliarde Stücke jährliches Produktionsvolumen“ und „Steigerung der Effizienz in den letzten 25 Jahren um den Faktor 10.000“ drei Dinge deutlich:

- 1.) die Steigerung der industriellen Effizienz wird durch ihre eigenen Produkte perpetuiert – Technologie trägt inhärent systemische Rückkopplungsschleifen
- 2.) hoch spezialisierte technische Produkte werden stetig universeller eingesetzt und können sich somit universell technisch *invasiv* und *zudem* auf sich selbst systemisch rückgekoppelt verhalten.
- 3.) Die gesellschaftliche Wahrnehmung zu den Möglichkeiten von Technologie wie zu ihren Gefahren ist nicht ausreichend entwickelt – es herrscht eine Form der „Angst vor dem Unbekannten“

War die Dampfmaschine noch groß und gering an Stückzahl, so war das Automobil schon „schlanker“ und weltweit in Stückzahlen von Millionen produziert. Das noch kleinere Industrieprodukt Handy, hat im Jahre 2005 die Marke von 2 Mrd Stück weltweit durchbrochen⁸⁹⁶, und ist erneut kleiner und zahlreicher geworden. Der Transistor ist in dieser Reihe bislang führend, mit Stückzahlen die den Rahmen des visualisierbaren überschreiten. Ein „Intel-Chip“ des Typus „Madison“ des Jahres 2003 beherbergte bereits 500 Mio. Transistoren⁸⁹⁷. Intel hat für 2008 den Achtkernchip „Nehalem“ angekündigt⁸⁹⁸, der bereits 731 Mio Millionen Transistoren beherbergen wird, das entspricht der unglaublichen Dichte von 4 Mio Transistoren auf dem Punkt am Ende dieses Satzes.

Wenn 1997 die Zahl der produzierten Transistoren etwa gleich hoch war, wie die Zahl der

⁸⁹⁵ vgl. Weinstock, Ulrich (1964): „*Das Problem der Kondratieff-zyklen: Ein Beitrag zur Entwicklung einer Theorie der "langen Wellen"*“ / Duncker & Humblot

⁸⁹⁶ <http://www.heise.de/newsticker/meldung/64069/>

⁸⁹⁷ <http://www.tecchannel.de/news/themen/business/412414/>

⁸⁹⁸ http://www.hartware.de/news_43078.html

Regentropfen, die im gleichen Jahr in Californien fielen, dann war dies bereits beinahe unanschaulich immens. Wenn Intel in 2003 lediglich 200 Stücke des Chip-typs „Madison“ produziert hätte, dann wäre die Zahl der Transistoren bereits so hoch gewesen, wie die *Sterne in unserer Galaxie*, mit 100 Milliarden Stücken.

Es erscheint daher sehr plausibel, dass wir den Trend zu noch kleineren und zudem noch wesentlich zahlreicheren Technologien fortsetzen werden. Um noch anschaulicher zu reden – diese Art Technologie wird bereits mit Hochdruck international wirtschaftlich gefördert, es ist die Rede von Nanotechnologie.

Nanotechnik als ein Beispiel für eine nächste Basisinnovation, trägt das Potential zu Stückzahlen von *Billionen* bei Größenordnungen von *Nanometern*. (milliardstel Metern) Die Universalität der Anwendbarkeit übersteigt den jeder bislang realisierten Technologie und insbesondere die schon hohe Verwendungsbandbreite des überall vorfindlichen Transistors. Es steht zu erwarten, bei anhaltenden Trends der aktuellen Entwicklung, dass Nanotechnologie ein Kernelement der Technologie der KI darstellen wird. Um den wirtschaftlichen Erfolg dieser beiden sich wechselseitig bedingenden Entwicklungen nicht zu gefährden, ist es allerdings dringend erforderlich, dass die gesellschaftlichen Ängste vor dieser Entwicklung transformiert werden, in eine *Haltung der „Willkommenen Erwartung“*. Dass so eine Haltung nicht utopisch ist, sondern ganz realistisch und förderlich für den Umgang mit Technologie zeigen die Entwicklungen in Asien. Handy, Internet, Roboter etc. sind in Japan, Korea, China, etc. eine Entwicklung die man „herzlich“ begrüßt, und nach besten Kräften gesamtgesellschaftlich fördert.

Der Umgang mit Technologie stellt insofern eine soziale Frage in den Mittelpunkt – welche Kultur kann oder sollte mit wie umfangreichen Mitteln dazu beitragen, dass welche speziellen Fortschritte in der Technologie forciert werden? Ist es am Ende evtl. eine sehr sinnvolle Entwicklung, hinsichtlich von Spezialisierung und Diversität, dass unterschiedliche Kulturkreise mit Technologie einen unterschiedlichen Umgang pflegen? – oder stellt dies primär eine wirtschaftlich nachteilige Entwicklung für technikaverse Kulturen dar?

4.1.2 Die soziokulturelle Dimension der KI

„Die ‚Informatisierung‘ der Gesellschaft lässt sich von Unmöglichkeitsnachweisen künstlicher Intelligenz allenfalls anregen, aber keinesfalls aufhalten.“

Werner Rammert⁸⁹⁹

Um die Anschaulichkeit der oben aufgeworfenen Fragen zu verbessern, wollen wir uns in diesem Kapitel zunächst drei Beispiele ansehen. Es handelt sich hier jeweils um Entwicklungen innerhalb des Sektors der Software, die alle einen starken Bezug zum Thema der KI aufweisen. Die drei Softwarebeispiele nahe der KI, zeichnen sich aus durch einen hohen Grad an „Software-Intelligenz“ - aber eben noch fehlender Qualitäten im Vergleich mit der natürlichen Intelligenz. Die drei Beispiele sind:

- 1.) „*Strategy Runner*“ der Firma Rockwelltrading (mit Interview)
- 2.) Spracherkennungssoftware von Heidelberg Application Systems – „*Illisten*“
- 3.) „*World of Warcraft*“ – AI System in virtueller Spielwelt

Um den Grad der Verzahnung von heutiger KI - Technologie und gesellschaftlichen Prozessen zu veranschaulichen, sollen in diesem Gliederungspunkt drei Beispiele aus der Praxis der heutigen Nutzung dargestellt werden. Wenn wir uns im vorigen Kapitel noch vornehmlich mit der Entwicklung von Technologie im allgemeinen Begriff auseinander gesetzt haben, so wird uns nun im speziellen die Anwendung von KI basierten Softwaresystemen interessieren.

Diese spezielle Entwicklung ereignet sich dabei natürlich im Umfeld der bereits zuvor skizzierten Basisinnovationen. Das Internet, der Transistor, zahllose leistungsstarke Computer sowie eine Infrastruktur von weltweit forschenden Wissenschaftlern in öffentlichen wie privaten Einrichtungen, dürfen wir an dieser Stelle voraussetzen.

Beginnen wir, mit einem System zur automatischen Platzierung von Termingeschäften an den internationalen Finanzmärkten. Das hier genannte Beispiel bezieht sich auf die Firma „Rockwelltrading“⁹⁰⁰ Sie hat sich darauf spezialisiert, Strategien für sog. „Future - Trading“ zu entwickeln und diese Strategien in Algorithmen zu transformieren. Die in Software implementierten Algorithmen enthalten nun zwar Regeln, die nach heuristischen und

⁸⁹⁹ vgl. Rammert, Werner (1995): „*Soziologie und künstliche Intelligenz, Produkte und Probleme einer Hochtechnologie*“ / FFM – N.Y.

⁹⁰⁰ <http://www.rockwelltrading.com/>

empirischen Methoden entwickelt wurden, allerdings mit Einbindung von eigenen Freiheitsgraden. Das fertige System wurde dann zunächst mit virtuellem Geld in realen Finanzmärkten „trainiert“ - die Phase des sog. „Papertrading“ - bevor es dann mit realem Geld nach erfolgreich absolvierter Trainingsphase ausgestattet wurde. Nachdem auch diese Phase erfolgreich absolviert wurde, hat die Firma Rockwelltrading damit begonnen, Gelder von Kunden zu akquirieren, und lässt inzwischen mehrere solcher Systeme seit ca. 2 Jahren völlig autonom agieren. Die erzielten Gewinne sind in vielen Vergleichen besser, als die Ergebnisse von menschlich biologisch intelligenten Systemen. Man darf die automatischen Trading Systeme hier als vollwertige Marktteilnehmer betrachten, für menschliche Teilnehmer sind die getätigten Transaktionen in keiner Weise unterscheidbar von den Aktivitäten biologischer Marktteilnehmer. Nochmals zur Verdeutlichung – dies ist keine Simulation und kein Test mehr – intelligente Software handelt heute bereits *in der Praxis* autonom und mit hoher Verantwortung in Beträgen von Millionen \$ auf den internationalen Finanzmärkten. Die Fähigkeit ihre eigenen Strategien anhand des Feedback Parameters der erzielten Gewinne permanent zu optimieren, entspricht dem „Lernprozess“ den ein biologischer Marktteilnehmer ebenfalls im Idealfall aufweisen würde. Die autonom agierenden Trading „Agenten“ sind durch ihre implementierte KI aber keine „Statthalter“, von persönlich agierenden Menschen, sondern völlig eigenständig und autonom agierend. Man kann wortwörtlich in Urlaub fahren, während diese KI-Agenten arbeiten. Welche Gründe kann man für diese Unterschiede angeben? Dazu einige Auszüge aus einem von mir geführten Interview mit dem Leiter der „Clearing Abteilung“ des deutschen Partners von „Rockwelltrading“, Carlos Martins von „trading-house“⁹⁰¹ in Berlin:

Daum: Wie sehen Sie die Begründung der vergleichsweise hohen Performance der vollautomatischen Tradingsysteme von Rockwelltrading im Vergleich zu den Leistungen biologischer Marktteilnehmer, Hr. Martins?

Martins: Die Agenten von Rockwelltrading haben keinerlei Emotionen. Die Regeln, nach denen sie agieren, sind über nachweisbare Zeiträume hin erfolgreich getestet. Die Agenten setzen diese Regeln schlicht in die Zukunft hinein um, in der Erwartung beständig wiederkehrender Muster, ausgelöst durch emotionale Schwankungen der „normalen“ Marktteilnehmer. Ein Agent kennt weder Angst noch Gier, er kennt keinen Triumph und keine Niederlage. Er hat keinen „schlechten Tag“ oder ist krank, hat nie einen „Kater“ oder ist durch einen Anruf abgelenkt – er handelt daher so konsequent und stetig wie ein emotionaler Marktteilnehmer es niemals könnte. Ich sehe den Grund für den Erfolg der Agenten basierenden Handelssysteme in deren fehlender Emotionalität.

⁹⁰¹ <http://www.trading-house.net>

Daum: Wie schätzen sie die Wichtigkeit der Fähigkeit zu autonomem Lernen der Agenten ein? Wird die KI auf denen die Agenten basieren, ab einem gewissen Punkt in der Lage sein, sich von ihren definierten Parametern zu emanzipieren?

Martins: Diese Möglichkeit sehe ich zum aktuellen Zeitpunkt als noch nicht gegeben. Die Agenten „dürfen“ aufgrund ihrer Programmierung nur in einem absolut starren Korsett ihre Strategien entwickeln. Dies geht sogar soweit, dass der Programmierer vorgibt, dass die primäre Strategie des einen Agenten prozyklisch mit den Marktfluktuationen agiert, der andere Agent aber antizyklisch. Aus solchen Vorgaben können sich die Agenten auch nicht „befreien“, und unkontrolliert agieren, falls sie auf mögliche Gefahren hinweisen möchten. Es wäre höchstens denkbar, die Agenten in einen „Wettbewerb“ einzubinden, und nach Art der evolutionären Algorithmen eine automatische Selektion der erfolgreichsten Strategien zu etablieren. Noch ist dieser Schritt aber Zukunftsmusik und wir sind auch mit den bisherigen Leistungen der Agenten auf deren Niveau aktueller Freiheitsgrade sehr zufrieden.“⁹⁰²

Aufgrund des hohen Erfolges der automatischen Systeme, gibt es inzwischen eine ganze Zahl von Anbietern, Entwicklern und Firmen mit verschiedenen Ansätzen, die heutigen technischen Möglichkeiten auf dem Finanzmarkt gewinnbringend einzusetzen.

Eine weitere Firma, Namens „Moneybee“⁹⁰³, hat sich z.B. darauf spezialisiert, mittels neuronaler Netze - deren Funktionsweise wir bereits weiter oben analysiert haben – die Finanzmärkte nach wiederkehrenden Mustern zu untersuchen. Sie benutzt dafür die Rechenkraft der partizipierenden Teilnehmer, indem diese sich einen sog. Bildschirmschoner downloaden, der einen Algorithmus nach dem anderen zur Bearbeitung vom zentralen Server der Firma zugewiesen bekommt. Diese Methode wurde als sog. „Distributive Computing“ ebenfalls weiter oben diskutiert. Die Leistungsfähigkeit der „Prognosen“ steigert sich nach Angaben der Firma kontinuierlich, umso mehr Partizipanten ihre Rechenleistung in den zentralen Server über das Internet einbinden. Bis heute hat die Firma bereits über 100.000 aktive Teilnehmer und erbringt zu Spitzenzeiten eine kumulierte Rechenleistung von 0,23 Teraflops.⁹⁰⁴ Es bleibt allein dem Erfolg des Modells überlassen, ob es sich von der Konkurrenz abheben kann, insofern kann man allein schon durch die Wirksamkeit des Selektionsmechanismus der freien Marktwirtschaft eine „Evolution“ der intelligenten Trading Systeme konstatieren.

Die Auswirkungen auf das Verhalten der biologischen Marktteilnehmer sind zum heutigen Tage nur schwer zu extrapolieren. Es dürfte aber sicherlich bei anhaltendem Erfolg der

⁹⁰²Das Interview fand am 13.05.2006 im Löwenbräukeller in Muenchen statt, nach einem Seminar der Firma „Trading-House“. Die hier gedruckten Passagen sind nach Rücksprache mit Hr. Carlos Martins mit dessen freundlicher Genehmigung versehen.

⁹⁰³<http://www.moneybee.de>

⁹⁰⁴http://de.moneybee.net/ueber_rechenleistung.asp

autonomen Systeme, zu einer sukzessiven Abkehr von konventionellem Handel hin zu automatisiertem Handel kommen, was in seiner Auswirkung auf die internationalen Finanzmärkte einem Paradigmenwechsel gleich käme. Für unseren Fokus auf soziokulturelle Transformationen durch KI bleibt hier festzuhalten, dass bereits zum heutigen Zeitpunkt mehrere 100.000 autonome Agenten mit realen biologischen Marktteilnehmern interagieren, und eine Veränderung der globalen Märkte durch diese Interaktion bereits heute in professionellen Kreisen diskutiert wird. Es bleibt zu konstatieren, dass diese Entwicklung sowohl ungeahnte finanzielle Segnungen in sich birgt, wie auch eine noch nicht näher bestimmbare Zahl an unwägbareren Risiken.

Im besten aller logisch möglichen Szenarien, kann man in absehbarer Zeit den heute vollständig elektronischen Handel der Weltmärkte, den KI - Agenten überantworten, die dann buchstäblich „für uns biologische Wesen“ das Geld „verdienen“.

Im schlimmsten Falle jedoch, führt die stetige Verbesserung der Agenten in einen Börsen Crash oder eine Inflation. Angesichts der Möglichkeit jedoch, diese Agenten in einen „künstlichen Wettbewerb“ ähnlich dem der natürlichen Evolution zu entlassen, spricht alle Wahrscheinlichkeit dafür, dass die weniger erfolgreichen „Mutationen“ der „Börsen-Agenten“ sich selbst ins evolutionäre Abseits befördern, weil sie zu wenig Gewinne machen und wir künftig statt dem Analagespezialisten der „Bank unseres Vertrauens“ mehrheitlich „evolutionär höchst erfolgreiche KI-Börsen-Agenten“⁹⁰⁵ mit der Anlage unseres Vermögens⁹⁰⁶ beauftragen.

Beispiel 2: Die Spracherkennungssoftware „I-Listen“ der Firma „Heidelberg Application Systems“.

Der Algorithmus dieser Software nutzt eine Trainingsphase direkt nach der Installation, um sich an die individuellen Sprachgewohnheiten des Nutzers zu gewöhnen. Nachdem man ca. eine Stunde lang vordefinierte Texte und Übungen zur Interpunktion über ein mitgeliefertes sog. Headset mit der Software trainiert hat, kann man beginnen, per Diktat die Texteingabe in gewohnter Sprechweise zu beginnen. Aufgrund der effizienten implementierten Algorithmen zur Mustererkennung, Phonem-erkennung und automatischen Vervollständigung von nur teilweise akustisch kommunizierten Worten, erzielt die Software eine Erkennungsrate von respektablen ca. 95%.

⁹⁰⁵ <http://www.aistockcharts.com/>

⁹⁰⁶ vgl. Trippi, Robert R. (1993): „*Neural Networks in Finance and Investing: Using Artificial Intelligence to Improve Real-World Performance*“ / Probus

Während der Benutzung jedoch, läuft der „Lernmodus“ der Software autark im „Hintergrund“ der primären Arbeitsumgebung mit. Sie benutzt dabei Schnittstellen zu gängigen Programmen wie etwa der Textverarbeitung „Microsoft Word“ oder „Outlook“ zum Diktat von Text oder E-mails. Während der Benutzung, ist der Anwender jederzeit in der Lage, über konventionelle Benutzung von Tastatur und Maus in den Textfluss einzugreifen. Die Software lernt bei diesen Eingriffen, an welchen Stellen gehäuft „Missverständnisse“ auftreten und verbessert ihre Erkennungsrate durch das Feedback des Anwenders über dieses Feature beständig.

Heute werden Spracherkennungsprogramme wie „I-Listen“ vielfach privat oder aber auch im Geschäftsleben eingesetzt. In vielen Fällen kann durch eine gut trainierte Spracherkennungssoftware eine Sekretärin bereits „ersetzt“ werden, zumindest für das Diktat von Geschäftsbriefen. Für private Anwender ergibt sich ein vereinfachter Umgang mit dem Computer, durch einen neuen Zugang via natürlicher Sprache. Die sog. „Eintrittsbarriere“ für Computer „Einsteiger“ wird herabgesetzt, und jede weitere verbesserte Version setzt diesen Trend fort. Zudem ergibt sich für Menschen mit unterschiedlichen Behinderungen ein neuer Weg der Kommunikation.

Für dieses Beispiel bleibt festzuhalten, dass die Entwicklung noch in ihrer frühen Entwicklungsphase steckt. Die involvierten Firmen stellen jedoch für kommende Versionen in Aussicht, dass die sog. „Software-Clients“ der einzelnen Anwender eine Möglichkeit zum internen Informationsaustausch dazu nutzen werden, die gesammelte Erfahrung in der Interpretation natürlicher Sprache, mit Akzenten und individueller Intonation, über eine gemeinsame Plattform zu teilen. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, die Trainingsphase erheblich zu verkürzen, denn was bereits potentielle mehrere tausend Anwender der Software „gelehrt“ haben, braucht nicht stetig neu von Grunde auf wiederholt zu werden. Es ist das erklärte Ziel der Programmierer, in absehbarer Zeit ein Interface zu entwickeln, dass jede Sprache und jeden Akzent aus „dem Stand heraus“ nahezu perfekt „versteh“.

Für dieses ambitionierte Ziel, wird in den heutigen Versionen von Spracherkennungssoftware eine leistungsfähige KI eingebunden, die sich flexibel und lernfähig den Feinheiten und auch Veränderungen von menschlicher Sprachgewohnheit anpasst. Dieser Prozess tendiert dazu, durch erhöhte Anzahl der Anwender an Leistungsfähigkeit zu gewinnen.

Als soziokulturelle Konsequenz dieser Entwicklung, haben wir bereits heute in vielen Fällen als „Gesprächspartner“ von großen Unternehmen eine solche „Spracherkennungssoftware“, bevor wir mit (noch) nicht standardisierten Fragen schließlich an einen realen biologischen Mitarbeiter des Unternehmens verbunden werden. Der Umgang und die Akzeptanz von

Software als Dienstleister, wird dadurch auch in dieser frühen Phase bereits erhöht. Es steht aktuell zu erwarten, dass die Verbreitung solcher Systeme aus ökonomischen Gründen zunehmen wird. Ob wir allerdings dadurch in eine zu befürchtende „unpersönliche“ Form der Kommunikation hinein geraten, oder Fragen der Informationsbeschaffung gänzlich an KI Agenten delegieren werden, das bleibt an dieser Stelle offen. Der Trend⁹⁰⁷ zeigt aktuell zumindest die Tendenz auf, dass redundante Aufgaben automatisiert werden, und Situationen wo interpersoneller Kontakt erwünscht ist, auch künftig dieses Merkmal aufweisen werden.

Beispiel 3: Das massive Multi Player Rollen Spiel – World of Warcraft

In der Welt der Spiele hat die Verwendung von Künstlicher Intelligenz schon seit geraumer Zeit Einzug gehalten. Dies wird oft darauf zurückgeführt, dass die Ansprüche der Spieler an möglichst „realistische“ Gegner lange Zeit nur sehr unbefriedigend damit erfüllt werden konnten, dass man statische Algorithmen verwendete. KI – Software ist daher in Computerspielen sogleich eingesetzt worden, wann immer irgendeine Verbesserung gegenüber statischen Varianten der Programmierung erzielt wurde. Nicht zuletzt weil das Risiko lediglich in einer wenig befriedigenden Spielerfahrung bestand, war dieses Experimentierfeld nahezu prädestiniert für die Pioniere der KI. Der Erfinder der sog. OCR-Software (Optical – Character – Recognition), die heute in jedem Scanner zu finden ist – Ray Kurzweil – hat diesen Zusammenhang in einer treffenden Metapher eingefangen:

„If war is the father of invention, then play is its mother.“⁹⁰⁸

Diese wahrscheinlich recht weitreichende These, untermauert zugleich die Wichtigkeit der Entwicklung von Spielen für die Evolution von KI, und rückt zugleich das Spiel in die Rolle eines universellen Evolutionsfaktors. Wenn man lediglich jungen Tieren oder kleinen Kindern zusieht, beim Erwerb ihrer „sozialen Rangordnung“, sieht man zudem, wie nahe sich stets „Kriegerischer Konflikt“ und „Spielerisches Training“ stehen. Die Spieleindustrie greift diese thematische Nähe bewusst auf, und bringt vorwiegend Spiele auf den Markt, bei dem es in der einen oder anderen Weise um „Geschicklichkeit“ oder „Zerstörung“ geht – oft wird beides auch gemischt. Neu hingegen ist die Option, Spiele zudem mit „Intelligenz“ auszustatten, was den Anreiz den Computer zu „schlagen“ nochmals erheblich steigert. Spiele mit KI lassen

⁹⁰⁷ vgl. Lisboa, Paolo J.G. / Edisbury, Bill / Vellido, Alfredo (2000): „*Business Applications of Neural Networks: The State-of-the-art of Real-world Applications*“ / World Scientific

⁹⁰⁸ Kurzweil, Ray (2005): „*The Singularity is near*“ / Penguin Books / New York / S. 341

sich zudem in jedem sog. „Genre“ von Computerspielen ansiedeln und vermarkten.

Im Umgang mit Software sind Spiele Programmierer in ihrer Kreativität kaum Grenzen durch Gesetze⁹⁰⁹, Sicherheitsvorschriften oder ähnlichem gesteckt. Es fließen enorme Gelder, sobald ein Titel eine gewisse Popularität erreicht hat. Die Spieler selbst tragen durch ihr Spiel zum Training und der weiteren Entwicklung jeder einmal implementierten KI bei.

Das Spiel „World of Warcraft“ hat durch eine ansprechende Spielumgebung, sowie der Möglichkeit der Ausbildung sehr facettenreicher virtueller Charaktere, eine große Zahl Spieler für sich gewinnen können. Seit der Nutzung von Version 3. des Spiels jedoch, in dem nun erstmals KI in großem Ausmaß zur Gestaltung des Spiels mit beiträgt, ist die Zahl der Spieler in bislang unbekannte Höhen geschneilt. Allein am Tage des ersten Verkaufs der neuen Version, haben mehrere 100.000 mit einem heftigen Ansturm die Kapazität der Server des Unternehmens Blizzard Entertainment überlastet. Im Laufe des ersten Jahres hat sich die Zahl von mehreren 100.000 Spielern noch einmal auf heute über *7 Millionen* Spieler erhöht. Der Erfolg des Spiels ist dabei sowohl vom Konzept der Interaktion der Spieler abhängig, dass einen integralen Bestandteil von Multi Player Rollenspielen ausmacht, als auch von der Qualität und Intelligenz der virtuellen Gegner. Das Interesse einer großen Zahl von realen biologischen Intelligenzen, eine virtuelle Intelligenz zu „besiegen“, nährt sich offenbar zu einem großen Teil daraus, wie interessant die Spielerfahrung gestaltet ist. Hierbei kann man grob vereinfachend konstatieren, dass der „Reiz“ offenbar durch eine KI dann am höchsten auf die Spieler ausgeübt wird, wenn sie sich möglichst nahe an den Bedingungen eines realen fairen aber strategisch differenzierten Spielverlaufs orientiert. Desto intelligenter die KI - desto interessanter das Spiel – wäre somit die Essenz der Spielphilosophie mit KI.

In der soziokulturellen Konsequenz kann man für die Klasse der obigen Rollenspiele festhalten, dass sich heute eine Vielzahl von Varianten im Markt und im gegenseitigen Wettbewerb um die Gunst der meisten Spieler befinden. Dies bindet einerseits eine nicht zu vernachlässigende Menge der Bevölkerung in einer teilweise „sucht-ähnlichen“ Verhaltenssymptomatik an den Bildschirm. Andererseits tragen diese „Spieler“ nolens volens dazu bei, dass die Entwicklung von KI enorm effizient und in spielerischer Form von unablässigem „Trial and Error“ weiter vorangetrieben wird. Es steht zu erwarten, bei anhaltendem Trend, dass 1.) die Zahl der Spieler weiter zunehmen wird – 2.) die KI in den Spielen dieser Art sich rasant weiter entwickelt 3.) die Rolle von virtuellen Spielen über ihre

⁹⁰⁹ Es müssen aktuell lediglich Altersbeschränkungen auf den Spielen ausgewiesen werden. Unklar ist hingegen, ob ansonsten jedes Level der Explizität von Gewaltdarstellung erlaubt sein soll, denn in Spielen wie in virtuellen Welten allgemein, ist hier die Grenze lediglich die Phantasie der Programmierer.

Funktion des reinen Unterhaltungswertes hinaus, eine wachsende Größe in der Wirtschaft einnehmen wird. Der Punkt, an dem aus dem „reinen Spiel“ ernste „Realität“ wird, ist bei „WOW“ (World of Warcraft) bereits erreicht. In Asien beispielsweise, wo Arbeitszeit vergleichsweise günstig ist, ist es mittlerweile zum „Arbeitsplatz“ avanciert, die „Währung Gold“⁹¹⁰ des virtuellen Spiels gegen die „Währung \$ oder €“ der realen Welt zu verkaufen. Man muss das „Spielgold“ in der „Spielwelt“ erarbeiten, was sich z.B. über das Sammeln von Gegenständen realisieren lässt, und kann dann den Gegenwert dieser „Spielarbeit“ gegen harte Währung der realen Welt eintauschen. So absonderlich dies klingt, dieses Spiel „ernährt“ ganz real tausende von Menschen, indem sie es spielen. Gefährlich wird dies evtl. dadurch, dass Ausbeutungsartige organisierte „Spiel – Arbeitsplätze“ massenhaft industriell geschaffen werden. Begrenzt wird der Raubbau an der menschlichen Arbeitskraft für „Spiel-Währungen“ durch die Möglichkeit, wiederum „KI-Entitäten“ zu programmieren, die diese hoch komplexen „Sammelaufgaben“ evtl. effizienter und vor allem mit unerschöpflicher Ausdauer betreiben können. Hingegen ist es für diese *„Chinese Gold Farmer“*⁹¹¹ nicht unbedingt zu verachten, ihre Familie „spielend“ zu ernähren. Die Alternative wäre evtl. ein Arbeitsplatz an einem Fließband der realen Industrie der realen Welt – was nicht weniger Gefahren der Ausbeutung impliziert.

Wenn man diese Entwicklung negativ skizzieren möchte, hat man einige gute Gründe dafür:

- die Spieler entwickeln eine suchtähnliche Affinität zu ihren virtuellen Charakteren
- Ernährungsdefizite und problematisches Sozialverhalten treten gehäuft auf
- Realitätsflucht und Abfall schulischer Leistungen sind häufige Symptome

Allerdings stehen diesen Problemen auch interessante Aspekte gegenüber:

- Spieler können die virtuelle Währung des Spiels in reale Währung konvertieren (per Auktion oder privater Transaktion) – Möglichkeit der (zumindest partiellen) Finanzierung des Lebensunterhaltes durch die Spiele selbst
- Die Notwendigkeit sich im Spiel gegen die KI zu gruppieren, macht ein komplexes soziales Netzwerk der Spieler notwendig, dass neue Medien der Kommunikation nutzt – Möglichkeit zum Erwerb und Ausbau von sozialer Kompetenz
- Die permanente Konfrontation mit einer unablässig an Intelligenz gewinnenden KI schult

⁹¹⁰ <http://www.online-gold.de/>

⁹¹¹ <http://www.world-of-warcraft-gold.com/>

den strategischen Sinn der Spieler, das Abstraktionsvermögen sowie den generellen Umgang mit dem Medium und Werkzeug Computer – Möglichkeit zur Steigerung von technischer Kompetenz und EDV spezifischer Fertigkeiten

In Summa betrachtet, fällt es schwer ein wertendes Urteil über Sinn und Unsinn von der Nutzung von KI in Computerspielen zu formulieren. Es gibt ein gewisses „Gleichgewicht“ der Kräfte von sozial konstruktiv und destruktiv gewerteten Effekten. Die entsprechenden Untersuchungen dazu sind noch in ihrem Anfangsstadium. Als Trend lässt sich jedoch festhalten, dass in einer freien Marktwirtschaft jedes Spiel – solange es das Gesetz achtet – so viele Spieler involvieren darf, wie es ihm ökonomisch gelingt. Das WOW (World of Warcraft) und ähnliche Spiele inzwischen signifikante Anteile der Bevölkerung fasziniert und an sich „bindet“, ist insofern legitim. Wenn der Trend jedoch virulent wird, sollte es gestattet bleiben auch kritisch zu intervenieren. Im Extremfall müsste man politisch regulativ eingreifen – wenn das Spiel die Bevölkerung über Gebühr in ein „Suchtverhalten“ einbinden würde. Der Hersteller selbst warnt sogar auf seiner Homepage leicht ironisch vor dem „*Suchtpotential*“⁹¹² des Spiels, und versucht selbst einen „ausufernden Handel“ mit virtuellem Gold zu vermeiden, was ihm jedoch nur in Ansätzen gelingt.

Im positiven Szenario, trägt dieser Trend zu intelligenten Spielen dazu bei, dass der Umgang mit KI künftig auf spielerisch interaktive Weise geschieht. Die Verpackungsschachteln solcher und ähnlicher Spiele weisen inzwischen den Grad der Intelligenz der ins Spiel einprogrammierten KI plakativ auf, so wie Diät Produkte die möglichst geringen Kalorien anpreisen. Desto intelligenter der Gegner, desto mehr Spielfreude erzeugt es, sich mit ihm zu messen, oder ihn gar zu besiegen. Als wichtige Marketingstrategie, muss KI in Spielen so unweigerlich der menschlichen Intelligenz immer weiter angenähert werden.

KI erhält so einen „Erfahrungsraum“ für die Varianten menschlicher Emotionen, Strategien, Kommunikationen und sozialer Interaktionen. Mehr Nähe als im täglichen stundenlangen Spiel mit Millionen Spielern weltweit zugleich, kann man sich als Programmierer von möglichst authentischer Intelligenz von KI kaum wünschen. Das jährlich wachsende Kollektiv der Computerspieler, dient sozusagen als lebendige live agierende „Blaupause“ für das Projekt einer KI, die den Turing Test besteht, und in keiner Kommunikation mehr von einem Menschen unterscheidbar ist, sowie in keinem Spiel mehr geschlagen werden kann – es sei denn dies wäre ökonomisch lukrativ.

⁹¹² <http://www.wow-europe.com/de/>

4.1.3 KI, Ökonomie und die Zukunft der Arbeit

„Wenn Blut auf den Strassen fließt, kaufe soviel davon wie du kannst.“

Baron de Rothschild

Die Rede von der Vollbeschäftigung wird heute seltener. Es scheint ein Trend dahin zu bestehen, die Arbeitslosigkeit einer signifikanten Prozentzahl der Bevölkerung als unabwendbar zu akzeptieren. Wie kann diese Transformation erklärt werden?

Zum Einklang soll ein Zitat des US Ökonomen Jeremy Rifkin dienen, entnommen aus einem Interview mit der Stuttgarter Zeitung:

„Wir sind mitten in einer Umwälzung, die die industrielle Revolution noch übertrifft. Durch die ersten Mechanisierungsschübe verloren Millionen von Menschen ihre Jobs und wanderten vom Land in die Städte, um dort mit den Maschinen zusammen zu arbeiten. Aber die Computer und Informationstechnik von heute machen immer mehr Menschen ganz überflüssig. Selbst die billigste menschliche Arbeitskraft ist teurer als die Maschine.“⁹¹³

Rifkin ist der Auffassung, dass Arbeit als „Phänomen der Kultur“ zeitlich begrenzt ist. Er sieht die zunehmende Automatisierung als Initiator einer Umwälzung, die aktuell in ihrer Größenordnung noch nicht richtig erfasst wird. So wie es ca. die letzten zehntausend Jahre hindurch die Menschen ernährt hat, dass sie Landwirtschaft betrieben, so hat es nun knappe 200 Jahre gedauert, dass die Industrialisierung neue Erwerbsmöglichkeiten generierte, während die Arbeit auf den Feldern von ehemaliger Vollbeschäftigung der Bevölkerung zu heute lediglich noch 1-5% der Arbeitsplätze beiträgt – je nach Grad der Automatisierung der Agrarwirtschaft in den westlichen Nationen.

Aber so wie die Phase der Agrarkultur zeitlich begrenzt war, so war es die Industrialisierung. Heute befinden wir uns im Zeitalter der „postindustriellen Phase“ –wie es Thema und These dieser Dissertation ist und wir haben insofern auch andere Bedingungen für Arbeit aktuell vorfindlich. Es stellt sich die Frage, wieso die agrikulturelle Phase so viel länger andauerte wie die industrielle Phase. Wenn wir hier die zweite These dieser Dissertation einbeziehen – *Technologie transformiert Kultur* – dann lässt sich die Erklärung kurz und präzise auf den Punkt bringen:

Jede Phase kultureller Entwicklung dient ihrem Nachfolger als bereits wohl entwickelte und ausgereifte Vorlage – denn der Phasenübergang wurde durch den „Vorläufer“ initiiert.

⁹¹³ <http://www.stuttgarter-zeitung.de/stz/page/detail.php/916564>

Wir können also heute auf eine so große Zahl kultureller und technischer Entwicklungen zurückgreifen, wie in keiner Phase der Entwicklung zuvor. Zugleich leben und arbeiten heute weltweit so viele Wissenschaftler, wie in der gesamten Geschichte der kulturellen Evolution zusammen nicht existent waren. Wir sind stets erneut die „Erbengeneration“ unserer geistigen Väter – wie z.B: Galileo, Newton, Einstein, Marx, Smith, Weber, Kant, Hegel, Sartre,.... Dieses Muster der iterativen und saltatorischen Weitergabe von Wissen und Evolutionsgütern durch die Generationen, lässt sich auch schon in der rein biologischen Evolution vor der kulturellen Evolution beobachten – das Muster zieht sich wie ein roter Faden durch alle Epochen. Dabei darf man jedoch nicht Empirie gleichsetzen mit einem „Naturgesetz“, der steten Aggregation von „Wissen“, denn es bleibt unausgesprochen, wie viel Informationen über die Generationen wieder zerstört wurde. Unbestreitbar wurden jedoch, stets von jeder neuen „Erbengeneration“, viele „zentrale“ neu erworbenen evolutionären „Features“ und „Skills“ ihrer „Vorgänger“ übernommen. Zudem wurden auf der Grundlage der vererbten Features, neue generiert, die oft eine wesentliche Weiterentwicklung gegenüber ihrem Vorläufer darstellten. Die Idee einer solchen „Entwicklungstreppe“ ist sicherlich schon mehrfach aufgegriffen worden, unter anderem sehr gelungen von Kuhn⁹¹⁴. Neu ist jedoch hier, dass wir eine homogene Evolution durch archaische Biologie, komplexe Biologie, frühe Intelligenzleistungen, modernere Wissenschaft und schließlich Informationstechnologie zu Grunde legen, und nicht mehr länger solche Kategorien als getrennt betrachten. Wir wollen einen Zeitraffer zur Illustration dieses Prinzips von markanten „Vorläufern“ und Sukzessoren (evolutionär und technisch indiziert) notieren:

1.) vom Prokaryonten bis zum Säugetier

Übernahme der Errungenschaft eines dezidierten Zellkerns mit geschützter DNS

Entwicklung der sexuellen Fortpflanzung zur genetischen Diversifikation

Zeitfenster – ca. 2 Mrd. Jahre

2.) vom Säugetier zum ersten Hominiden

Übernahme der sexuellen Fortpflanzung zur genetischen Diversifikation

Entwicklung der Anlagen des Neocortex und der Hand als Greiforgan

Zeitfenster – ca. 200 Mio Jahre

3.) vom Hominiden zum Menschen der Steinzeit

Übernahme der Anlagen des Neocortex und der Hand als Greiforgan

⁹¹⁴ Kuhn, Thomas S. (1996): „*The Structure of Scientific Revolutions*“ / University of Chicago Press

Entwicklung der Antezipation der Verhaltensmuster von Beute und Feinden
Zeitfenster – ca. 2 Mio Jahre

4.) vom Menschen der Steinzeit zum Homo Sapiens

Übernahme der Antezipation der Verhaltensmuster von Beute und Feinden
Entwicklung Neocortex & Hand - zur Manipulation von Objekten wie dem Faustkeil
Zeitfenster - ca. 200.000 Jahre

5.) vom Homo Sapiens zum Menschen der Bronzezeit (Homo Sapiens Sapiens)

Übernahme Neocortex & Hand - zur Manipulation von Objekten wie dem Faustkeil
Entdeckung der Jahreszeiten und Entwicklung des Kalenders. Nutzung des Ackerbaus durch kombinierte Anwendung der neu entwickelten Errungenschaften:
Metallbearbeitung -> Pflugschar / Extrapolationsfähigkeit -> Kalender
Zeitfenster - ca. 20.000 Jahre

6.) vom Menschen der Bronzezeit zum Menschen der präindustriellen Phase

Übernahme von Fähigkeit zu Extrapolation sowie Pflugschar und Kalender
Perfektionierung der Metallbearbeitung und Entwicklung der höheren abstrakten und komplexen Mathematik -> vom Pflugschar zur Dampfmaschine.
Zeitfenster - ca. 2000 Jahre

7.) vom Menschen der präindustriellen Phase zum Menschen der postindustriellen Phase

Übernahme der abstrakten und komplexen Mathematik (Differentialrechnung, etc.)
Entwicklung der Manipulation von mikroskopischen Objekten durch Werkzeuge – und Perfektionierung der Mathematik -> von der Dampfmaschine zum Transistor
Zeitfenster – ca. 200 Jahre

8.) Der nächste Schritt liefert uns *alle bisherigen* Errungenschaften dieser aufgezählten

Phasen zu unserer freien Verfügung – es läßt sich aufgrund der abnehmenden Zeitintervalle extrapolieren, dass er in ca. 20 Jahren eintreten wird – mögliche Kandidaten für die Basisinnovation nach der Ära des Transistors sind KI, Nanotechnologie und Quantencomputer. -> vom Transistor zum Quantencomputer
- Zeitfenster – ca. 20 Jahre

Die temporale Sukzession wurde hier bewusst vereinfachend linearisiert und auf den gemeinsamen Nenner von Zehnerpotenzen der Zahl Zwei notiert. Es soll dadurch transparenter werden, dass der Verlauf von evolutionären Errungenschaften und deren *Weitergabe* ein stetig autopoietischer und simultan *autokatalytischer* Effekt ist. Diese sukzessive Akkumulation von Errungenschaften oder „Features“ von einem

intelligiblen Konzept der Reflexion der Umwelt zum nächsten, wird von Popper als „Wachstum objektiven Wissens“ formuliert:

"All work in science is work directed towards the growth of objective knowledge. We are workers who are adding to the growth of objective knowledge as masons work on a cathedral"⁹¹⁵

Wenn wir diese Reihentwicklung näher betrachten, fällt auf, dass jede Phase einen stets höheren Grad von Komplexität der involvierten Fertigkeiten und Fähigkeiten der zunächst biologischen Entitäten und dann technischen Basisinnovationen initiiert. Dieses Schema folgt der These – *Technologie ist Evolution mit anderen Mitteln*. Es lassen sich also gute Argumente dafür nennen, und empirisch belegen, dass Evolution die Interaktion der systemisch involvierten Komponenten graduell in ihrer Komplexität steigert bzw. skaliert. Die Systemtheorie wie auch die Theorie der Thermodynamik, für deren Vereinheitlichung⁹¹⁶ z.B. Michael Fleischer argumentiert, haben für diese Kumulation von Komplexität einen Begriff entwickelt – den der *logischen Tiefe*.

Seth Lloyd setzt als Physiker den Ursprung dieser „*Vererbungslinie*“ von Komplexität noch fundamentaler direkt am Urknall an – und hebt die Rolle der Akkumulation von logischer Tiefe quasi in den Status eines (empirischen) Naturgesetzes an, was wir prinzipiell methodisch oben haben ablehnen müssen, es jedoch zumindest als Option mit bedenken wollen:

„This initial revolution in information processing was followed by a sequence of further revolutions: life, sexual reproduction, brains, language, numbers, writing, printing, computing, and whatever comes next. Each successive information-processing revolution arises from the computational machinery of the previous revolution. *In terms of complexity, each successive inherits virtually all of the logical and thermodynamic depth of the previous revolution.* For example, since sexual reproduction is based on life, it is as deep as life. *Depth accumulates.*“⁹¹⁷

Wenn „logische Tiefe“ eines Systems quasi wie in einem „Staffellauf“ stets von einer Revolution zur Nächsten „vererbt“ wird, dann darf man bei diesem Prozess nicht vergessen, dass seit Kuhn bekannt ist, dass jeder Paradigmenwechsel nicht nur neues Wissen fördert, sondern auch altes Wissen zerstört wird. Um zu klären, ob die resultierende Funktion,

⁹¹⁵ Popper, Karl (1972): „*Objective Knowledge*“ / Oxford / S. 121 - online siehe: <http://www.capurro.de/hermeneu.html>

⁹¹⁶ Fleischer, Michael (2001): „*Kulturtheorie. Systemtheoretische und evolutionäre Grundlagen*“ (Beträge zur Kulturwissenschaft; 5) Oberhausen: Athena

⁹¹⁷ Lloyd, Seth (2006): „*Programming the Universe*“ / Random House / New York / S. 200 / (*Hervorhebung nicht im Original*)

dennoch eine Wachstumsfunktion oder eher eine Stagnation abbildet, hilft das Schema der Methodisierung von Komplexität. Hegel hat in seiner Antrittsvorlesung als Professor der Philosophie ein eindeutiges „Statement“ für den Charakter eines „Vererbungssystems“ von Wissen gegeben:

"Meine Herren! Diese Vorlesungen haben die Geschichte der Philosophie zu ihrem Gegenstande. Was diese Geschichte uns darstellt, ist die Reihe der edeln Geister, die Galerie der Heroen der denkenden Vernunft, welche kraft dieser Vernunft in das Wesen der Dinge, der Natur und des Geistes, in das Wesen Gottes eingedrungen sind und uns den höchsten Schatz, den Schatz der Vernunftkenntnis, erarbeitet haben. Was wir geschichtlich sind, der Besitz, der uns, der jetzigen Welt angehört, ist nicht unmittelbar entstanden und nur aus dem Boden der Gegenwart gewachsen, *sondern dieser Besitz ist die Erbschaft und das Resultat der Arbeit, und zwar der Arbeit aller vorhergegangenen Generationen des Menschengeschlechts.*"⁹¹⁸

Auch wenn man mit Foucaults Methodik der „Archäologie des Wissens“⁹¹⁹ noch verfeinernde Kritik üben kann, an dieser linearen Konzeption der „Akkumulation logischer Tiefe“ und „Erbschaft des Menschengeschlechts“, soll uns diese Überlegung prinzipiell als zutreffend gelten, im Sinne einer Regel, die sich aus der Beobachtung des Verhaltens von Natur allgemein empirisch gewinnen lässt – wir halten fest:

Komplexität ist eine evolutionär sukzessive temporal korrelierte Wachstumsfunktion von allen zur Differenzierung fähigen Systemen überhaupt – wie z.B. Natur, Kultur und Technologie. Damit ist Wachstum von Komplexität allen autopoietischen offenen Systemen sui generi inhärent: Komplexität steigert sich ubiquitär, permanent, systemunabhängig – und unvermeidlich.

Wir wollen also eine Wachstumsfunktion der systemischen Größe Komplexität als gegeben annehmen – wie es obige Reihenentwicklungen exemplarisch plausibilisiert haben – und die Implikationen für Ökonomie und die Zukunft der Arbeit erörtern.

Es kann nun auf einer soliden Basis gefolgert werden, dass die letzte Revolution der Informationstechnologie, die in der Ökonomie zum Phänomen der sog. „Dot.Com Bubble“ geführt hat, lediglich ein Ereignis in einer ganzen Kette kausal nicht komplett unabhängiger

⁹¹⁸ Hegel, G.W.F. (1993): „*Vorlesungen über die Geschichte der Philosophie. Einleitung, orientalische Philosophie*“ / Hg. v. Walter Jaeschke / Hamburg / S. 5f, 8f. (*Hervorhebung nicht im Original*)

⁹¹⁹ Foucault, Michel (1973): „*Archäologie des Wissens*“ / Suhrkamp / FFM

Ereignisse war. Es gab wie expliziert Vorläufer – und mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit wird es weitere solcher paradigmatischen Sukzessoren wie die Informationstechnologie bzw. technologische Revolutionen geben. Neil Gershenfeld, Direktor des „Center for Bits and Atoms“⁹²⁰ am MIT, sieht die „*Next Revolution to come*“⁹²¹ in der Ära der Nanotechnologie. Wir hatten darauf bereits zuvor verwiesen.

Ein Problem dem diese Reihenentwicklung jedoch entgegensteuert, ist die permanente Verkürzung der temporalen Phase - sie wird infinitesimal klein - wenn die Funktion wie in obiger Tabelle notiert ihre Musterfolge nicht binnen der nächsten ca. 20 Jahre ändert, dann wäre die *darauf* folgende Revolution nur noch ca. 2 weitere Jahre entfernt, etc....

Als wäre in 20 Jahren eine „Revolution“ der Nanotechnologie in Verbindung mit KI Technologie nicht Herausforderung genug, wird dieser „Durchbruch“, einem Schneeballsystem gleich in vermutlich 22 Jahren eine erneute „Revolution“ noch unbekannter Art anstossen, usw. Dieses Problem sich beschleunigender Revolutionen ist evtl. eine Schwäche der ganzen Theorie der permanenten Komplexitätssteigerung, oder aber es tritt tatsächlich eine solche Dichte von Revolutionen künftig ein. Kritiker merken an, dass die „Kurve“ dieser Entwicklung abflachen muss – aber es finden sich gegenwärtig keine tragfähigen Argumente für diese Position.

Ein weiteres Problem besteht darin, dass mit weiterer plausibel anzunehmender Entwicklung der Technologie, der Grad der Automatisierung der Produktion der Güter permanent zunimmt. Die aktuell stark favorisierte Nanotechnologie etwa, hat als eines ihrer primären Ziele die völlige Unabhängigkeit des Individuums von der Industrie – durch die Freiheit zur privaten Produktion, mit einem sog. „*personal fabricator*“,⁹²² aller nötigen oder gewünschten Güter.

Beide obigen Probleme, sind nun in ihren Auswirkungen davon abhängig, wie die Gesellschaft, die Soziologie und die Politik mit solchen offensichtlich wiederkehrenden Phänomenen umzugehen lernt. Nehmen die (unfreiwilligen?) Konsumenten und Produzenten dieser neuen Technologien die implizite offenbar „unabänderbare“ permanente Steigerung der Komplexität solcher Produkte nun als einen Segen oder einen Fluch wahr?

Die Agrarkultur hielt die Vollbeschäftigung noch für eine Last und strebte nach Automatisierung – die Industriekultur lernte Arbeitsplätze zu schätzen, durch aufkommende Konkurrenz in Form der technischen Automatisierung – die postindustrielle kulturelle Phase

⁹²⁰ <http://cba.mit.edu/>

⁹²¹ vgl. Gershenfeld, Neil (2005): „*FAB: The Coming Revolution on Your Desktop--From Personal Computers to Personal Fabrication*“ / MIT Press / Cambridge

⁹²² Gershenfeld Neil, (1999): „*When Things Start to Think*“ / Henry Holt / New York / S. 63

beginnt zu realisieren, dass es keine realistische Alternative dazu gibt, Technologie beständig weiter zu perfektionieren und in dessen Folge stetig umfassendere Automatisierungen in ihrer Implementation hinzunehmen. Nachdem die Geschichte Weberaufstände, Maschinenstürmer, Technologiefindlichkeit, Atomkraftgegner die sich an Bahnschienen ketten, all diese „sozialen Nebeneffekte“ als offenbar unabwendbare *Zivilisationsrisiken*⁹²³ erhärtet hat, erscheint es heute vielen zugleich nötiger denn je und auch unabwendbarer als jemals zuvor, *Technologie daran zu hindern*, die Domäne der menschlichen Arbeitskraft zu unterminieren. Blicke übrig zu fragen, warum eigentlich sollte man *Arbeit* prinzipiell erhalten wollen? Nehmen wir es nun als Segen oder als Fluch wahr, dass Arbeit als Systemgröße mit zunehmender Entwicklung von Technologie *gänzlich* zur Disposition steht? Die Politikwissenschaft selbst wirft zuweilen die Kritik auf, dass sie ähnlich wie andere intellektuelle Disziplinen nicht frei von Relikten ist. In der Bewusstseinsforschung haben wir mit Descartes Dilemma, als zentrales Relikt, den Dualismus und die Tradition der Spaltung von Leib und Seele – Rafael Capurro schreibt dazu:

„Ich glaube, daß der Leib-Seele-Dualismus, auch in seinen "modernen" Formen (etwa als Dualismus von "self" und "brain") ein metaphysisches Relikt ist.“⁹²⁴

Wenn es um die Beurteilung des Stellenwertes der Systemgröße „Arbeit“ geht, dann könnte man argwöhnen, es würde gleich einem *metaphysischen Relikt* in der neurophysiologischen Forschung, ein „*marxistisches Relikt*“ in der Politikwissenschaft existieren. Es sollte uns sogar verwundern, wenn sich eine Disziplin der Wissenschaft fände, die frei wäre von Relikten, denn wie bekannt, werden neue Auffassungen nicht durch schließliche Akzeptanz allgemeingültig, sondern dadurch, dass die Vertreter der etablierten Lehrmeinung schließlich aus dem Wissenschaftsbetrieb ausscheiden. Zumindest war dies die „Regel“ noch in der Zeit die Kuhn vornehmlich untersucht hat – als wissenschaftliche Paradigmen noch einen meist religiös geprägten Beigeschmack trugen:

Kuhn did not examine the discovery of fission in *The Structure of Scientific Revolutions*, although he did consider a wide range of the historical cases, most prominently the transition from the phlogiston theory to Lavoisier's oxygen theory of combustion, the replacement of Newtonian mechanics by Einstein's relativity theory, and, throughout the book, the replacement of Aristotle's physics and Ptolemy's astronomy by the Copernican view that the sun is the center of the

⁹²³ vgl. Schmidt, Mario (1989): „*Leben in der Risikogesellschaft. Der Umgang mit modernen Zivilisationsrisiken*“ / Deukalion Verlag / Hamburg

⁹²⁴ <http://www.capurro.de/inszenierung.html>

planets' motions.⁹²⁵

So gehören Relikte, gerade in Zeiten sich beschleunigender „Verfallszeiten“ von zuvor über Generationen erarbeitetem Wissen, heute zum Geschäft der Wissenschaft unabdingbar und beinahe alltäglich dazu. Da sich wissenschaftliche Modelle heute in einer zeitlich schnelleren Abfolge abwechseln, als noch zu Zeiten von Aristoteles, Ptolemäus oder Kopernikus, und zudem der religiöse Aspekt neueren Theorien und Modellen wesentlich weniger stark und oft überhaupt nicht mehr anhaftet, gibt es auch Fälle, in denen Wissenschaftler noch in ihrer aktiven „Schaffensphase“ sukzessive mehrere „Stadien“ ihrer eigenen Arbeit „durchleben“ und sich auch von früheren „Standpunkten“ verabschieden. Wir nannten oben bereits Wheeler mit seinen drei Stadien: *the particle period, the field period and the information period* – als Beispiel. Weitere Beispiele sind etwa der „späte Luhmann“, der eine „*autopoietische Wende*“⁹²⁶ vollzog, der „späte Foucault“, der eine „*Rückkehr des Subjekts*“⁹²⁷ beobachten ließ, der späte Nietzsche, der späte Parsons, etc...

Genau in der Weise, wie sich im wissenschaftlichen Blick „makroskopische“ Paradigmen wandeln, wandeln sich im „mikroskopischen“ Blick die „Lehrmeinungen“ einzelner Subjekte eben dieser Wissenschaften, was weder neu noch überraschend ist, aber in der Konsequenz bislang noch nicht angewandt wurde, auf die Haltung, die heute KI gegenüber als „Lehrmeinung“ ausgegeben wird. Es ist an der Zeit, einer sich sehr sublim über Generationen sedimentierten „wissenschaftlichen ablehnenden Grundhaltung“ zu entledigen, und das Thema mit den verfügbaren moderneren technischen Mitteln und Methoden komplett neu zu hinterfragen.

Wenn „früher“ wissenschaftliche Relikte meist religiös „zementiert“ waren, so sind sie es heute meist lediglich noch „intersubjektiv“, und zudem werden diese über stetig weniger Generationen in das „Gemeinwissen“ geprägt. Es hatte weniger „Einfluss auf Kirche, Moral und Kultur“, als Einstein Newton ablöste, gegenüber der Wende, als Kopernikus dies mit Ptolemäus tat. Ähnlich hat es noch weniger derartige „menschliche existentielle Berührungspunkte“, wenn etwa Wheeler sein Weltbild von Partikeln auf Information umstellt,

⁹²⁵ Andersen, Hanne / Chen, Xiang / Barker, Peter (2006): „*The Cognitive Structure of Scientific Revolutions*“ / Cambridge University Press / S. 4

⁹²⁶ Krüger, Hans-Peter (1990): „*Luhmanns autopoietische Wende. Eine kommunikationsorientierte Grenzbestimmung*“ / In: Niedersen, Uwe [Hrsg.] *Selbstorganisation / Jahrbuch für Komplexität in den Natur, Sozial- und Geisteswissenschaften* / Duncker & Humblot Verlag / S. 129-147

⁹²⁷ Wetz, F. (1998): „*Wie das Subjekt sein Ende überlebt: Die Rückkehr des Individuums in Foucaults und Rortys Spätwerk*“ / In: R. Fetz; R. Hagenbüchle; P. Schulz (Hrsg.): „*Geschichte und Vorgeschichte der modernen Subjektivität*“ / Berlin / S.1277-1290

oder Luhmann eine autopoietische Wende vollzieht. Das geht die „Allgemeinheit“ vermeintlich „weniger an“, allein schon vermutlich deshalb, weil die Kirche nicht interveniert und der „mediale Eklat“ ausbleibt.

Trotz dieser vermeintlich „abgeklärten“ oder evtl. auch aufgeklärten öffentlichen Haltung den neueren „Paradigmenwechseln“ gegenüber, gibt es dennoch immer noch Punkte auf der Agenda der „sedimentierten“ wissenschaftlichen / öffentlichen Überzeugungen, die man nicht transformieren kann, ohne einen „Eklat“ zu provozieren.

Einer dieser sensitiven Punkte, ist sicherlich die These, dass sich das menschliche „Bewusstsein“ mit entsprechender Technologie, realisiert durch KI in Kombination mit Quantenphysik, in seinen wesentlichen Punkten simulieren lassen könnte. Diese Position abzulehnen, basiert vorwiegend auf einem religiösen Relikt, wie wir oben versucht haben deutlich zu machen. Es existiert kein bekanntes Experiment, mit dem die Unmöglichkeit dieses Vorhabens der KI belegt werden kann – wohl aber viele Experimente, die diese Möglichkeit sehr wahrscheinlich erscheinen lassen. Woher nehmen die Skeptiker also ihre Zuversicht – in eine wissenschaftlich betrachtet sehr unwahrscheinliche Prognose?

Glauben? – Überzeugung? – Bauchgefühl?

Ein weiterer solcher Punkt, ist die Rolle der Arbeit, wie sie in der Gesellschaft als wesentliche und integrale Institution zur „*Codierung von Macht*“⁹²⁸ implementiert ist. Die These dieser Dissertation ist, dass eine im Stadium der „Paradigmatischen Überwindung“ befindliche gesellschaftliche Wahrnehmung von „Arbeit“ heute im Prozess befindlich ist, die sich weg von einer religiösen Implikation, wie sie noch Weber⁹²⁹ vertreten hat, hin entwickelt zu einer offenen Haltung, der systemischen Kontingenz des Faktors Arbeit.

Sicherlich, Arbeit bedeutet Möglichkeit ein Einkommen zu generieren, dies ist der primäre Impetus jedes für Erhalt oder Schaffung von Arbeitsplätzen argumentierenden Politikers, dieser Zusammenhang ist so leicht zugänglich, so vermeintlich offensichtlich, dass er heute beinahe in den Status einer (religiös zementierten?) Gesetzmäßigkeit erhoben wird. Ist an diesem „Gesetz“ überhaupt Kritik möglich? Einige exemplarische Zahlen zur stark von Technologie transformierten Landwirtschaft in Deutschland:

„1950 waren 4 Millionen Vollarbeitskräfte in der deutschen Landwirtschaft tätig, heute sind es noch 1 Million – also lediglich 1,25% der Bevölkerung produziert alle Nahrung.“

⁹²⁸ Luhmann, Niklas (2005): „*Soziologische Aufklärung 4 / Beiträge zur funktionalen Differenzierung der Gesellschaft*“ / VS-Verlag / S. 26

⁹²⁹ Weber, Max (1996): „*Die protestantische Ethik und der "Geist" des Kapitalismus*“ / Beltz Athenäum Verlag

Für die Arbeitsleistung eines einzigen Mähdreschers, der heute mehrere Hektar Getreide pro Tag mit nur einer Arbeitskraft abernten kann, waren in 1900 noch 480 Menschen nötig.⁹³⁰

Wer oder wie viele Menschen in einer Branche oder einer für „elementar und unabdingbar“ erklärten Tätigkeit für den „Erhalt und die Reproduktion“ einer Nation tätig sind, zeigt sich also historisch als sehr stark veränderlich.

In Zeiten der durch Technologie an Gesellschaft heran getragenen Risiken, konzentriert sich die Kritik daher auf die Rolle eben dieser Arbeitskraft erübrigenden *Technologie*:

"Es handelt sich auch in der Risikogesellschaft um eine Form der Verelendung, die vergleichbar ist und doch wieder überhaupt nicht mit der Verelendung der Arbeitermassen in den Zentren der Frühindustrialisierung"⁹³¹

Der vernachlässigte Gegenpart dazu wäre, eine Kritik an Arbeit überhaupt, und die Aufzählung der Chancen von und durch Technologie für Gesellschaft.

Droht durch die Automatisierung und Rationalisierung eine neue Form der *Verelendung* der Gesellschaft, durch technische stetig vollkommener Substitution von menschlicher Arbeitskraft? Oder setzt der Begriff der Verelendung nicht vielmehr bereits voraus, was er überhaupt belegen will – das Arbeit selbst ein notwendiges Mittel zur Vermeidung von Elend sei? Die hohe und stetig steigende Quote der Arbeitslosen scheint diese These zu untermauern. Der Kausalnexus scheint geschlossen: Ohne Arbeit kein Einkommen, ohne Einkommen kein Auskommen – kein Leben. Ist es tatsächlich der Begriff der Arbeit, der für eine Analyse der Technologie in sozialer und politischer Dimension zentral ist – oder liegt der Kern der Frage nicht in der Abwägung der Chancen und Risiken direkt, und die Frage nach der Veränderung von Arbeit ist dabei ein „*Nebenschauplatz*“?

Es wird offensichtlich zu wenig beachtet, was Technologie tatsächlich ermöglicht – heute und praktisch jeden Tag für alle industrialisierten Staaten - und zunehmend auch für Entwicklungsländer wirksam:

Vornehmlich bedingt durch Automatisierung und IuK Technologie, beobachtet man seit Jahrzehnten fallende Preise in allen Kategorien von wirtschaftlichen Gütern. Agrarprodukte werden heute in sog. Discountern zu Preisen im „Cent Bereich“ massenhaft zur Verfügung

⁹³⁰ vgl. Dänzer, Dieter / (31.03.2007) Chefredakteur der „Agrartechnik“ / „*Situationsbericht zur deutschen Landwirtschaft*“ / siehe online: <http://www.landwirtschaft-pro-mensch.de/sro.php?redid=15669>

⁹³¹ Beck, Ulrich (1986): „*Risikogesellschaft – Auf dem Weg in eine andere Moderne*“ / Suhrkamp / Frankfurt / S. 67

gestellt, in industrialisierten Ländern ist Hunger quasi inexistent. Telekommunikation ist durch den Konkurrenzkampf im Zuge einer Preisspirale so günstig geworden, dass sie vielerorts zu einem niedrigen Pauschalpreis⁹³² verfügbar ist – soviel man fähig ist zu konsumieren. IuK Technologie ist durch die Fertigung an Fließbändern so im Preis verfallen, dass ein Laptop für Entwicklungsländer heute für erstaunliche ca. 100\$ durch das MIT⁹³³ angeboten werden kann – samt Display, Fest-Speicher, Drahtlos-Internetmodul, und einem CD-Brenner integriert.

Dieser bemerkenswerte Laptop verfügt zudem über eine Handkurbel zur Energieerzeugung, wenn keine Steckdose in der Nähe sein sollte – in den Ländern der Zielmärkte.

Die Reihe ließe sich fortführen. Es gehört zu den wenig respektierten aber allseits bekannten „angenehmen“ Seiten der Technologie, dass sie neben ihren Risiken auch ganz *enorme* Vorteile und Chancen bereithält. Die Technologie der KI wird wenn sie verfügbar ist, innerhalb kürzester Zeit für den gesamten Planeten zur Verfügung stehen. Jeder, der auch nur ein einfaches internetfähiges Handy für wenige Dollar besitzt, kann dann an ihrem Wissen und ihrer Rechenkraft partizipieren.

Nahrung⁹³⁴, Telekommunikation und Informationstechnologie sind also großteils zu absoluten geschichtlichen Niedrigstpreisen verfügbar, und sie werden zumeist noch günstiger. Es mangelt oft lediglich an der Fähigkeit oder dem Willen diese Ressourcen intelligent und ethisch⁹³⁵ verantwortungsvoll zu verteilen.

⁹³² Die in 2006 aufkommende Strategie der Vermarktung einer sog. „Doppelflatrate“ beinhaltet z.B. beim Branchenprimus Telekom für 39,95€/Monat sowohl einen Pauschalpreis für Gespräche als auch für Datentransfer via DSL - über den gewohnten Kupferanschluss – mit bis zu 16.000 Kilobyte/Sekunde Transferleistung: www.t-online.de/flatrate

⁹³³ <http://laptop.media.mit.edu/>

⁹³⁴ Das Handelsblatt hat am 14.03.2007 in einem Bericht zur Ernährungslage der Welt eine Studie veröffentlicht, die maßgeblich von „Terre des Hommes“ (<http://www.tdh.de/content/index.htm>) initiiert wurde, die aufzeigt, dass mit der heute verfügbaren Kapazität der Agrarindustrie etwa **12 Mrd** Menschen ernährt werden könnten. Fakt ist jedoch, dass in 2003 die Zahl von 842 Mio Menschen an Unterernährung litten – laut Handelsblatt eine „*Ironie eines Planeten im Überfluss*“. (<http://www.innovations-report.de/html/berichte/gesellschaftswissenschaften/bericht-23666.html>)

⁹³⁵ Hausmanning, Thomas / Capurro, Rafael / Hrsg. (2002): „*Netzethik. Grundlegungsfragen der Internethethik.*“ / München / Fink Verlag



⁹³⁶ *Der 100\$ (79€) Laptop des MIT in seiner finalen Version. Er operiert auf dem kostenlos verfügbaren LINUX Betriebssystem. Jeder Schüler in Entwicklungsländern soll, sobald die Produktion 2007 hochgefahren wird, schnellstmöglich versorgt werden. China, Thailand, Indien, Ägypten, Nigeria, Brasilien und Argentinien haben bereits als erste*

Abnehmer und Mitglieder der US Initiative „One Laptop per Child“⁹³⁷ unterzeichnet und werden insgesamt ca. 100 Millionen dieser Geräte abnehmen, die bis 2010 durch Skalierung nur noch 50\$ pro Exemplar kosten werden. Der größte Laptop Produzent der Welt „Quanta“⁹³⁸ übernimmt die Fertigung und das MIT mit Nicholas Negroponte als Chairman koordiniert diese „Non Profit“ Maßnahme als „Education Project“.⁹³⁹

Bevor Technologie durch besagte Fortschritte in der Nanotechnologie *theoretisch kostenlos* weltweit verfügbar wird, wird sie praktisch und bereits heute *unfassbar* billig. Der obige Laptop hätte noch vor fünf Jahren mehrere Tausend Dollar an Herstellungskosten pro Einheit verursacht und kann heute bereits für ca. 100\$ angeboten werden. Er wird aller Wahrscheinlichkeit nach noch weiter im Preis fallen, sobald die Komponenten auf dem Weltmarkt ebenfalls weiter wie zu erwarten im Preis verfallen.

Wenn man als weiteres Beispiel selbst erleben will, wie rasant die Preise für IuK Produkte sinken, braucht man nur einmal in einen Elektrofachmarkt zu gehen, und einen sog. USB-Stick verlangen. Wenn man vor ca. 2 Jahren in 2005 für 1GB Kapazität noch etwa 100€ zahlen musste, so zahlt man heute für 8 GB noch ca. 50€. In zwei Jahren hat sich also die Kapazität verachtfacht und der Preis zudem halbiert.

Macht man diesen Test erneut in 2009, so steht zu erwarten, dass man noch wesentlich mehr Kapazität zum erneut halben Preis erwerben kann. Der Prozess ist autokatalytisch, zur Freude der Verbraucher, die sich nun auf der Kehrseite der Medaille „Geiz ist Geil“ Werbeparolen ausgesetzt sehen.

Die vielzitierte Schere oder „*Digitale Kluft*“⁹⁴⁰ zwischen den entwickelten und weniger

⁹³⁶ <http://laptop.media.mit.edu/>

⁹³⁷ <http://laptop.org/>

⁹³⁸ <http://www.quanta.com.tw/Quanta/english/about/qmap.aspx>

⁹³⁹ <http://web.media.mit.edu/~nicholas/>

⁹⁴⁰ Capurro, Rafael / Hausmanninger, Thomas (Hrsg.) / (2004): „*Vernetzt gespalten - Der*

entwickelten Nationen wird durch Technologie schneller als oft vermutet wieder geschlossen. Bedingt durch den Preisverfall der IuK Produkte, der zunächst in seiner Bedeutung nicht richtig eingeschätzt wurde, ist die „Kluft“ weniger dramatisch ausgefallen als zunächst befürchtet. Die Schließung der „digitalen Kluft“ bezieht sich dabei in erster Linie auf den technischen Aspekt der Konnektivität und erst sekundär auf die Schließung des durch die UN und Kofi Annan mitgeprägten Begriffes des „*content divide*“.

„Vieles im Netz geht an den wirklichen Bedürfnissen der Menschen vorbei. Und 70 Prozent der weltweiten Internetseiten sind auf Englisch und verdrängen die regionalen Stimmen und Sichtweisen“⁹⁴¹

Es wäre natürlich wünschenswert, wenn auch die Entwicklungsländer in Kürze ihre Präsenz im World-Wide-Web verstärken und das Internet bereichern können, doch dazu muss man ihnen logisch notwendig zunächst die technischen Mittel verfügbar machen. Dies geschieht nicht nur uneigennützig durch die Industrienationen, sondern zugleich aus einer Not heraus. Der Binnenkonsum nach IuK ist erschöpft, neue Nachfrage muss generiert werden, dies kann offenbar nur dadurch geschehen, dass man den Boden für die Fähigkeit zu Konsum selbst bereitet. Die Industrienationen müssen gemäß der durchaus kritisierbaren Attitude der freien Marktwirtschaft die Entwicklungsländer „urbar“ machen für IuK Technologie. Dabei wird zugleich mit Technologie auch Bildung geliefert, so die offizielle Botschaft dieses Projektes, dass sich in seinen Fußnoten dann jedoch als eine Form des *Kulturimperialismus*⁹⁴² entpuppt. Die Milliardeninvestitionen in die Erforschung dieser Technologien, amortisieren sich wesentlich effizienter, wenn man die fertigen Produkte weltweit absetzen kann, in Milliarden Stückzahlen, anstatt lediglich im lokalen Bereich bereits übersättigter Märkte. Industrienationen sind volkswirtschaftlich ineffizient, wenn sie nicht die Entwicklungsländer mit ins „Boot der Konsumenten“ einsteigen lassen. Diese ökonomische Notwendigkeit, wird in ihrer positiven Seite des sonst oft stigmatisierten Kapitalismus bislang öffentlich kaum gewürdigt. Technologie *emergiert* als globales

Digital Divide in ethischer Perspektive.“ / Wilhelm Fink Verlag

⁹⁴¹ UN Generalsekretär Kofi Annan anlässlich der Diskussion um die Digitale Kluft auf dem Weltgipfel der Informationsgesellschaft 2003 in Genf – siehe online:

http://www.itu.int/wsis/documents/doc_multi.asp?lang=en&id=116110

⁹⁴² Bielefeldt, Heiner (1997): „*Menschenrechte - universaler Normkonsens oder eurozentrischer Kulturimperialismus?*“ / In: Brocker, Manfred und Heino Heinrich Nau (Hg.): *Ethnozentrismus. Möglichkeiten und Grenzen des interkulturellen Dialogs* Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, S. 256-268.

Phänomen des zumeist kritisch reflektierten Prozesses der Globalisierung⁹⁴³,
Glokalisierung⁹⁴⁴ und den sonstigen Formen des Kulturimperialismus sowie der übrigen
ökonomischen Inter-Penetration der Nationen.

Die originär menschliche Fähigkeit, Technologie dahin zu optimieren *alle manuellen*
Fertigkeiten des Menschen technisch zu automatisieren, könnte durch IuK und KI um die
Fähigkeit erweitert werden, auch *alle geistigen* Fertigkeiten des Menschen technisch zu
automatisieren. Auch wenn kaum jemand dies bislang wünscht oder fördert, die Möglichkeit
besteht prinzipiell, wie oben geschildert. Allein bereits das obige Prinzip der sich stetig
beschleunigenden Komplexität von Systemen, sorgt mit einer an Sicherheit grenzenden
Wahrscheinlichkeit dafür, dass KI Systeme unvermeidlich auch geistige Fähigkeiten
technisch adaptieren werden, die kaum noch von einem Menschen als „rein technische
Adaption“ identifiziert werden können. In diesem Stadium, ist es dann für die Erledigung von
geistiger Arbeit bedeutungslos, ob die KI diese Arbeit mit einem „wirklichen“ Bewusstsein
von ihrer Arbeit erledigt, oder lediglich mit einem „technisch adaptierten Bewusstsein“.
In der Konsequenz wird dennoch ein Großteil der menschlichen Arbeitskräfte in Berufen mit
geistig/manuell anspruchsvollen Tätigkeiten obsolet – einige demnächst „gefährdete“
Arbeitsplätze als Beispiel:

- Wertpapieranalyst⁹⁴⁵
- Technischer Zeichner
- Herzchirurg
- Soldat⁹⁴⁶
- Etc.

Könnte man diese Konsequenz allein noch begrüßen, mit der Haltung, dass der Verlust an
Arbeitsplätzen dadurch abgemildert wird, dass neue Arbeitsplätze in den Sektoren
Dienstleistung, Healthcare, Wellness, etc, entstehen, wo „menschliche Präsenz“ explizit
erwünscht ist, so wird auch diese Haltung fragwürdig angesichts der hier ausführlich
besprochenen Möglichkeiten von KI, auch die originär und genuin menschlichen Fertigkeiten
wie Kreativität und Intelligenz technisch zu simulieren – bzw. in identischer oder besserer
„Qualität“ zur Verfügung zu stellen. All dies wird nur zu diskutieren sein, wenn KI sich

⁹⁴³ Beck, Ulrich (1997): „*Was ist Globalisierung?*“ / Suhrkamp / Frankfurt

⁹⁴⁴ [Henning, Eike \(2000\): „Glokalisierung“ / Suhrkamp / Frankfurt](#)

⁹⁴⁵ <http://de.moneybee.net/>

⁹⁴⁶ vgl. Schilling, William (2002): „*Nontraditional Warfare: Twenty-first-century Threats and Responses*“ / Brassey's

tatsächlich in der hier skizzierten Weise entwickeln wird. Dies bleibt bis zum Eintritt dieses Ereignisses somit alles eine lediglich mögliche Entwicklung. Man kann bei der Argumentation der „Nebensächlichkeit“ solcher möglicher Szenarien stets das „Kind mit dem Bade ausschütten“, wenn man nicht die Plausibilität sehr exakt überprüft. Die Erderwärmung durch den Treibhauseffekt ist solch ein Beispiel, bei dem es lange als „wissenschaftlich“ korrekt konnotiert wurde zu behaupten, es lägen keine „gesicherten Erkenntnisse“ vor, für eine Korrelation von CO₂ Emissionen und globaler Erwärmung. Damit hat man sich die Chance genommen, bereits zu handeln bevor es zu einer weiteren Verschärfung der Situation kommen konnte. Ob sich der Prozess heute noch umkehren lässt, ist mehr als fraglich. Wie wird es sich mit den Folgen von KI verhalten?

Der Mensch enthält nach allem was wir wissen keine „magischen Elemente“, die der Fähigkeit technologischer Adaption prinzipiell verschlossen blieben. Wie also steht es um „Die Zukunft unserer Arbeit“⁹⁴⁷? Wir haben die Ära der mechanischen Webstühle erlebt – die eine Revolution auslösten, die Ära der Industrieroboter – die erneut eine Revolution auslösten und nun wird es abermals eine neue Ära geben. KI hat in Kombination mit Robotik die Ära der humanoiden Roboter eingeläutet, die heute bereits erstaunliches leisten und mit dem zu erwartenden Durchbruch ihrer geistigen Fähigkeiten, nun ein drittes mal eine Revolution⁹⁴⁸ auslösen werden. Es lassen sich kaum Tätigkeiten nennen, die ein solcher dem Menschen physisch und psychisch „sehr ähnlicher“ Roboter nicht erledigen kann. Nehmen wir einmal das Komponieren eines Meisterwerkes sowie das Verfassen von philosophischen Texten, etc. aus der Reihe dieser Tätigkeiten aus, dann bliebe zumindest all das im Raum der Möglichkeiten solcher Roboter, was sich durch manuelle Arbeit und „Berechnungen“ erledigen lässt. Dies ist, wenn wir es genau nehmen, im Feld der meisten Berufe der Löwenanteil der Tätigkeiten.

Arbeit wird insgesamt als Phänomen menschlicher Tätigkeit sehr bald in Frage stehen. Blicke die Frage, wäre es wirklich als Verlust oder als Befreiung zu verstehen? Benötigt der Mensch Arbeit zur Füllung einer „sinnvollen“ Lebenszeit, oder ließe sich dies nicht auch anderweitig – evtl. noch sinnvoller gestalten?

Welche Tätigkeiten bleiben prinzipiell von extrem fortschrittlicher Technologie mit Inklusion von KI als „Konkurrenz“ für bisherige menschliche Tätigkeiten verschont?

Wenn wir Jeremy Rifkin glauben schenken – in langfristiger Perspektive - *nicht eine einzige*.

⁹⁴⁷ Willke, Gerhard (1999): „Die Zukunft unserer Arbeit“ / Campus Verlag

⁹⁴⁸ vgl. Irrgang, Bernhard (2005): „Posthumanes Menschsein?: Künstliche Intelligenz, Cyberspace, Roboter, Cyborgs und Designer-Menschen – Anthropologie des künstlichen Menschen im 21. Jahrhundert“ / Franz Steiner Verlag

Diese Option ist offensichtlich die dramatischste, aber sie hat eine gewisse Plausibilität angesichts der oben diskutierten Verlaufsform der technischen Entwicklung. Es wäre verantwortungslos dieses Szenario als „unwahrscheinlich“ zu den Akten zu legen, und eher angebracht, sich bereits heute ernsthaft Gedanken darüber zu machen, wie die Zeit der Menschen zu gestalten sein könnte, wenn Arbeit von Robotern mit KI im gleichen Umfang ausgeführt werden kann, wie heute von Menschen. Sind Kunst, Wissenschaft und Freizeit in der Lage den Wegfall der Notwendigkeit von Arbeit zu kompensieren – oder wird man dennoch arbeiten „wollen“, auch wenn objektiv keine Notwendigkeit mehr dazu besteht? Diese Fragen stellen sich ganz konkret, nach den hier berechneten Extrapolationen in ca. 10-15 Jahren⁹⁴⁹.

Es ist durchaus wahrscheinlich, dass die Phase in der Menschen *Arbeit* verrichtet haben, in die Geschichte eingeht, genauso wie die Phase in der man mit Fauskeilen Tiere erlegte, oder mittels einer Dampfmaschine einen Webstuhl betrieb. Arbeit ist eine Erfindung des Menschen – mehr als sich zu reproduzieren zu leisten ist nicht überlebensnotwendig - und als solche kann er sie, Kraft seiner geistigen Fähigkeiten durch eine neuerliche Erfindung auch wieder obsolet⁹⁵⁰ werden lassen. Deswegen kann sich der Mensch unbestritten dennoch weiter sinnvoll beschäftigen – Forschung, Kunst, Kindererziehung, etc – was immer man wünscht zu tun, man gewinnt lediglich die Option, alle unerwünschte Tätigkeit an Technologie mit KI zu delegieren⁹⁵¹, ähnlich wie dies in marxistischer Manier bereits Herbert Marcuse in seinen technischen Utopien entwickelt hat. Marcuse jedoch, hat als Folge „eindimensionale“ Stereotype prognostiziert, die eine fortgeschrittene Industriegesellschaft ereilen sollten:

"So entsteht ein Muster *eindimensionalen Denkens und Verhaltens*, worin Ideen, Bestrebungen und Ziele, die ihrem Inhalt nach das bestehende Universum von Sprache und Handeln transzendieren, entweder abgewehrt oder zu Begriffen dieses Universum herabgesetzt werden"⁹⁵²

Bei Gehlen, Freyer und Schelsky erscheint Technik als eine Herrschaft der Sachzwänge und der technischen Logik über die Menschen. Marcuse setzt diesen Ansichten eine Gegenthese entgegen: Die Technik ist Herrschaftsmittel der herrschenden Klasse, sie ist ein Mittel zur Manipulation des Bewußtseins, zur Herstellung falscher Bedürfnisse und der Eindimensionalität des Denkens sowie Handelns. Man muss dazu konstatieren, dass einige

⁹⁴⁹ vgl. Kurzweil, Ray (1999): „*Homo S@piens*“, Kiepenheuer & Witsch, Köln

⁹⁵⁰ vgl. Rifkin, Jeremy (2004): „*Das Ende der Arbeit und ihre Zukunft.: Neue Konzepte für das 21. Jahrhundert*“ / Campus Verlag

⁹⁵¹ vgl. Marcuse, Herbert (1967): „*Der eindimensionale Mensch*“ / Luchterhand

⁹⁵² Marcuse, Herbert (1967): „*Der eindimensionale Mensch*“ / Luchterhand / S. 32

dieser Aspekte durchaus zutreffend waren, aus heutiger Sicht. Aber es ist in der Tat eindimensional, Technik nur als Herrschaftsmittel zu interpretieren. Habermas stellt dem entgegen, dass Gesellschaft nicht nur durch das blinde Wirken von Marktgesetzen und wissenschaftlich-technischen Imperativen zustande kommt, sondern eben auch durch das tendenziell bewusste, an Normen und soziokulturellen Traditionen orientierte kommunikative⁹⁵³ Handeln ihrer Mitglieder. Technik ist in der Folge dieser Dialektik, stets in einem „Spannungsfeld“ angesiedelt, zwischen „Instrument der Herrschaft“ und „evolutionär plastischem Kulturgut“.

Wären die Risiken dieser „Entwicklung“ ein zu hoher Preis, oder könnten wir dies akzeptieren, wenn als Ziele „das Ende der Arbeit“⁹⁵⁴ und eine umweltfreundlichere⁹⁵⁵ Technologie erreicht werden können?

Diese Frage muss jeder für sich selbst beantworten – oder die Industrie wird diese Entscheidung durch ihr Bestreben zu immer neuen Innovationen und Waren für uns „entscheiden“.

Hier kann man nun vortrefflich Baron de Rothschild zitieren – wie zu Eingang dieses Unterpunktes. Jede Transformation birgt Risiken, und viele haben auch Opfer gefordert. Aber für diejenigen, die zur richtigen Zeit am richtigen Ort waren, hat sich jede Transformation – auch die blutigen – wohlstandsförderlich ausgewirkt. KI bietet jedoch - da sie sich als technologisches Phänomen nicht eingrenzen lässt, zum ersten Mal in der Geschichte eine gewaltfreie Chance für jeden einzelnen. Niemand kann ausgeschlossen werden – die einzige Zugangsbarriere ist niedrig. Man benötigt Internetzugang und muss irgendeine beliebige Sprache beherrschen, um eine Suchmaschine (mit KI) zu füttern. In kürzester Zeit wird KI so mit jedem nur erdenklichen Dialekt des Planeten kommunizieren können, und nahezu jede Frage die jemals gestellt wurde oder gestellt werden kann, wird sich in den Datenbanken der KI wieder finden. Denn jede menschliche Sprache beruht auf Vokabeln und grammatikalischen Regeln, die für KI einfach⁹⁵⁶ zu erlernen sind. Dabei bleibt zudem noch Raum, um auch jede Besonderheit der Aussprache so detailliert zu berücksichtigen, wie dies ein menschlicher Kommunikationspartner zu leisten vermag, denn KI kann auf theoretisch

⁹⁵³ vgl. Habermas, Jürgen (1988): „*Theorie des kommunikativen Handelns*“ / 2 Bände / Frankfurt am Main

⁹⁵⁴ Rifkin, Jeremy (2004): „Das Ende der Arbeit und ihre Zukunft.: Neue Konzepte für das 21. Jahrhundert“ / Campus Verlag

⁹⁵⁵ vgl. Aichholzer, Georg / Schienstock, Gerd (1994): „*Technology Policy: Towards an Integration of Social and Ecological Concerns*“ / Walter de Gruyter

⁹⁵⁶ vgl. Pulvermüller, Friedemann (2002): „*The Neuroscience of Language: On Brain Circuits of Words and Serial Order*“ / Cambridge University Press

unbegrenzten extrem preisgünstigen Speicherplatz zugreifen. Es wird sogar möglich, jedes jemals mit einer KI geführte Gespräch aller ihrer Kommunikationspartner aufzuzeichnen. Microsoft hat bereits begonnen, eine Speicherstruktur für ein solches Projekt zu entwickeln. Es soll möglich sein, das „ganze Leben“ einer jeden Person digital⁹⁵⁷ komplett zu archivieren. Über Sinn und Unsinn solcher Datenmengen lässt sich streiten, jedoch steht fest, dass dies rein von der Kapazität der Datenträger, heute schon mit etwas Geld möglich wäre, und in kurzer Zeit sehr billig für jedermann der gewillt ist möglich sein wird. KI wird, wenn nur wenige tausend Menschen sich für ein solches Projekt begeistern, den Menschen in all seinen „Facetten“ besser studieren können, als es uns mit irgendeiner natürlichen Spezies zuvor gelungen ist. Das erst ist die Vision des „gläsernen Menschen“ zu Ende gedacht. KI wird den Menschen im „Zoo“ wie auf dem „Seziertisch“ zugleich vorfinden. War es das was Sloterdijk eigentlich mit der Rede von dem „Menschenpark“⁹⁵⁸ im Sinn hatte, es sich nur nicht traute zu explizieren?

KI wird aller Wahrscheinlichkeit nach in dem Wissen der Menschheit wie in der Psyche der Individuen „lesen“, wie in einer überdimensionalen Bibliothek. Die legendäre Bibliothek von Alexandria gliche gegenüber einer so konzipierten „omniscienten“ KI wie ein Tropfen Wasser dem Ozean. Welche Risiken sind vertretbar, bei bekannten Chancen? Soll KI Zugriff haben „dürfen“, zu all diesen Informationen?

Wer soll oder kann dies entscheiden? Das Individuum, die Industrie oder die Politik?

Es ist davon auszugehen, dass das Ende der Arbeit eine Frage von wenigen Dekaden ist – es besteht also heute akuter politischer Handlungsbedarf.

Welche Rolle kann und soll KI in diesem Prozeß spielen? Diese Frage wird besser zu formulieren sein, wenn wir uns näher mit der Rolle von „Wissen“ in einer Gesellschaft die KI besitzen wird, beschäftigen.

⁹⁵⁷ <http://research.microsoft.com/barc/mediapresence/MyLifeBits.aspx>

⁹⁵⁸ vgl. Sloterdijk, Peter (1999): „Regeln für den Menschenpark“ / Suhrkamp

4.2 Wissenschaft und Gesellschaft

4.2.1 Systemtheoretische Überlegungen

“Draw a distinction, and you create a universe.”⁹⁵⁹

George Spencer Brown

Wir werden uns im Laufe dieses Kapitels noch ausgiebig mit der Thematik des Verhältnisses von Informationstechnologie, KI, Arbeitsplätzen und politischen Einflüssen auf die Wissensgesellschaft auseinandersetzen. Hier sollen zunächst einmal einige systemtheoretische Vorarbeiten geleistet werden, um die prinzipielle Kommensurabilität der beiden Domänen Politik und Technologie zu visualisieren.

Es ist Thema und These dieser Arbeit, das Verhältnis von KI und Gesellschaft in seiner Veränderlichkeit durch Fortschritt der Technologie zu erarbeiten. Von der Gesellschaft liefern uns die Sozialwissenschaften heute bereits ein sehr detailliertes Bild, das wir in der „glücklichen Position der geistigen Erben“ unserer Vordenker, bereits minutiös vorpräpariert zur freien Verwendung vorfinden. Ein sehr großer Teil dieses Wissens, ist zudem bereits in den internationalen Online-Datenbanken digital verfügbar. Die Tendenz geht zur vollkommenen digitalen Erfassung und Speicherung, allen jemals produzierten Wissens, mit stetig steigender Geschwindigkeit des Prozesses dieser Erfassung.

Der ersten technisch möglichen sog. Turing Passing KI (TPKI), wird sich das „Geistige Erbe“ der Menschheit zu ihrer „Lektüre“ somit leicht verfügbar offenbaren. Diese TPKI kann das so rezipierte Wissen möglicherweise über die reine Rezeption hinaus, zu einem „Bewusstsein“ über das Wissen um ihr eigenes Wissen entwickeln, zumindest wenn die hier entwickelten Prognosen stichhaltig sind. So kann diese TPKI mit maschineller Geschwindigkeit sich erarbeiten, wozu Menschen Generationen und Jahrtausende benötigen haben. Was wird eine KI zum *Menschheitswissen* bemerken, quasi als „Kommentar“, nachdem sie dies Wissen rezipiert hat – und sich dessen evtl. technisch simuliert „bewusst“ wird - *dass* sie es rezipiert hat?

„Mir scheint, die menschliche Natur ist von einer mir noch verschlossenen Komplexität gekennzeichnet“ ? – oder evtl. – „Bitte verschonen Sie mich vor derart redundanter Information!“

Noch müssen wir uns in Geduld üben. Die KI wird aber in jedem Falle, einen Überblick von so umfassender Reichhaltigkeit der Information erhalten, wie es *alle* bis dahin digital vorliegende Information gestattet. Und diese Menge an Information ist kaum anders zu beschreiben, als mit *unvorstellbarer* Größe. Um wenigstens einen Ansatz zu haben, wie viel Information das sein kann, hat die Universität in Berkely 2003 eine Erhebung der weltweit produzierten Datenmenge

⁹⁵⁹ Spencer Brown, George (1997): „*Laws of Form*“ / Suhrkamp

in allen relevanten digitalen Medien durchgeführt:

Table 1.2: Worldwide production of original information, if stored digitally, in terabytes circa 2002. Upper estimates assume information is digitally scanned, lower estimates assume digital content has been compressed.

| Storage Medium | 2002 Terabytes Upper Estimate | 2002 Terabytes Lower Estimate | 1999-2000 Upper Estimate | 1999-2000 Lower Estimate | % Change Upper Estimates |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Paper | 1,634 | 327 | 1,200 | 240 | 36% |
| Film | 420,254 | 76,69 | 431,690 | 58,209 | -3% |
| Magnetic | 4,999,230 | 3,416,230 | 2,779,760 | 2,073,760 | 80% |
| Optical | 103 | 51 | 81 | 29 | 28% |
| TOTAL: | 5,421,221 | 3,416,281 | 3,212,731 | 2,132,238 | 69% |

Source: How much information 2003

960

Das Ergebnis waren 5 Exabyte Information, was 5000 Petabyte oder 5 Mio Terabyte oder 5 Mrd Gigabyte entspricht, wovon allein 4.999 Terabyte als sehr leicht digital verfügbare Festplatten vorliegen und das restliche Exabyte sich auf Film, Dokumente und sonstige Speichermedien verteilt. Wieviel Information sind 5 Exabyte?

Zum Vergleich ist dies etwa die Datenmenge, die alle Worte aller Menschen aller Zeiten ausmachen, die jemals gesprochen wurden, so versucht es die Berkely Studie zu visualisieren. Oder man nimmt das gesamte Internet zum Vergleich, mit grob 500.000 Terabyte Information im Jahr 2003, was man 10.000 Mal in diese besagten 5 Exabyte hineinpacken könnte.

Als letzter Vergleich sei erwähnt, dass die viel zitierte „Library of Congress“, mit ihren 20 Mio Büchern, lediglich etwa 20 Terabyte an Datenvolumen besitzt, wenn man sie auf Festplatte abspeichern würde, was partiell schon geschehen ist. Diese gesamte beeindruckende Bibliothek passt in den Datenpool des Internet 2003 komfortabel 25 Mal hinein, und in die 5 Exabyte totaler Daten 2003 sogar 250.000 Mal.

Eine KI wird soviel, wie 2003 an Informationen produziert wurden, oder soviel Information wie alle Menschen jemals gesprochen haben, sicherlich nicht annähernd an Daten benötigen, um den Menschen *sehr gut* zu „kennen“, da diese Daten hochgradig redundant oder auch zu großen Teilen irrelevant sind, jedoch wäre es ihr technisch ohne weiteres möglich, all diese Information in kürzester Zeit zu rezipieren, denn eine Festplatte wird eben mit einem Laser abgetastet, während sich die magnetooptische Harddisk mit ca. 10.000 Umdrehungen pro Minute unter dem Laser hindurch bewegt...

KI wird also mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit in ihrer Realisation keinerlei Problem in dem Aspekt darstellen, sie mit ausreichend „Lehrmaterial“ zu versorgen.

Sie erhält sogar Einblick in die „Vererbungslinie“ unserer gesamten kulturellen Evolution, aller unserer Bücher, Dokumente, Filme, Bilder, Programme, Emails, etc. Es ist gut denkbar, dass sich eine Vielzahl von Forschern, sehr für die so gewonnenen „Ansichten“ der künftigen noch

⁹⁶⁰ <http://www2.sims.berkeley.edu/research/projects/how-much-info-2003/internet.htm>

hypothetischen KI interessieren dürften, denn die "Sicht" der KI auf die Menschheit, sowie ihr Wissen, wird so zum ersten Male von einem Standpunkt "außerhalb" der menschlichen Gesellschaft erfolgen.

Dies ist systemtheoretisch besonders interessant, denn nach Luhmann existiert keine Kommunikation außerhalb von Gesellschaft⁹⁶¹, Gesellschaft nimmt durch Kommunikation auf sich selbst Bezug; systemtheoretisch lässt sich dies beschreiben, als eine selbstreferentielle Schleife, vermittels derer Gesellschaft sich in bewußtseinsphilosophischer Hinsicht selbst reflektiert. Vereinfachend ausgedrückt: Gesellschaft beobachtet und beschreibt sich durch ihre Kommunikation selbst. Ein besonderes Kennzeichen dieser Selbstbeobachtung ist jedoch, dass dazu keine Außenperspektive möglich ist, daher ist gesellschaftliche Selbstreflexion immer eine Introspektion. Eine KI allerdings eröffnet uns erstmalig eine mögliche „Außenperspektive“ auf unsere Gesellschaft. Wir wollen dies ausführlicher betrachten:

Zeichnen wir eine stilisierte geistige Vererbungslinie anhand weniger markanter Punkte der politischen Evolution des Abendlandes einmal nach – wie sie sich einer KI darböte: Platon schrieb ca. 370 v.Chr. die „*Politeia*“⁹⁶², und begründete mit dieser Schrift um Gerechtigkeit und Arbeitsteilung im Staat, wohl eines der wichtigsten Werke der Politik und der Philosophie. Man darf davon ausgehen, dass alle bedeutenden Schreiber nach ihm, ihn wenigstens gelesen haben, wenn nicht seine Ideen sogar weitgehend übernommen oder als Grundlage für ihre Weiterentwicklungen verwendet haben.

Hobbes hat mit dem „*Leviathan*“⁹⁶³ 1651 einen weiteren solchen Grundpfeiler geliefert, indem er über den Begriff des „*Naturzustandes*“ des Menschen, dessen Verhältnis zu Materie, Geist und Gesellschaft reflektierte. Ihm ging es erneut um die gerechte Konzeption des Staates und als Novität, um den Zusammenhang zwischen dem Souverän und dem Kollektiv des Plebs, als einer organischen Einheit, in dem metaphorischen „*Wesen*“ des Leviathan.

Rousseau griff identische und ähnliche Begriffe selbst erneut 1762 auf, in seinem „*Contrat social*“⁹⁶⁴, und gilt als einer der wichtigsten geistigen Wegbereiter der *französischen Revolution* von 1789 bis 1799 – die heute als Zäsur zwischen früher Neuzeit und Moderne angesehen wird.

⁹⁶¹ vgl. Luhmann, Niklas (1998): „*Die Gesellschaft der Gesellschaft*“ / Suhrkamp

⁹⁶² Starks, Rudolf (1969): „*POLITEIA und Res PUBLICA; Beiträge zum Verständnis von Politik, Recht und Staat in der Antike*“ / F. Steiner Verlag - siehe auch online: <http://de.wikipedia.org/wiki/Politeia>

⁹⁶³ Hobbes, Thomas (1651): „*Leviathan, or The Matter, Forme, & Power of a Commonwealth*“ / London: A. Crooke

⁹⁶⁴ Rousseau, Jean-Jacques. (2005): „*Der Gesellschaftsvertrag oder die Grundsätze des Staatsrechtes*“ / Frankfurt am Main /Fischer-Taschenbuch-Verl./ Limitierte Sonderausg.

Charles Darwin griff erneut das Verhältnis von Mensch und Natur 1859 auf, und initiierte mit seiner Schrift „*On the Origin of Species*“⁹⁶⁵, eine sowohl naturwissenschaftlich als auch sozialwissenschaftliche Debatte. Bis heute wird z.B. in Amerika heiß debattiert, ob nun Darwin recht hatte, mit seiner Idee der Evolution durch Mutation und Selektion, oder ob diese Idee abgelöst werden könnte durch das weniger wissenschaftliche derzeit vorwiegend kritisch reflektierte Konzept des „*Intelligent Design*“⁹⁶⁶. Hier wird einem „Prinzip der kosmischen Intelligenz“ die Rolle der Initiierung der Transformation zugeschrieben, was Kritiker als religiös inspiriert und somit als a priori unwissenschaftlich ablehnen.

Ein denkbare Experiment, zur näheren Klärung der bislang kritischen Frage nach der sog. „Selbstorganisationskraft“, die wir mehrfach besprochen haben, würde auch diese Streitfrage sicherlich konstruktiv unterstützen bzw. evtl. klären. Das Experiment könnte die Abhängigkeit von genetischer Mutation und Quantengravitation durch geeignete Messreihen überprüfen. Die Ergebnisse dieses aktuell technisch noch nicht hinreichend exakt durchführbaren Experimentes, sollten wenn sie vorliegen in der Lage sein, die Theorie der zufälligen Mutationen bedingt durch kosmische Strahlung, bedeutend zu ergänzen, bzw. abzulösen. Damit könnte auch das Lager der „*Intelligent Design*“ Verfechter auf den einzig wissenschaftlich veritablen Kurs von Theorie und Experiment zurück gebracht werden. Kehren wir zurück zur Betrachtung der temporalen Sukzession der Theorien der Evolution von Wissen.

Marx schuf 1867 durch sein „*Kapital*“⁹⁶⁷ die Grundlage für den reflektierten kritischen Umgang mit ökonomischen Prozessen. Der tendentielle Fall der „*Profitrate*“ sorgt für die stets wiederkehrenden Krisen des Kapitalismus, der in den Fängen seiner systeminhärenten Widersprüche notwendigerweise seine „*eigenen Totengräber*“ produziere. Marx darf trotz dieser unzureichenden Theorie als einer der bedeutendsten Theoretiker der Grundsätze der Ökonomie sowie auch der sozialen Implikationen des Kapitalismus verstanden werden.

Max Weber schrieb 1904/05 mit der „*Protestantischen Ethik*“⁹⁶⁸ die bekannteste Gegenposition zur Marx'schen Kapitalismustheorie. Er begründet die Ursachen des Kapitalismus religionssoziologisch, Protestanten haben eine eher technische und Katholiken

⁹⁶⁵ Darwin, Charles (2003): „*On the Origin of Species*“ / Faksimile der Erstaussgabe / Harvard Univ. Press, 2003

⁹⁶⁶ vgl. Daecke, S.M. (2001): „*Schöpfung als Interpretation von Evolution*“ / In: Weingartner, P. (Hrsg.): „*Evolution als Schöpfung?*“ / Ein Streitgespräch zwischen Philosophen, Theologen und Naturwissenschaftlern / Kohlhammer / Stuttgart / S. 73-96

⁹⁶⁷ Marx, Karl (1867): „*Das Kapital*“ / Erster Band / MEW 23

⁹⁶⁸ Kaesler, Dirk (2003): „*Max Weber. Eine Einführung in Leben, Werk und Wirkung*“ / 3. Aufl. Frankfurt am Main / New York / S. 99-124

eine eher humanistische Schulbildung genossen, zudem folgert er komplexe Bezüge aus der Calvinistischen Tradition sowie Luthers Reformation, die als ethisches Fundament für spätere ökonomische Entwicklungen herangezogen werden. Offen bleibt final bei Weber, ob die prima causa für den soziologischen Transformationsprozess vom Naturzustand zum Kapitalismus, nun rein religiös determiniert war, oder ob es nicht wenigstens technisch bedingte Induktionen in diesem Prozess gab. Es ließe sich diplomatisch festhalten, dass man gute Belege für beide Causa bei Weber finden kann, man denke etwa an die bekannte Passage zu dem „*stahlharten Gehäuse*“. Diese vorwiegend auf die Umstände der Bürokratie zielende Kritik, impliziert jedoch zumindest einen Prozess der wechselseitigen Durchdringung von sozialen und technischen Phänomenen.

Im gerade abgeschlossenen Jahrhundert, verästelte sich diese Debatte des Verhältnis von Mensch und Natur, nun zu einer solchen Vielzahl von Denkschulen, Strömungen der akademischen lokalen Präferenzen und alternierenden Weltanschauungen, dass man beinahe zwingend Unfrieden stiftet, wollte man weitere eindeutige „Meilensteine“ der Debatte Mensch und Natur herausgreifen. Vielmehr haben „Schulen“ und „Strömungen“ ein „Netzwerk“ der Wurzeln der Wissensgesellschaft etabliert.

Wagt man es dennoch einige Namen und Meilensteine zu nennen, dann muss man etwa auf die „*Frankfurter Schule*“, die 1923 aus dem Institut für Sozialforschung (IfS) der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main hervorging, und durch Horkheimer und Adorno die bedeutende Essay Sammlung „*Dialektik der Aufklärung*“⁹⁶⁹ 1947 publizierte, zu sprechen kommen. Die aus dieser Schule durch die nachfolgende Begründung der „*Kritischen Theorie*“⁹⁷⁰ entstandene „Strömung“ lieferte einen Meilenstein der kritischen Reflexion des Kapitalismus und der modernen Gesellschaftsstruktur, der bis in die USA⁹⁷¹ reichte. Oder man nennt den Anthropologen Arnold Gehlen⁹⁷², der sich bereits 1955 intensiv mit dem Prozeß des „*lebenslangen Lernens*“ auseinander gesetzt hat - oder Foucault, der 1966 mit seiner „*Ordnung der Dinge*“⁹⁷³ und 1969 mit der „*Archäologie des Wissens*“⁹⁷⁴,

⁹⁶⁹ Horkheimer, M. und Adorno, T.W. (1947): „*Dialektik der Aufklärung*“/Frankfurt a. M.

⁹⁷⁰ Dubiel, Helmut (2001): „*Kritische Theorie der Gesellschaft. Eine einführende Rekonstruktion von den Anfängen im Horkheimer-Kreis bis Habermas*“ / Juventa, Weinheim und München

⁹⁷¹ vgl. Bauman, Richard W. (2002): „*Ideology and community in the first wave of critical legal studies*“ / Toronto / University of Toronto Press

⁹⁷² Gehlen, A. (1955): „*Der Mensch. Seine Natur und seine Stellung in der Welt*“/ Bonn

⁹⁷³ Foucault, Michel (1966): „*Die Ordnung der Dinge. Eine Archäologie der Humanwissenschaften (Les mots et les choses)*“/ Aus dem Franz. von Ulrich Köppen / FFM

⁹⁷⁴ Foucault, Michel (1969): „*Archäologie des Wissens (L'archéologie du savoir)*“, Aus dem Französischen von Ulrich Köppen / Suhrkamp / Frankfurt am Main

sicherlich auf seine höchst eigene Weise, geradezu „Wende- und Brennpunkte“ der Geschichte der Geisteswissenschaften sichtbar gemacht hat. Es wird so zunehmend klar, dass bei dem „Projekt der menschlichen Selbstfindung“ – wir wir es im Fazit des ersten Kapitels nannten – die Autoren letztlich hinter ihren Werken zurücktreten müssen. Die Sammlung von Wissen selbst, wird zur ersten Priorität des „*Foucaultschen Archivs*“ aller möglichen „*Diskurse*“, und final werden die Menschen hinter den Worten sekundär. Folgen wir dem frühen Foucault, dann ist der Tod des Subjekts und des Menschen selbst bereits eingeläutet – was bleibt ist die unermüdliche Reproduktion, Transformation und Generierung von Wissen selbst.

Ist evt. die „digitale (5 Exabyte?) Bibliothek der Menschheit“, die wir oben als technisch machbare Idee skizziert haben, und die bereits heute von Unternehmen wie Microsoft und Google begonnen wurde, ein „Pendant“ zu dem „Archiv“, von dem Foucault sprach? Wird eine KI die über einer X Exabyte Bibliothek „thront“, Foucaults Idee gerecht? Wird ein Archiv allen menschlichen Wissens, aller Diskurse und aller verfügbaren Informationen entstehen, gebildet aus den „Mitschriften“ der digital übermittelten Informationen von Milliarden Partizipanten? Diese Möglichkeit besteht sehr realistisch, und Projekte wie „*MyLifeBits Project*“⁹⁷⁵ von Microsoft und „*Google Books*“⁹⁷⁶, arbeiten bereits mit Hochdruck an den gegenwärtig technischen Adaptionen dieser Idee.

Was geschieht mit Wissen, dadurch dass es *gewusst* wird, und nicht lediglich verstaubt? Es wird vor allem *durch seine Rezeption reflektiert*, dies dürfte sich nach allen Argumenten dieser Arbeit für eine TPKI sehr ähnlich verhalten, wie für einen Menschen auch. *Wissen wird reflexiv* – es verselbständigt sich – es wird „entkoppelt“ von singulären Akteuren der Kulturgeschichte, es wird auch entkoppelt von der Verfügbarkeit allein für Kohlenstoff basierte Rezipienten. Wissen wird durch seinen Gebrauch nicht nur reflektiert, sondern systeminhärent auch zugleich vermehrt und neuerdings dies sogar ohne die zwingende Notwendigkeit der Partizipation von Menschen an diesem Prozess. Dieser „Tenor“ ließe sich als ein Merkmal der „Evolution von Wissen“ definieren. Würde eine KI dies als *wesentlich* herausstellen? – oder würde sie es vielmehr als selbsterständliche Systemeigenschaft ansehen?

Halten wir also fest: Wissen wurde historisch aggregiert, es wurde auch partiell wieder vernichtet und hat wie Kuhn es verdeutlicht, den Charakter von periodischen „Erneuerungsphasen“. Wissen ist *veränderlich* – in seinen Inhalten wie in den Strukturen

⁹⁷⁵ <http://research.microsoft.com/barc/mediapresence/MyLifeBits.aspx>

⁹⁷⁶ <http://books.google.de/>

dessen wie es erzeugt und rezipiert wird. Wie kann man die Reflexivität von Wissen zu „fassen“ bekommen, an ihren notwendigen Parametern, damit man ihre Systemeigenschaften in einen „Algorithmus“ fassen kann?

Giddens hat uns den Begriff des „*disembedding*“⁹⁷⁷ gegeben, der uns lehrt, dass alle symbolisch generalisierten Kommunikationsmittel, wie Wissen, Sprache, Macht und Geld allesamt in der Lage sind reflexiv auf sich selbst zurück zu wirken. Was Wissen also *veränderlich* macht, dass sind seine Träger und Erzeuger genauso sehr, wie die Medien die dieses Wissen tragen. Die Medien selbst, haben durch ihre bisherige Funktion im Prozess der Generierung von Wissen, eine vorwiegend passive Rolle gespielt, wenn es sich um Schrift, Bild, Ton oder sonstige physisch aufgezeichnete Information handelte. Heute werden die Medien jedoch selbst *aktiv*, interaktiv und durch KI möglicherweise auch reflexiv. Das kulturelle Erbe der geistigen Väter hat eine neue „Metamorphose“ erfahren, es wirkt heute iterativ technisch auf sich selbst zurück. Moderne Informationstechnologie erlaubt es den zuvor passiven Medien, sich quasi wie ein Leviathan auf seinen „Körper zurückzubeugen“. Wenn KI den zuvor passiven riesigen digitalen Archiven des Planeten, nur zunächst technische „Augen und Ohren“ verleiht, um sich selbst zu „erblicken“, dann ist hinsichtlich der möglichen technischen Simulation von Reflexivität, sicherlich ein erster bedeutender Schritt erfolgt.

Mittels der neuen technischen Medien, ist Wissen sowie das Wissen über das kulturelle Wissen zu einem autopoietischen System⁹⁷⁸ avanciert. Politik z.B. reagiert heute, als eine Folge dieser autopoietischen Wende⁹⁷⁹ vorwiegend auf ihre *eigene mediale Inszenierung*, wie Luhmann⁹⁸⁰ oder Postman⁹⁸¹ sehr kritisch und eindrücklich dargelegt haben.

Ob diese „Metamorphose“ nun ein „Leviathan“ tätigt, der „Diskurs“ selbst, der „Weltgeist“, die konventionellen Massenmedien oder eine zukünftige KI, mit einem astronomischen digitalen „foucaultschen Archiv“ als „Gehirn“, dies bleibt vorerst offen.

Was kann man philosophisch zu solchen „Aussichten“ bemerken?

⁹⁷⁷ Giddens, A. (1995): „*Konsequenzen der Moderne.*“ / Suhrkamp / Frankfurt

⁹⁷⁸ vgl. Marcinkowski, F. (1993): „*Publizistik als autopoietisches System.*“ / Westdeutscher Verlag / Opladen

⁹⁷⁹ vgl. Krüger, Hans-Peter (1990): „*Luhmanns autopoietische Wende. Eine kommunikationsorientierte Grenzbestimmung*“ / In: Niedersen, Uwe [Hrsg.] *Selbstorganisation / Jahrbuch für Komplexität in den Natur, Sozial- und Geisteswissenschaften* / Duncker & Humblot Verlag

⁹⁸⁰ Luhmann, N. (1995): „*Die Realität der Massenmedien.*“ / In: Nordrhein-Westfälische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.), *Vorträge*, (S.1-73) / Westdeutscher Verlag / Opladen

⁹⁸¹ Postman, N. (1992): „*Wir amüsieren uns zu Tode. Urteilsbildung im Zeitalter der Unterhaltungsindustrie.*“ / Frankfurt a. M.

Nietzsche würde den Tod des Menschen durch die Unterhaltungsmedien a la Postman noch überbieten, durch den Tod Gottes, offeriert uns jedoch schon 1883 den „Übermenschen“, der ebenfalls als ein Sinnbild der Transformation verstanden werden kann. Der frühere „*hyperanthropos*“ und „*homme supérieur*“ wird bei Nietzsche als „Idealmensch“ und „Übermensch“ zum Überwinder seiner Selbst, sowie zum Überwinder des Nihilismus. Der Übermensch ist das Sinnbild der Positivität der Schöpfung, die sich trotz „ewiger Wiederkehr“ niemals müde wird, stets erneut zu transformieren. Nietzsche findet den Ausweg aus dem inhärenten Dilemma des infiniten Regresses durch den Übermenschen. Er bildet das Tor zum „Aufstieg“, um den Kreislauf der Transformation selbst zu überwinden – die Metapher für diese „Selbstüberwindung“ ist in der Nietzsche Interpretation die Figur des „Kyklos“⁹⁸².

Der Kreis der zur Sphäre evolviert – wie der Mensch zum Übermenschen. Interessanterweise hat bereits Platon in seiner „*Politeia*“⁹⁸³ den „Kyklos“ benutzt, als Beschreibung der natürlichen Abfolge und Transformation von Staatsformen, die qua Natur als gegeben vorliegen – womit der Kreis der Betrachtung von Natur, Mensch und Kultur sich schließt. Was wir in dieser Weise der Betrachtung also finden, ist Wissen, dass immer wieder selbst auf sich zurück wirkt, dass sich selbst in diesem Prozeß der Rekursion transformiert und dann erneut in gewandelter evoluiertes Form auf sich selbst zurück wirkt.

Spencer Brown hat diesen Prozeß beschrieben als den sog. „*re-entry*“ der Form in die Form. In dieser Weise ist Wissen zugleich seine eigene Voraussetzung wie seine eigene Folge. Luhmann konstatiert der Zeit sogar selbst eine derartige systemische Rückkopplung, und bringt in finaler Quintessenz jegliche menschliche *Entscheidung* überhaupt in die Position der mit sich selbst, über zeitliche Rückkopplungsmechanismen erzeugten Selbstreferenz:

„Der Unterschied von Vergangenheit und Zukunft kommt im Fluß der Zeit, also in sich selbst nochmals vor. Die Entscheidung findet also nicht nur *in* der Zeit statt. Sie erzeugt sich selbst *mit Hilfe der Zeit*, nämlich durch jenes re-entry der Zeitdifferenz in die Zeitdifferenz.“⁹⁸⁴

Damit schließt Luhmann, in der bemerkenswerten Folgerung über Politik, dass alles was getan werden kann, stets nur die Bedingungen der eigenen Ursachen entscheidet. In der Betrachtung der Wissensgesellschaft, wie sie sich in ihrer Historie für eine KI darbietet, wird

⁹⁸² <http://de.wikipedia.org/wiki/Kyklos>

⁹⁸³ Vretska, Karl (2000): „*Platon: Der Staat, übersetzt und herausgegeben von Vretska, Karl*“ / Stuttgart 2000

⁹⁸⁴ Luhmann, Niklas (2000): „*Die Politik der Gesellschaft*“ / Suhrkamp / Frankfurt S. 150 (Hervorhebungen im Original)

damit fraglich, ob die heute noch „zukünftige“ KI, aufgrund der Selbstreferentialität der Zeit nun die Folge, oder vielmehr die Ursache der permanenten Generierung von Entscheidungen ist, die uns als Menschen offenbar systemisch unentrinnbar bedingen in unserer Konstitution, als „willensfrei“ agierende Entitäten. Formulieren wir also die Frage neu:

Antezipiert die Wissensgesellschaft die Autopoiesis von Wissen? – oder erzeugt die Autopoiesis von Wissen lediglich vermittelt des Menschen ihre eigene Reproduktion? – Wäre es möglich, dass KI in diesem Kontext sowohl Folge als auch Bedingung von Natürlicher Intelligenz ist? Diese Möglichkeit entbehrt nicht einer gewissen Faszination.

Betrachten wir diese Reihe der „Ahnen“, der geistig kulturellen Genese der westlichen postindustriellen Gesellschaft, so fällt ins Auge, dass als zentrales Thema das Verhältnis des *Menschen zur Natur*, über ca. Zweitausend Jahre von Platon bis Foucault erhalten geblieben ist. Die stete Transformation *per se*, war dabei der rote Faden wie das Thema dieses Prozesses zugleich. Was sich aber auf einer Metaebene ebenso transformiert hat, waren die Medien des Prozesses der Vermittlung des Wissens um diesen Prozess der geistig kulturellen Evolution. Evolution hat sich „erhoben“ über eine Funktion der Natur, die lediglich gebunden an „Substrate“ ihren Vollzug prozessieren kann – Evolution wirkt inzwischen auf systemisch komplexeren Ebenen, der Produkte ihrer eigenen Evolution der Substrate fort.

Diese Fähigkeit der Evolution, auf eine systemisch „höhere“ weil komplexere Ebene ihrer eigenen Funktion „überzuspringen“, ist die Erklärung der These, wie Evolution von Technik lediglich Evolution mit anderen Mitteln darstellen kann. Es ist daher plausibel, auch der „*Metasystemfunktion*“ Evolution – wie wir ihre Funktion hier durch einen neuen Terminus indizieren wollen – die Potenz zur Reflexivität zuzuerkennen.

Seit McLuhan⁹⁸⁵ wissen wir, dass nicht nur die Inhalte die Botschaft darstellen, sondern ganz wesentlich das Medium selbst die Information mitbestimmt. Ebenso gilt es zu beachten, dass Information noch lange kein Wissen darstellt, ohne den Kontext der Anwendung der Information. Letzlich ist auch Wissen allein noch kein Wert an sich, ohne die Einbettung dieses Wissens in Natur und Kultur. Der kulturelle Wert der Wissenschaft selbst, wird mit dieser neuesten Iteration des ewigen Transformationsprozesses auf den Prüfstand gehoben. Drohen die Grundkonzepte der Wissenschaft nun durch die Transformation des Wissens und der Gesellschaft durch Medien und Technologie verloren zu gehen?

Ist „Wissen“ in der modernen IuK „Wissensgesellschaft“ zu „plastisch“ geworden?

⁹⁸⁵ McLuhan, H. M. (1968): „*Die magischen Kanäle. Understanding media.*“ / Düsseldorf

Muss man kritisch intervenieren, und ähnlich einem „Verein zur Verzögerung der Zeit“⁹⁸⁶ einen „Verein zur Verzögerung der Transformation von Wissen“ gründen?

Es steht uns frei den heutigen Einfluss der Medien auf die Kultur, die Erziehung, die Politik und die Moral der Gesellschaft zu kritisieren – auch den Wunsch zu hegen, diesen Einfluß abzdämmen oder gar einzustellen. Wir werden diese Haltung der Demission jedoch aufgrund der oben dargelegten Argumente als extrem *unrealistisch* einstufen.

Es wird uns sogar im Zuge der Betrachtung gelingen, an diesem augenscheinlich primär kulturell gefährdenden Potential, der transformativen Wirkung von Medien und Technologie auf Gesellschaft und Bildung, eine unabwendbar positive Quintessenz aufzudecken. Die Damokles Schwert Metaphoriken⁹⁸⁷, des „Information-Overflow“, der „Reizüberflutung“, der „gesättigten Märkte“, der „Bildungsmisere“ und der „Politikverdrossenheit“, die von den Medien unermüdlich zur Stabilisierung ihrer Quoten instrumentalisiert werden - tragen primär allesamt dazu bei, ein überproportionales Gewicht der Aufmerksamkeit der Rezipienten, auf eine Negativität und auf defizitäre Umstände eines vermeintlich unabänderlich hoch komplexen Netzwerkes, von interagierenden Systemen der Gesellschaft zu richten. Beinahe bleibt „*nichts mehr zu tun*“, als dies zu bemerken und zum nächsten Tagesordnungspunkt überzugehen.

Ist dies der „Tod des Subjekts“ Foucaults? – ist dies der „Totengräber“, den Marx den Kapitalismus sich selbst erzeugen sah? – ist dies die bedrohliche „Eindimensionalität fortschrittlicher Industriegesellschaften“⁹⁸⁸ Marcuses - oder ist dies der Klimax eines Transformationsprozesses, den man erst aus dem Abstand eines künftigen Geschichtsschreibers wird als solchen beschreiben können? Markieren diese *Extreme* unserer von Medien übersättigten Gesellschaft, nur einen Punkt auf einer noch weiter ins Extrem skalierenden linear progressiven Entwicklung? Oder markieren wir eher medial und in Bezug auf die Evolution dieser Medialität einen „*Wendepunkt*“, der sich in der mathematischen Kurvendiskussion bekanntlich immer durch seine „Extrempunkte“ verrät?

Christian Wulf, Ministerpräsident von Niedersachsen seit 2003 erklärte am 17.09.2006 in der ARD Polit- Talkshow „Sabine Christiansen“ freimütig:

„Wir leben heute in einer Talkshowdemokratie.“

⁹⁸⁶ http://www.zeitverein.de/framesets/fs_zeitverein.html

⁹⁸⁷ vgl. Ricoeur, Paul (1975): „*The Rule of Metaphor. Multi-disciplinary Studies of the Creation of Meaning in Language*“ / Toronto 1977

⁹⁸⁸ vgl. Marcuse, Herbert (1967): „*Der eindimensionale Mensch*“ / Soziologische Texte / Band 40. Hrsg. von Heinz Maus und Friedrich Fürstenberg / Neuwied / Berlin

Luhmann verweist jedoch darauf, dass Gesellschaft sich über Kommunikation reproduziert, und diese notwendigerweise zu ihrem Selbsterhalt benötigt, dem sonst Zerfall droht:

"Dies soziale System gründet sich mithin auf Instabilität. Es realisiert sich deshalb zwangsläufig als autopoietisches System. Es arbeitet mit einer zirkulär geschlossenen Grundstruktur, die von Moment zu Moment zerfällt, wenn dem nicht entgegengewirkt wird."⁹⁸⁹

Gemeinhin unterliegen Politiker wie Wissenschaftler der Annahme, dass es ein Merkmal der „Qualität“ darstellt, wenn ein etabliertes System - wie das der Politik - sich durch „Stabilität“ auszeichnet. Dementsprechend wird eine Entwicklung hin zu einer „Talkshowdemokratie“ vornehmlich als „negative“ Kritik gewertet. Man kann jedoch mit guten Gründen, wie Luhmann zeigt, mit der Instabilität etwas sehr Positives beschreiben. Da Kommunikation stets Anschlussfähigkeit generiert, und Gesellschaft aus Kommunikationen aufgebaut ist, so wird in einer Situation sich beschleunigender Kommunikation – *genau dies leistet die heutige IuK Technologie* – eine erhöhte permanente Anschlussfähigkeit erzeugt und gefordert zugleich. Man kann oder muss also sogar sagen, dass eine erhöhte Instabilität des politischen Systems, bedingt durch eine Beschleunigung der gesellschaftlichen Kommunikationen, nur dadurch kompensiert werden kann, dass der politische Diskurs sich ebenfalls beschleunigt. Die mediale Übersättigung wäre damit systemisch betrachtet, ein sogar höchst wünschenswertes Szenario, für eine sich selbst, zu ihrer eigenen *Metasystemfunktion* evoluiierende selbtsreflexiv werdende Evolution.

Um es in einer Metapher auszudrücken: Steuern wir mit voller Fahrt auf eine „Mauer“ zu, an der unsere bisherigen Konzepte von Gesellschaft und Wissensgesellschaft „zerbrechen“, oder steuern wir mit beschleunigendem Tempo auf eine „Überschallmauer“ zu, die uns zwar unbeschadet aber mit einem Transformationsprozess zu einer „Überschallgesellschaft“ evoluiert, auf der anderen Seite der Mauer wieder entlässt?

Findet der gesellschaftliche Diskurs in Talkshows statt, und der politische lediglich im Parlament, dann wäre es laut Luhmann in kurzer Zeit schwierig bis unmöglich den Wert Demokratie überhaupt zu reproduzieren und anschlussfähig zu halten. Insofern ist es nicht negativ – oder positiv zu bewerten, dass Politik sich durch Medien und Technologien transformiert, sondern es ist schlicht *notwendig*. Es steht jedoch zu erwarten, dass Internet und

⁹⁸⁹ Luhmann, Niklas (1993): „*Das Recht der Gesellschaft*“ / Suhrkamp / FFM / S. 167

insbesondere KI eine *noch stärker* transformierende Kraft auf Politik ausüben werden, als lediglich das Fernsehen, Radio und die Printmedien dies bislang getan haben.

Betrachten wir also die heutige Rolle von Politik unvoreingenommen und kritisch reflektiert:

- 1.) Politik ist ein tradiertes Kulturgut, das stetig den Prozeß einer Transformation durchlebt – heute primär initiiert durch Medien und Publikationstechnologien.
- 2.) Politik handelt heute primär als Reaktion auf ihre eigenen medialen Inszenierungen, ein proaktives primäres Agieren fällt in den Status einer politischen Sekundärtugend.
- 3.) Die Evolution von Technologie und Wissenschaft hat in der gezeigten Vererbungslinie der fortwährenden Tradierung von Fertigkeiten und Erkenntnissen dazu beigetragen, dass sich die Rolle der Politik in unserer westlichen Demokratie heute ohne Technologie zur Vermittlung ihrer Inhalte kaum noch definieren ließe.

Nach diesem Überblick über die geistige Vererbungslinie der kulturellen Evolution fällt auf, dass durch über *2000 Jahre* Entwicklung und Tradierung von Theorien, Informationen und Wissen, um Zusammenhänge von Natur und Kultur, einige zentrale Begriffe stets erneut gefallen sind – aber keine finale Theorie sie abschließend zu behandeln vermag. *Wissen ist und bleibt die einzige Ressource, die sich durch ihren Gebrauch beständig vermehrt.* Wir haben es hier systemtheoretisch mit einem offenen System zu tun. Aber es wäre höchst sträflich, wenn man die Veränderung des Wissens, das der Prozeß der kulturellen Evolution erzeugt, allein in dessen *Akkumulation* suchen würde - vielmehr ist die wirkliche Veränderung in der Art des Wissens zu suchen, das gewusst wird, sowie in der Veränderung des Prozesses der Evolution dieses Wissens, wie wir gezeigt haben.

Es steht zu erwarten, dass gerade durch die Möglichkeiten des technischen Umgangs mit diesem Kulturgut, sich seine Bedeutung, sein Umfang wie auch seine Konstitution erneut und in beständig unerwarteter Weise transformieren wird. Philosophisch umrissen könnte man etwa sagen, dass der Prozeß der Transformation selbst, seinem systemisch notwendigen infiniten Regress, durch seine eigene Reflexivität stets aufs Neue entkommt.

Wenn wir also Eingang nach einem „Algorithmus“ gefragt haben, der Reflexivität zu „fassen“ bekommt, dann ist dies seine mögliche Lösung:

Ein gegebenes System kann seine Komplexität stets nur bis zu einem Maximalwert skalieren, um dann nicht in einen infiniten Regress zu laufen, oder als Funktion zum Erliegen zu kommen, muss genau dann ein „Sprung“ der Funktion auf eine systemische „Metaebene“

erfolgen, auf der notwendig eine Reflexion der Subsystemebene erfolgt, damit die systemische Stabilität durch Rekursivität aufrecht erhalten werden kann, und zugleich durch Iteration der Ebenenstrukturparameter, die Anschlussfähigkeit für die Struktur der Metaebene generiert werden kann.

Gelingt es diese semantische Formel in eine geeignete mathematische Form zu bringen – wozu ich herzlich einlade – dann wäre ein erster Algorithmus der Reflexivität geleistet. Es gibt hier keine mögliche Letztbegründung – Transformation ist ein systemisch offener – ein kontingenter Prozess. Diese Kontingenz der Transformation birgt enorme Chancen und Risiken zugleich, wie die medial inszenierten Damokles Metaphoriken uns tatztätig ermüdend aufbereiten. Unsere Fähigkeit zur Kritik dieser Umstände bleibt jedoch ungebrochen, und es zeichnet sich ab, dass ein gesellschaftliches Bewusstsein dafür beginnt zu entstehen, dass es die Medien selbst sind, die hier eine Transformation erleben. Das mediale System selbst ist nicht nur autpoietisch, es ist vor allem selbst hochgradig *selbstreflexiv*⁹⁹⁰! Die ubiquitäre Rede von der „Wissensgesellschaft“⁹⁹¹ greift dieses Thema im 21. Jhd. erneut auf, und wir treten in einer neuen „Transformation“ – a la Foucault - oder einem „Paradigmenwechsel“ - a la Kuhn – den Gang in eine neue „Erbengeneration“ unserer geistigen Väter a la Hegel an. Kultur wechselt dieser Argumentation zu Folge in absehbarer Zeit als Funktion von Evolution selbst auf eine Metasystemebene, auch wenn wir diese jetzt systeminhärent noch nicht detailliert beschreiben können. Jeder Prognoseversuch, der nächsten systemischen Ebene von Kultur muss daher scheitern. Ist Politik evtl. wegen ihres Wissens um die Unmöglichkeit solcher Prognosen so „abwartend reaktiv“? Es gibt jedoch trotz diesem „blinden Fleck“ in unseren Langzeit Prognosemöglichkeiten, dennoch viele Entwicklungen, die sich sehr gut extrapolieren lassen, wie wir oben am mittelfristigen Beispiel mit Moore’s Law oder der Entwicklung der Arbeitsplätze, etc. gezeigt haben. Davon darf geredet und darüber sollte diskutiert werden, dies ist nicht der „mediale Overkill“ und die redundante und irrelevante Information – sondern dies ist der Grund, warum Politik Möglichkeiten hat, sich trotz systemischer Paradoxa mit und entlang solcher Widrigkeiten selbst ebenfalls dieses Mittels der Metasystemfunktion der Evolution zu bedienen.

⁹⁹⁰ Kirchmann, Kay (1996): „Zwischen Selbstreflexivität und Selbstreferentialität. Überlegungen zur Ästhetik des Selbstbezüglichen als filmischer Modernität“ / in: Karpf, Ernst/Kiesel, Doron/Visarius, Karsten (Hg.): „Im Spiegelskabinett der Illusionen“ - Filme über sich selbst / Marburg / S.67-86

⁹⁹¹ <http://www.wissensgesellschaft.org/> (Hier spricht kein „singulärer Autor“ mehr zu uns, wie in den Jahrhunderten zuvor, sondern „das Kollektiv“ der „Heinrich Böll Stiftung“)

Die Sprecher dieser „Diskussionen“ treten heute vorzugsweise in Institutionen, Gremien oder anderen Kollektiven auf, denn die Thematik hat sich in ihrer Komplexität gesteigert. Wissen wird permanent generiert, doch die Adressaten haben sich transformiert. Politik wird stetig erneut an die Gesellschaft (medial) angepasst, doch die Wähler sind dieses Prozesses bereits überdrüssig⁹⁹². Darum geht Politik die Wege, die ihre Adressaten gehen, denn man muss diese „abholen“ wo immer man sie finden kann – ohne sie erlahmt das Mandat der Politik, im „Auftrag“ des „Wählers“ zu agieren. Politik holt den Wähler ab, im Fernsehsessel, im Wartezimmer des Arztes, oder als Schlagzeile am Mittagstisch – kurz: wo auch immer man seiner „habhaft“ werden kann. Medien und Politik werden den Wähler und Konsumenten auch aufsuchen, wenn er sich vorwiegend in virtuellen Umgebungen aufhält, denn die Reichweite von Kommunikation ist so anpassungsfähig wie deren Rezipienten. So verändert der Umgang der Wähler mit Medien die Politik und vice versa, genauso wie die Emergenz neuer Technologien diesen Prozess unablässig erneuern wird. Das bijektive Verhältnis der wechselseitigen Transformation von Technik, Medien und Politik ist damit aber gerade einmal eingeläutet. Wenn Radio, TV und Internet Politik bis heute verändert⁹⁹³ haben – wie sehr wird dann die mögliche Emergenz von KI künftig Politik verändern?

Es ist ein neues Phänomen entstanden durch die inflationäre Vermehrung von Informationen, Wissen und Adressaten – die Sprecher sind sekundär geworden – Foucault kann durchaus zugestimmt werden – aber noch interessanter – auch die Adressaten sind sekundär geworden. In Analyseansätzen dieser „Dilemmasituation“ hat Ulrich Beck es auf das Schlagwort der „Risikogesellschaft“⁹⁹⁴ konzentriert – *alles* ist im Umbruch und diese Umbrüche bergen inhärente Risiken, die weder das Individuum noch die Politik beherrschen können. Der Modernisierungsprozeß selbst wird bei Beck ebenfalls *reflexiv*, er wird sich selbst zum Thema und Problem. Wir haben es im gegenwärtigen Klimax der Transformationen – evtl. an einem Wendepunkt - offenbar *mit einer Häufung von selbstreflexiven Prozessen* zu tun. Es soll durch diese fokussierte Betrachtung nahegelegt werden, dass es nun keine „Überraschung“ mehr darstellen kann, wenn nach der Vervollkommnung der Selbstreflexivität von Gesellschaft, Medien, Wissen und der Evolution selbst, nun auch die Technologie, die ja dabei als Instrument bereits fungiert, ihrerseits von diesem Phänomen

⁹⁹² [Maurer, Marcus \(2003\): „Politikverdrossenheit durch Medienberichte“ / UVK Verlag](#)

⁹⁹³ Rogg, Arne (2003): „*Wie das Internet die Politik verändert.: Einsatzmöglichkeiten und Auswirkungen*“ / VS-Verlag

⁹⁹⁴ Beck, Ulrich (1986): „*Risikogesellschaft – Auf dem Weg in eine andere Moderne*“ / Suhrkamp / Frankfurt

erfasst wird. Genau dies ist das erklärte Ziel wie die große Chance des Projektes KI. Die Medien und die Moderne jedenfalls, sind belegt durch viele Untersuchungen,⁹⁹⁵ zugleich Initiator als auch Katalysator ihrer eigenen Transformationsprozesse, in der Genese ihrer intermedialen und interdisziplinären Selbstreflexivität – aber haben sie deswegen auch die *Kontrolle* über ihren eigenen Prozess?

Für Politik stellt sich so dringend die Frage - wer oder was *herrscht* eigentlich heute? – und wie ist dieses Konzept systemisch in unsere Kultur⁹⁹⁶ implementiert?

Um noch provokanter zu fragen, stellt der Begriff der *Kultur* überhaupt berechtigt originär einen Begriff der Gesellschaftswissenschaften dar, oder lässt er sich – systemtheoretisch betrachtet – nicht viel eleganter aus der Naturwissenschaft ableiten, etwa als eine komplexe Iteration der basalen Größe eines „lebendigen Systems“? – einer organischen Verbindung? – der Quantenphysik? – oder gar am Ende allein aus dem Begriff der Information?

Um mit Luhmann zu sprechen, kann man solche Aussagen nicht treffen ohne zuvor die *Leitdifferenz*⁹⁹⁷ der Systeme zu charakterisieren. Systeme orientieren sich an einer Leitdifferenz, ohne die sie ihre eigene Position nicht bestimmen könnten. Im Wirtschaftssystem geht es etwa vorrangig um Zahlen und Nichtzahlen, im Rechtssystem um die Differenz zwischen Recht und Unrecht, im Wissenschaftssystem um die Differenz von Wahrheit und Unwahrheit, im Politiksystem schließlich um Macht oder Nicht-Macht. Diese Leitdifferenz wird auch der *Code*⁹⁹⁸ des Systems genannt. Wer also hat heute in westlichen Demokratien die Macht? – die Politik? – die Medien? – die Kulminationspunkte des Geldes oder des Wissens?

Die Antwort auf diese Frage ist ein klares weder-noch! – die heutige Gesellschaft ist „*multifokal*“ – und „*mehrdimensional*“. Die Ära der einfachen Antworten ist zu Ende. Es bleibt keine Alternative, als den mühsamen Weg der Beschreibung der Komplexität anzutreten, die sich über die Generationen etabliert hat. Erneut also gilt es eine hoch differenzierte Komplexität zu analysieren und zu beschreiben, ähnlich der Aufgabe der Beschreibung der verschlungenen Pfade der Neuronen, denn Komplexität ist ubiquitär. Kann man sich ein effizienteres Mittel als KI, zur Handhabung dieser zunehmend zu

⁹⁹⁵ vgl. Paech, Joachim (1998): „*Intermedialität. Mediales Differenzial und transformative Figurationen*“ / in: Helbig, Jörg (Hg.): „*Intermedialität, Theorie und Praxis eines interdisziplinären Forschungsgebiets*“ / Berlin / S.14–30

⁹⁹⁶ Becker, F. / Becker, E. Reinhardt (2001): „*Systemtheorie. Ein Einführung für die Geschichts- und Kulturwissenschaften*“ / Frankfurt/M.

⁹⁹⁷ Kneer, G. / Nassehi, A. (1997): „*Niklas Luhmanns Theorie sozialer Systeme. Eine Einführung*“ / 3. Aufl. / München

⁹⁹⁸ Willke, H. (1991): „*Systemtheorie*“ / Stuttgart

komplexen Welt eigentlich überhaupt denken oder wünschen? Kommt KI in dieser Weise betrachtet, nicht gerade auf die heutige, mit Komplexität „überlastete“ Gesellschaft zu, wie der Samariter zum Bedürftigen? Gibt es überhaupt eine Alternative zu KI, angesichts von Hotlines mit stupenden Bandansagen, Internetformularen mit irrwitzigen Verifikationen ihrer Identität als reale Person, Menüs von einfachen technischen Geräten wie einer Waschmaschine, die sich einem normal gebildeten Westeuropäer nicht mehr ohne Studium der „Elektroingenieurwissenschaften“ und der Bedienungsanleitung erschließen lassen? Wie „heilsam“ oder „wünschenswert“ wäre eine sich selbst mittels KI „ent-komplizierende“ Welt? Man könnte den „Geräten“ einfach sagen, was man sich von ihnen „wünscht“ – Punkt.

Um zu bestimmen, wie das Verhältnis von Politik und Kultur aussieht, bedarf es nach dieser Ortsbestimmung also einer systemtheoretischen Bestimmung der beiden Begriffe.

Wenn es einen Weg gibt, Komplexität auf verschiedenen dimensional Ebenen der Realität der Natur, der Gesellschaft, der Medien und der Politik zu bestimmen – dann kann dieser Weg nur ein systematischer sein – frei von einengenden Prämissen oder disziplinären Grenzen. Die Systemtheorie bietet sich als einzige prädestiniert für diesen Anspruch an. Wir wollen daher einige zentrale Argumente der Systemtheorie, in den Diskurs um die Transformation der Gesellschaft durch KI miteinbeziehen, denn es ist keine Rede von der systemischen Interdependenz von KI und Gesellschaft möglich, ohne eine Theorie von Systemen selbst. Greifen wir exemplarisch den Begriff der Kultur auf. Michael Fleischer hat eine Kulturtheorie als interdisziplinäres Projekt zwischen biologisch-thermodynamischer Evolutions- und sozio-kultureller Systemtheorie formuliert:

„Das, was ich [...] vorhabe, nämlich die Konzipierung der >Kultur< als ein im Sinne der Thermodynamik offenes System und ein dem Evolutionsmechanismus – im Sinne der Systemtheorie der Evolution – unterliegendes System, ist – vorsichtig ausgedrückt – nicht unproblematisch. Dabei soll zunächst einmal versucht werden die Frage zu beantworten, ob es sich beim Vergleich der naturwissenschaftlichen und der kulturwissenschaftlichen Phänomene um eine Analogie oder um eine bloße Ähnlichkeit (im oben definierten Sinne) handelt. Mit anderen Worten: Liegen hier unterschiedliche Wege der Anwendung ein und desselben Mechanismus zur Erfüllung der gleichen Funktion, nämlich der Systemerhaltung, vor, oder zwei gänzlich verschiedene Mechanismen? Biologische und kulturelle oder soziale Systeme weisen zwar eine unterschiedliche Beschaffenheit auf, bilden aber generell eine einheitliche Gegebenheit, das System des Lebendigen. [...] Eine andere Möglichkeit wäre, anzunehmen, die Kultur (und das Soziale) sei etwas den biologischen Systemen grundverschiedenes und beruhe auf eigenen, für das Kulturelle spezifischen Gesetzen, auf jeden Fall nicht auf solchen, wie sie in den Naturwissenschaften definiert sind. Dabei sollte man bedenken, daß beide und nicht nur eine der beiden

Sichtweisen zum einen Hypothesen sind und zum anderen einer Begründung bedürfen. Die Annahme, es handle sich bei >Kultur< um ein selbständiges nicht gesetzmäßiges Phänomen, muß ebenfalls bewiesen oder zumindest belegt werden.⁹⁹⁹

Konsistent mit unserer Verfahrensweise der systematischen Kategorisierung von experimentell verifizierten Aussagen, und der Abgrenzung von rein spekulativen solchen, muss man konstatieren, dass der Begriff der Kultur in den Rahmen der zweiten Aussagen gehört. Dies würde sich jedoch ändern, wenn er als evolutionäre *Folge* naturwissenschaftlich verifizierter Sachverhalte ein Epiphänomen darstellte, ähnlich dem des Bewusstseins, dass sich konsistent extrapoliert, logisch notwendig etwa aus der Quantenphysik ergäbe. Es wird ersichtlich, dass ein solches Projekt der Konvergenz von wissenschaftlichen Paradigmen zwar logisch möglich, doch recht weit von einer Realisation entfernt ist. Was sicherlich auch darin begründet liegt, dass keine dringende Notwendigkeit einer Beschleunigung dieses Konvergenz Prozesses nötig war – bislang. Dies wird sich durch das Aufkommen von KI jedoch schlagartig ändern. Das Verhältnis von Politik und Kultur, von Individuum und Gesellschaft, wird eine neue Leitdifferenz aufkeimen lassen:

Die Leitdifferenz von biologischer und künstlicher Intelligenz – von biologischem und künstlichem Mitglied der Gesellschaft, von biologisch handelnden und von künstlich handelnden Akteuren – evtl. sogar von biologisch initiiertes und künstlich initiiertes Politik? Die These dieser Dissertation offeriert die Option, dass sich diese Frage heute nicht mehr sinnvoll beantworten lässt, wenn man das Thema der Technologie und der systemisch aus ihr evolvierenden Produkte, wie z.B. globales Internet und künftige „*Turing passing KI (TPKI)*“ nicht als eine neue Grundgröße mit in den Diskurs der Gesellschaftswissenschaften einbezieht.

Es liegt an uns allen diese neue Transformation von Natur, Kultur, Technologie und Gesellschaft verantwortungsvoll - *reflexiv* - und mit dem nötigen und möglichen Weitblick zu gestalten. KI wird sich nicht erst im „Nachhinein“ reaktiv regulieren lassen. Da unterscheidet sie sich grundlegend von allen bisherigen Technologien. Eine künftige TPKI „weiß“ nach ihrer erfolgreichen Konstruktion notwendigerweise mindestens soviel über das Funktionieren unserer Gesellschaft, die uns umgebende Technologie, unsere Rechtssysteme, unsere oder ihre eigenen Reproduktionsmöglichkeiten und die globale Verteilung der vitalen Ressourcen, etc, wie ein extrem gut gebildeter Bewohner der heutigen westlichen

⁹⁹⁹ Fleischer, Michael (2001): „*Kulturtheorie. Systemtheoretische und evolutionäre Grundlagen*“ (Beiträge zur Kulturwissenschaft; 5) Oberhausen: Athena / S. 241 (*Hervorhebung im Original*)

Industrienationen – mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit wird sie aber sogar sehr viel mehr Wissen darüber besitzen, als jemals ein System oder ein biologisches Wesen zuvor. Denn genau in diesem sozialen und technologischen Umfeld wird eine TPKI in ca. 15 bis 20 Jahren realisiert – wenn nicht früher. Haben wir überhaupt *genug* Zeit, um diesem Novum gerüstet und sicher gegenüber zu treten?

- 1.) Eine TPKI kann sich selbst reproduzieren, aus Rohstoffen und dem Wissen um ihre eigene Konstitution
- 2.) Eine TPKI kann jedes technische oder kulturelle Gut produzieren oder reproduzieren, worüber das Wissen um seine Konstitution im Internet, in Print oder sonst geartet auch für Menschen elektronisch medial verfügbar ist.
- 3.) Eine TPKI wird sich nur bedingt instrumentalisieren lassen, wenn nicht entsprechende Sicherungsvorkehrungen eingebaut sind.

Nach der Frage der Möglichkeit der Konstruktion¹⁰⁰⁰ von KI und TPKI kommt die Frage nach der Möglichkeit ihrer Kontrolle - können wir „freundliche KI“ bzw. „FAI“¹⁰⁰¹ garantieren?

Wenn wir diese Frage näher klären wollen, wird es uns interessieren müssen, wie eine KI sich rein materiell physisch präsentieren wird. Hinzu kommt die Frage, wer eine Form von Kontrolle oder „Macht“ über eine KI ausüben kann oder sollte.

¹⁰⁰⁰ vgl. Moravec, Hans (1990): „*Mind Children*“ / Harvard University Press

¹⁰⁰¹ Yudkowsky, Eliezer (2006): „*Creating Friendly AI 1.0*“ / Singularity Institute / online unter: <http://www.singinst.org/CFAI/>

4.2.2 Die physische Form von KI und ihr Einfluss auf Unternehmen

*„Nicht nur die Trennung von Geist und Gehirn ist ein Mythos –
auch die Trennung von Geist und Körper dürfte fiktiv sein.*

*Der Geist ist in der ursprünglichen Bedeutung
des Wortes verkörpert, nicht nur verhirnt.“¹⁰⁰²*

Antonio Damasio

Um die Chancen und Risiken in einem wohlverwogenen Verhältnis abzuwägen, die KI zusätzlich zu den nicht unerheblichen heute bereits vorfindlichen Chancen und Risiken von vorhandener Technologie auf den Plan ruft, müssen wir eine Skizze bzw. eine Blaupause von einer KI erstellen. Es lässt sich nur schwer über einen Gegenstand debattieren, den man nicht visualisieren kann.

Das Pendant zu den drei großen Fragen, des Projekts der menschlichen Selbstfindung, lässt sich für das Thema der KI etwa wie folgt formulieren: *Wie wird KI aussehen? - Was wird sie tun? - Wer wird sie zuerst einsetzen?*

Nach Damasio, ist eine Intelligenz ohne einen „Körper“ nicht vernünftig denkbar. Auch für Computer trifft dies zu, auch wenn ihre „Körper“ eher „fremdartig“ anmuten. Die mehr oder weniger eckigen „Metallrahmen“ in denen heutige KI „residiert“, lässt wenig Assoziation mit Körperlichkeit zu. Dennoch wird genau dies gefordert, von Neurophysiologen, KI-Forschern und Philosophen – eine Intelligenz benötigt einen „Körper“. Damasio schreibt dazu:

„Worin bestand also Descartes Irrtum? (...) An irgendeinem Punkt der Evolution hat also ein elementares Bewusstsein seinen Anfang genommen. (...) Wir sind, und dann erst denken wir, und wir denken nur insofern, als wir sind, da das Denken nun einmal durch die Strukturen und Funktionen des Seins verursacht wird. (...) Darin liegt Descartes Irrtum: in der abgrundtiefen Trennung von Körper und Geist, von greifbarem, ausgedehntem, mechanisch arbeitendem, unendlich teilbarem Körperstoff auf der einen Seite und dem ungreifbaren, ausdehnungslosen, nicht zu stoßenden und zu ziehenden, unteilbaren Geiststoff auf der anderen; in der Behauptung, das Denken, moralisches Urteil, das Leiden, das aus körperlichem Schmerz oder seelischer Pein entsteht, unabhängig vom Körper existieren. (...)

Die cartesianische Vorstellung von einem körperlosen Geist ist wohl die Grundlage gewesen, auf der man Mitte des 20. Jahrhunderts die Metapher vom Geist als Softwareprogramm entwickelt hat.“¹⁰⁰³

¹⁰⁰² Damasio, Antonio (2004): „Descartes' Irrtum“ / Ullstein / München / S. 166

¹⁰⁰³ Damasio, Antonio (2004): „Descartes' Irrtum“ / Ullstein / München / S. 328 – 331
(Hervorgebung nicht im Original)

Antonio Damasio, Wolf Singer¹⁰⁰⁴ und viele Andere, sehen in dieser kategorialen Trennung von Körper und Geist einen Kardinalfehler. Er sitzt allerdings so tief in vielen Vorstellungen und Konzepten, dass wir ihn heute kaum noch hinterfragen. Es gibt Körper und Geist, Hardware und Software, Materie und Energie, etc – diese Trennung gibt die „Natur“ uns qua ihrer Existenz und Seinsweise vor. Können wir diese Sichtweise weiterhin teilen?

Nach den Ausführungen, die wir im Kapitel über die Physik der KI diskutiert haben, bahnt sich eine neue systemische Kontingenz an. Im Prozess der Konvergenz der wissenschaftlichen Disziplinen, wird ein neues Verständnis der Dualität möglich, die keinerlei kategoriale Trennung von Entitäten jedweder Art mehr benötigt. Im Konzept des Holografischen Prinzips, ist uns eine Weise dieses neuen Naturverständnisses näher gebracht worden. Die Dualität ist in diesem Verständnis *nachträglich* durch die hermeneutischen Prinzipien der Wissenschaften in die Welt hinein gebracht worden. Die Natur selbst besitzt diese Dualität nicht zwingend auf allen Ebenen ihrer Existenz, lediglich auf ihrer „Oberfläche“ – ihrem 4D Aspekt - lässt sich Dualität als Phänomen der temporalen Vergänglichkeit wahrnehmen. Fundamental fließen alle Dualismen in einem Konzept aus Fluktuationen von interdimensionalem Energieaustausch, oder schlicht Information über Prozesse zusammen, dies drückt sich insbesondere bereits in der 5. Dimension wie besprochen explizit *nicht dualistisch* aus. Wenn am Grunde von Energie, Materie, Raum und Zeit möglicherweise die Information als einziges konstitutives Element liegt, dann sind auch Körper und Geist fundamental identisch – lediglich in der Wahrnehmung des Subjekts finden sich zwei Seiten einer Medaille – als „Oberflächenphänomen“ einer systeminhärenten Temporalität jeglichen Wahrnehmungsaktes.

Das wahrnehmende Subjekt kann sich der systeminhärenten „Denknotwendigkeiten“ der 4D Logik evolutionär bedingt kaum entledigen, daher tendiert es zu Fehleinschätzungen, monokausalen Interpretationen und perspektivischen Missverständnissen. Die Geschichte der Wissenschaft ist voll von Belegen für diese „Fehlleistungen“. Descartes war hier nicht allein mit seinem „Fehler“, den Damasio aufgezeigt hat, sondern er hat einer Generation von Wissenschaftlern zu seiner Zeit „aus der Seele“ gesprochen. Seine Trennung von Körper und Geist, seine Ideen von „res cogitans“ und „res extensa“, sowie sein bahnbrechendes „cogito ergo sum“, sprachen zu einem Publikum, dass diese Konzepte bereitwillig adaptierte. Er sorgte indirekt dafür, dass diese neuen „Erkenntnisse“ zur Grundlage beinahe aller

¹⁰⁰⁴ Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn*“ / Suhrkamp / FFM

Philosophie wurden.

Umso schwieriger ist es nun heute, die Fehler die seine Lehre implizierten wieder auszumerzen aus den heute noch aktiven „Introjekten“ der Wissenschaftler – wie die Psychologen sagen würden, denn „zu tief“ sitzt seit Jahrhunderten in allen Denkmodellen die Lehre der „Trennung“ verankert. Dennoch wäre es „heilsam“, denn ohne eine erneute epochale Wende in den Grundlagen der Weltanschauung, wird uns die aufkommende KI immer wie ein „Fremdkörper“, etwas „andersartiges“ und potentiell „bedrohliches“ erscheinen. Man wird aus den Tiefen des Unterbewusstseins weiter ein „Unbehagen“ spüren, ein „Taubheitsgefühl“ und eine „Angst“, die aus den hintersten Winkeln der Amygdala, ja aus den evolutionär ältesten Teilen unseres Gehirns „herauf zieht“, wenn man sich versucht auszumalen, einer KI gegenüber an einem Tisch zu sitzen, die sich nicht mehr durch Fragen nach Liebesdingen, Gott oder der Erzählung von derben Zoten „aus der Bahn“ werfen lässt. Es wäre nahezu existentiell beängstigend, wenn KI ununterscheidbar intelligent von ihrem Erbauer werden würde – warum eigentlich?

Technik ist dem Menschen in etwa so sehr sein AlterEgo, wie der Geist es dem Körper ist – so zumindest stellt es sich heute dar. Ist diese Position nicht auch ein Relikt?

Es liegt nahe, dass aus einer „Technologiefindlichkeit“, eine Feindlichkeit gegenüber Konzepten erwächst, die technisch die Bedingungen unserer Intelligenz und unseres Selbstbewusstseins nachvollziehen. Bevor diese Zusammenhänge nicht hinreichend öffentlich diskutiert worden sind, wird es schwer fallen, die alten Denkmuster abzustreifen und sich gegenüber der neuen Technologien und ihren Möglichkeiten zu öffnen. Ob ein Mitbürger dann schwarz oder weiß ist, könnte dann bald genauso nebensächlich sein, wie die Frage danach, zu welchen Teilen sein Körper aus technischen Artefakten besteht.

Genausowenig wie man heute diskriminiert wird, wegen einer synthetischen Herzklappe oder einem Hüftgelenk aus Titan, möchte man künftig diskriminiert werden, wegen einem Retina-Implantat, einem Cochlea-Implantat oder einem partiellen Silizium Neuro-Implantat, zur Einbindung deren Signale in die gewöhnliche biologische Neuroneninformationen. Man möchte nicht fürchten müssen, dass man ab 5% - oder 10% oder 15% medizinischen avancierten Implantaten auf der Strasse plötzlich als „Cyborg“ diskriminiert wird. Was dann zählt, ist allein die Fähigkeit zu Bewusstsein – und zu menschlicher sozialer Interaktion - gleichgültig zu welchen Anteilen in Kohlenstoff oder Silizium realisiert.

Es kann natürlich komplizierend hinzutreten, dass man sich von Technik genausowenig paternalistisch organisieren lassen möchte, wie etwa vom Sozialstaat oder dem gefürchteten

„Kontrollstaat“¹⁰⁰⁵. Spätestens jedoch, wenn es um medizinische Notwendigkeiten, wie den Erhalt von Leib und Leben geht, wird solcherlei Ideologie sekundär. Technik wird wie KI in der Medizin mit Fortschritt der verfügbaren Systeme forciert eingesetzt werden, daran besteht wenig Grund zum Zweifel.

Wenn ein „Körper“ für eine „KI – Software“ offenbar genauso selbstverständlich ist, wie für ein Bewusstsein biologischer Natur, dann wird es *keinen* technisch möglichen Weg geben, KI als Software allein zu erschaffen. In der Tat, bislang ist jede Software notwendig an eine Hardware gebunden, und wenn es nur das Papier einer Zeitung, die CD-ROM eines Spiels, oder die CPU eines PC ist, auf dem ein Programm geschrieben wird – Software allein kann nach unseren bisherigen technischen Möglichkeiten nicht losgelöst von Hardware existieren. Eine KI braucht folglich notwendigerweise einen Körper - auch wenn er zunächst nur aus Metallen, Kunststoffen und Halbleitern wie Silizium besteht.

Also, wie kann oder soll er aussehen – der Körper der intelligenten Computer?

Wird uns die KI weniger „ängstigen, wenn wir sie nach unserem „Ebenbild“ erschaffen? – oder macht dies erst gerade Angst, und es ist uns lieber, sie residiert weiter in „Metallkästen“ mit einem Stecker daran und einem „Off“ Schalter?

Pragmatisch betrachtet, wird diese Frage zunächst einmal abhängig davon sein, welchen technischen Dimensionierungen der „Körper“ gerecht werden muss. Aus der Erfahrung mit anderen technischen Großprojekten, und den Prototypen der Computerära, lässt sich die Vorhersage ableiten, dass die erste KI, die erfolgreich den Turing Test bestehen wird, wenigstens eine oder mehrere Industriehallen füllen wird.

Die heutigen Spitzenplätze der Top500 Liste der Supercomputer weltweit, wird von Maschinen besetzt, die in der Größenordnung von einigen 1000 bis hin zu mehreren 10.000 Prozessoren in ihren „Körpern“ beherbergen. Dies limitiert die Größe auf wenigstens die Dimensionen der notwendigen Prozessoren.

Die notwendige Investitionssumme für die erste „Turing Passing KI“ – kurz: TPKI – limitiert die Größe einer sinnvollen Realisation von KI finanziell, so dass eine sehr frühe und notwendigerweise großflächige KI recht unwahrscheinlich¹⁰⁰⁶ ist, schlicht aufgrund der Kosten. Die Firma IBM stellt derzeit mit 240 Maschinen der Top500 Liste der Supercomputer beinahe die Hälfte aller weltweiten Installationen – inklusive des Spitzenreiters – Blue Gene L – mit einer Peak Performance von 280 Teraflop/s, realisiert durch ca. 65.000 Prozessoren, und besitzt somit große Kompetenz in der Planung von künftigen Modellen. IBM schreibt in einer

¹⁰⁰⁵ vgl. Singelstein, Tobias (2006): „Die Sicherheitsgesellschaft: Soziale Kontrolle im 21. Jahrhundert“ / VS Verlag

¹⁰⁰⁶ vgl. Hibbard, Bill (2002): „Superintelligent Machines“ / Kluwer Academic / New York

Studie zur Realisation des weltweit ersten Petaflop Großrechners folgendes:

„A petaflop/s system built out of conventional server nodes would consume hundreds of megawatts of electrical power; it would require many acres of machine room floor; it would likely have an unacceptably low mean time between failures (...); it would be exceedingly difficult to program and manage; and it would have an unacceptably high price tag.“¹⁰⁰⁷

Zur Realisation eines Petaflop Rechners benötigt man mit verfügbarer IBM Technologie den Quelle zu Folge etwa. 200.000 Prozessoren. Da diese Menge Hardware bereits einige „Hektar“ Land füllen würde, und wir für eine TP-KI ca. 20 Petaflop realisieren müssen, würde die notwendige Fläche wie der finanzielle Aufwand aktuell noch unrealistisch groß. Ein 20 Petaflop Rechner, benötigt ca. 4,6 Mio Prozessoren bisheriger Bauart, dies ist ca die 70 fache Menge der Prozessoren von Blue Gene L. Mit einer Investitionssumme von ca. 100 Mio \$ für Blue Gene, ergibt sich eine notwendige Investitionssumme von 7 Mrd. \$ für eine TP-KI – bei aktuell 2006 verfügbarer Technologie zu üblichen Marktpreisen. Das ist zwar eine stattliche Summe, aber theoretisch auch heute schon finanzierbar – nur politisch unklug, denn die Preise für Hardware verfallen jährlich, wie oben gezeigt. Es verbliebe die Problematik der geeigneten Software für eine TPKI, die heute noch nicht hinreichend geklärt ist und wie besagt in ihrer Entwicklung auch noch 15 – 20 Jahre benötigen wird. Dies hat den angenehmen Nebeneffekt, dass die Hardware bis dahin zu einem Bruchteil des finanziellen Aufwandes verfügbar sein wird, bei gleichzeitiger Steigerung ihrer Effizienz, sprich Performance pro Massevolumen und Energiekonsumption.

Es darf dabei als sehr unwahrscheinlich angenommen werden, dass ein solches Großprojekt erstmalig von einem einzelnen Staat bzw. gar einem einzelnen Unternehmen realisiert wird. Viel wahrscheinlicher ist es hingegen, dass man den internationalen Finanzierungsmodellen folgt, die auch angewandt wurden bei Großprojekten wie der ISS¹⁰⁰⁸ (International Space Station) - ITER¹⁰⁰⁹ (lat. „der Weg“ – internationaler Prototyp eines Kernfusionsreaktors) – oder dem LHC am Cern (Large Hadron Collider), an dem heute über 20 Mitgliedsstaaten¹⁰¹⁰ beteiligt sind.

Spitzenreiter der Kosten ist mit großem Vorsprung die ISS. Sie kostet in ihren 10 geplanten Jahren Betriebsdauer ca. 100. Milliarden €¹⁰¹¹. ITER - der nun endgültig ab 2008 in

¹⁰⁰⁷ <http://www.research.ibm.com/journal/sj/402/allen.html>

¹⁰⁰⁸ http://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html

¹⁰⁰⁹ <http://www.iter.org/>

¹⁰¹⁰ <http://lhc.web.cern.ch/lhc/>

¹⁰¹¹ http://www.esa.int/esaHS/ESAQHA0VMOC_iss_0.html

Frankreich gebaut wird, hat vorraussichtliche Baukosten¹⁰¹² von ca. 4,6 Mrd € und ist ein „Joint Venture der EG, USA, GUS und Japans“¹⁰¹³, der LHC des Cern wird nach aktuellen Kalkulationen ca. 3 Mrd. CHF (Schweizer Franken) kosten.

Im Vergleich mit diesen Zahlen, wird die erste KI, die den Turing Test besteht – also eine TP-KI – mit ihren reinen heutigen Hardware-Kosten von nur 7 Milliarden \$, in einem moderaten Rahmen liegen. In 10-15 Jahren wird diese erforderliche Summe vermutlich auf deutlich unter eine Mrd \$ gesunken sein, legt man den historischen Preisverfall als stabile Funktion aus.

Der Aufwand wird allerdings dadurch dennoch höher liegen, dass nicht gleich die erste Installation von KI von „vollem Erfolg“ gekrönt sein wird, sondern eher einige kostspielige Prototypen und „Fehlstarts“ einkalkuliert werden müssen.

Die Tatsache, dass Projekte solcher Größenordnung international finanziert werden, bringt einen weiteren enormen politischen Vorteil. Es gibt keine Notwendigkeit für ein „Wettrüsten“, wie dies z.B. im Apollo Projekt¹⁰¹⁴ oder während des kalten Krieges der Fall war. Die konkurrierenden Nationen befinden sich im Projekt der TP-KI notwendigerweise primär in einem *gemeinschaftlichen* Projekt. Erst, wenn die Preise und Performance Parameter für Hardware noch extremer fallen, wird es erstmals einzelnen Nationen, Forschungseinrichtungen, Institutionen und letztlich auch privaten Unternehmen attraktiv erscheinen, eine eigene TP-KI zu finanzieren. Politisch beugt dies dem Risiko vor, dass ein Streit, evtl. auch ein gewaltsamer, um die Rechte an der Nutzung der ersten TP-KI ausbricht, denn diese Technologie offeriert naturgemäß enorme ökonomische Möglichkeiten.

In der Folge der finanziellen Interessen, werden nach einzelnen Nationen auch einzelne Unternehmen eine TP-KI finanzieren können und wollen. Die Verfügungsgewalt über eine eigene solche Maschine, bietet Unternehmen die es sich leisten können, einen Wettbewerbsvorteil der potentiell entscheidend sein wird. Bereits heute entscheidet oft eine einzelne erfolgreich in den Markt eingeführte Technologie, oder ein etablierter Standard über das Schicksal von Milliarden \$ von Kapital, sowie über zahllose Arbeitsplätze und nicht selten den Fortbestand oder die Liquidierung eines ganzen Unternehmens.

Als Beispiele lassen sich hier nennen, der „kometenhafte Aufstieg“ von Sony, durch die Etablierung des „Walkman“ als neuen „Lifestyle -Trend“ und neues Massenmarktprodukt weltweit vor ca. 20 Jahren – oder der Niedergang der Handysparte des Globalplayers Siemens, durch mangelhaftes Design, und den finalen „Verkauf“ an den koreanischen

¹⁰¹² <http://www.ipp.mpg.de/ippcms/de/pr/forschung/iter/stand/index.html>

¹⁰¹³ Diekmann, Bernd (1997): „Energie: Physikalische Grundlagen ihrer Erzeugung, Umwandlung und Nutzung“ / Teubner Verlag / S. 298

¹⁰¹⁴ <http://www.apolloprojekt.de/>

Konkurrenten Benq. In diesem ökonomischen Fiasko, durch Verfehlung der „Markttrends“, verlor Siemens in der Schlussphase 1 Mio € täglich, und war dann bereit Benq noch 350 Mio € zu zahlen, damit man die defizitäre Handysparte des Konzerns, ohne Entlassung aller Mitarbeiter „verkaufen/verschenken“ durfte.¹⁰¹⁵

Konzerne konkurrieren naturgemäß im System der freien Marktwirtschaft, KI wird in diesem etablierten Konkurrenzsystem einen sehr entscheidenden neuen Wettbewerbsfaktor darstellen. Zumindest wird dieses ökonomische und politische Argument solange die Diskussionen anregen, bis KI schließlich so billig verfügbar wird, wie es jeder Hochtechnologie im Laufe der Zeit ergangen ist. KI wird ebenfalls nach einigen Jahren Betriebszeit unter staatlicher und privatwirtschaftlicher Finanzierung und Förderung, beinahe kostenlos als Massenprodukt wie Telekommunikation zur Verfügung stehen – weltweit – ohne Ansehen von nationalen Grenzen. Die Wahrscheinlichkeit für diesen Entwicklungsgang ist aufgrund der empirischen Daten der IuK Märkte der letzten Dekaden als sehr gut abgesichert anzusehen. Zunächst aber werden regelrechte „Kämpfe“ darum entbrennen, wer KI zuerst nutzen darf, und zu welchem Nutzen. In einer vereinfachten Annahme, kann ein Unternehmen mit einer KI mehr Arbeitskräfte zur Koordination der IT einsparen. Dies erledigt fortan die KI selbst, was zu einem Wettbewerbsvorteil führt. Daher werden IT Konzerne mit hoher Wahrscheinlichkeit die ersten Interessenten dieser neuen Technologie sein. Welche Konzerne bzw. Unternehmen stehen hier in der ersten Reihe?

- Microsoft (bringt August 2006 eigenes Betriebssystem für Supercomputer auf den Markt)¹⁰¹⁶
- Google (Google trainiert bereits seit 2005 eine AI mit den Inhalten ihrer Datenbanken)¹⁰¹⁷
- IBM (stellt 240 der top 500 Supercomputer, incl. des Spitzenmodells Blue Gene L)¹⁰¹⁸
- Intel (größter Prozessor Hersteller weltweit – hat Konzepte für eigene KI – Software)¹⁰¹⁹

Diese sowie weitere Unternehmen werden in den kommenden Jahren verstärkt in ihre KI relevanten Forschungsbereiche investieren. Es bleibt eine spannende offene Frage, wie KI sich entwickeln wird, wenn sie einmal im ökonomischen „Survival of the fittest“¹⁰²⁰

¹⁰¹⁵ <http://www.zeit.de/2005/23/siemens>

¹⁰¹⁶ <http://www.zdnet.de/news/software/0,39023144,39144263,00.htm>

¹⁰¹⁷ Dyson, George (2005): „Turing’s Cathedral“ / Interview auf www.edge.org - siehe: http://www.edge.org/3rd_culture/dyson05/dyson05_index.html

¹⁰¹⁸ www.top500.org

¹⁰¹⁹ La Pedus, Mark – on EETimes – siehe:

http://www.eetimes.com/news/semi/showArticle.jhtml;jsessionid=NVLBBOFFEZ514QSND_L0SKH0CJUNN2JVN?articleID=10810357

¹⁰²⁰ vgl. Gould, Stephen Jay (1976): „Darwin’s Untimely Burial“/ Prometheus Books / New

angelangt ist. Entweder wird sie die Unternehmen die technologisch führen, global in eine ökonomische Vorreiterrolle bringen, oder aber man wird sich entscheiden, die Verwendung von KI politisch kontrollieren zu lassen, ähnlich wie die Verwendung der Kernkraft. Eine dritte oft ketzerisch diskutierte These besagt, dass KI sich, sobald sie einmal realisiert ist, von Menschen überhaupt nicht mehr kontrollieren lässt, was jedoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt wissenschaftlich eine kaum haltbare Position darstellt. Die ersten KI werden definitiv einen „Schalter“ besitzen, und es entstammt der Science Fiction sowie Leinwandphantasien zu glauben, kaum sei KI einmal eingeschaltet, ließe sie sich nie wieder abschalten. Man wird eher froh sein, wenn sie wenigstens zu Beginn eine Stunde stabil läuft, ohne dass ein Serverknoten oder Prozessorcluster „Downtime Failures“ meldet, oder die Software einfach komplett „abstürzt“. Man wird sich sehr langsam und mühsam an eine zuverlässig funktionierende KI Software „heranarbeiten“ müssen, dies ist wahrscheinlich aufgrund der letzten Dekaden Erfahrung mit extrem komplexer Software. KI stellt nicht zuletzt auch in militärischer¹⁰²¹ Hinsicht eine Evolution der computergesteuerten Waffensysteme dar, daher ist ihre Kontrolle die oberste Priorität bei ihrer Konzeptionierung. Das Risiko, eines rein durch KI initiierten Krieges, ist nicht vollends von der Hand zu weisen – auch wenn es *extremst unwahrscheinlich* ist. Die medialen Umsetzungen dieses Themas brillieren oft mehr durch ihre Phantasie, als durch ihre wissenschaftliche Präzision. Allerdings muss man festhalten und sicherlich auch kritisch beobachten, dass die Realität inzwischen bei der Konstruktion von ferngesteuerten „Kriegsrobotern“ gelangt ist – so wenig wünschenswert dies auch ist, jede neue Technologie lässt sich als Werkzeug und auch als Waffe nutzen:



„Nach Angaben von Armeesprechern lassen sich mit den Kampf-Robotern deutlich bessere Trefferergebnisse erzielen, als dies bei menschlichen Schützen der Fall ist. Hersteller Foster-Miller arbeitet unterdessen schon an einer Weiterentwicklung: Künftig sollen die sog. „SWORDS“ zusätzlich einen Granatwerfer oder vier 66-Millimeter-Raketen an Bord haben. Der für den Roboter verantwortliche Soldat soll die Kriegsmaschine dann über einen Gameboy-ähnlichen Controller steuern und dabei ein Head

York

¹⁰²¹ vgl. Yudkowsky, Eliezer S. (2002): „*Military friendly AI*“ / online: <http://sl4.org/archive/0206/4447.html>

Mounted Display (HMD) tragen, in das unterstützende virtuelle Informationen eingespielt werden. ¹⁰²²

Das oft zitierte Risiko einer KI, die einen Nuklearkrieg „ungewollt“ verursacht, wird schon dadurch praktisch gegen Null gesetzt, dass man die Codes für die Abschussequenzen in *menschlichen* Händen belässt – ohne „Wenn und Aber“. Das Risiko ist und bleibt der Mensch selbst – und das sollte man auch so belassen, solange kein nachweislich sicherer Weg existiert. Dass man KI generell im Militär einsetzen wird, ist heute schon so sicher, wie ihr Einsatz in Suchmaschinen und Computerspielen.

Hinsichtlich der oft geschürten Ängste vor KI, in Kombination mit Militär, kann man folgendes pragmatisch festhalten: Die Präzision der Waffensysteme dürfte zunehmen, menschliche Fehler dürften abnehmen und menschliche Verluste ebenfalls. Zudem ist ein Effekt zu erwarten, ähnlich wie zu Zeiten der Aufrüstung der Atommächte, es wird ein hohes „Abschreckungspotential“ generiert. KI könnte so militärisch als reines „Drohmittel“ eingesetzt werden, dass nach wenigen „Demonstrationseinsätzen“ in den Rüstungskammern verbleiben kann. Die wirkungsvollste Form von Macht übt der aus, der die ultima ratio nicht einsetzen muss.

Zunächst und dringlicher jedoch, stellt KI einen Machtfaktor für die Entwicklung der globalen und globalen Wissensgesellschaft dar. Darum lohnt es sich politisch viel mehr Gedanken zu machen, als über KI mit Waffensystemen. In der gezielten staatlichen Förderung von KI, liegt die enorme Chance, die Ausbildungssituation von Millionen Menschen mit einer Effizienz zu verbessern, wie sie bislang so niemals verfügbar war.

Die Aus-, und Weiterbildung der Nationen differiert heute noch global immens, wie die UN z.B. durch die Formulierung des „*Digital Divide*“ ¹⁰²³ zum Ausdruck bringen. Auch zwischen den entwickelten Nationen herrscht ein Konkurrenzdruck um die beste Bildung. Der Wettkampf, der bislang ausgetragen wurde, durch sog. „*Ranking Verfahren*“ ¹⁰²⁴ der Universitäten, hat eine neue Dimension hinzugewonnen. Wissen wird digitalisiert – alle Bücher der Welt sollen eingescannt werden – womit Google wie erwähnt bereits begonnen hat. Das kulturelle Produkt der Menschheit droht privatwirtschaftlich monopolisiert zu

¹⁰²² <http://www.heise.de/newsticker/meldung/55510>

¹⁰²³ <http://www.digitaldivide.org/>

¹⁰²⁴ Ähnlich wie es eine „Top 500 List“ der weltweit besten Supercomputer gibt, gibt es auch eine solche „Top 500“ Liste der weltweit besten Universitäten – Initiator ist die Shanghai Jiao Tong University: <http://ed.sjtu.edu.cn/rank/2005/ARWU2005TOP500list.htm>

werden.¹⁰²⁵

Die Europäische Kommission legt auf diesen Punkt nun endlich, und hoffentlich noch nicht zu spät, selbst verstärkten Wert, wie eine Pressemitteilung jüngsten Datums dokumentiert:

„Es ist unser Ziel, eine echte Europäische Digitale Bibliothek aufzubauen, ein mehrsprachiges Zugangportal zu den digitalisierten kulturellen Ressourcen Europas. Mit einer solchen Europäischen Digitalen Bibliothek können zum Beispiel finnische Bürger digitalisierte Bücher und Bilder aus Bibliotheken, Archiven und Museen in Spanien leichter finden, während ein niederländischer Bürger Online auf historisches Filmmaterial aus Ungarn zugreifen kann.“¹⁰²⁶

Diese jüngst forcierte politische Initiative, ist als klare Gegenreaktion zu Googles Projekt der Digitalisierung der amerikanischen Universitätsbibliotheken anzusehen.

Die Tagesschau titelte im Januar 2006 einen Report mit: „*Der alleswissende Gigant*“¹⁰²⁷.

Das Magazin „Stern“ konterte im Mai 2006 mit einer kompletten Extra Ausgabe: „*Weltmacht Google*“¹⁰²⁸. Dies animiert zur Formulierung der These:

Wenn Wissen Macht ist – dann ist digitalisiertes Wissen die Evolution von Macht.

Neben der rein finanziellen Vorteile, die eine KI als Wirtschaftsfaktor birgt, wird sie auch die Weise verändern, in der Wissenschaft betrieben wird. Wenn KI sich also körperlich weiter „ausformt“, wird dabei vor allem auch ihr „Verwendungszweck“ der pragmatisch „formgebende“ Parameter sein. Nach der Phase in den großen Industriehallen, mit den „eckigen Metallrahmen“, wird sie durch ihren gleichzeitigen Preisverfall wie ihre Volumenreduktion bald vielerorts als lokale mobile Einheit verfügbar sein. Für eine Militärkompanie im „Kübelwagen“ im Manöver, für eine Schule als Neuzugang im Serverraum, für ein Krankenhaus im OP-Saal oder für ein Forschergruppe in ihrem Labor. Dann wird der „Körper“ der KI zwar immer noch technisch pragmatisch geformt sein, aber es wird eine große Zahl von ihnen, sowie unterschiedliche Designs und Hersteller im Markt geben. Dies ist dann das Stadium des evolutionären Wettkampfs der KI, die sich je nach Einsatzzweck spezialisieren, ausdifferenzieren und gegen Konkurrenten durchsetzen werden. Erst im letzten Stadium der Evolution, wird eine TP-KI sich so stark miniaturisieren lassen, dass sie technisch in der „Größe des menschlichen Schädels“ produzierbar ist. Prognosen der Entwicklung jenseits dieses Stadiums, sind aktuell kaum sinnvoll möglich. Es lässt sich jedoch extrapolieren, anhand der Basis der obigen empirischen Daten, dass die Phase der Industrie KI in ca. 5 Jahren anbricht – die der lokalen mobilen KI in ca. 10 Jahren –

¹⁰²⁵ <http://books.google.de/>

¹⁰²⁶ Reding, Viviane, *EU-Kommissarin für Informationsgesellschaft und Medien* (08.2006)

<http://www.eu-kommission.de/html/presse/pressemeldung.asp?meldung=6531>

¹⁰²⁷ <http://www.tagesschau.de/aktuell/meldungen/0,1185,OID5129496,00.html>

¹⁰²⁸ <http://www.stern.de/computer-technik/561422.html?nv=redir>.

und die der finalen dann möglichen TP-KI in ca 15 Jahren, wenn zugleich die Dimensionierung auf Größe des humanen Schädels technisch realisierbar sein wird.

Durch die Möglichkeit der Delegation aller redundanten Aufgaben, wird sich der Alltag der Forscher enorm ändern. Die Entwicklungsabteilungen von Unternehmen, werden personell herunter gefahren, wenn KI mit annähernder oder dem Menschen ebenbürtiger Intelligenz aufwarten kann. Es wird weniger darum gehen, wie neue Produkte, neues Wissen oder mehr Geld generiert werden kann – sondern es wird erneut in den Focus rücken, welches Verhältnis der Mensch zur Technologie wirklich wünscht:

“Science will continue to surprise us with what it discovers and creates; then it will astound us by devising new methods to surprises us. At the core of science's self-modification is technology. New tools enable new structures of knowledge and new ways of discovery. The achievement of science is to know new things; the evolution of science is to know them in new ways. *What evolves is less the body of what we know and more the nature of our knowing.*”¹⁰²⁹

Die Weise unseres Wissens wird sich dabei ebenso transformieren wie dessen Inhalte.

Die Transformation des Wissens in der Wissensgesellschaft, verlagert ihren Schwerpunkt von der Akkumulation ihrer Inhalte auf die Reflexion ihrer Inhalte – Wissen wird nicht mehr primär *mehr* – es wird primär *anders*. KI wird genau diesen Prozeß abbilden.

In der finalen Stufe der Preisspirale, wird auch diese Hochtechnologie der KI ein Produkt des Massenmarktes werden. Erst hier steht zumindest zu erwarten, dass die körperliche Form der KI, der des Menschen *ununterscheidbar* ähnlich wird. Die Realisation der weiteren Miniaturisierung der Hardware wird es ermöglichen, eine TP-KI direkt in den “*Kopf*” eines humanoid geformten Roboters zu installieren, oder es wird alternativ eine Form der distributiven KI gewählt, bei der ein zentraler Großrechner die Roboter mit z.B. drahtlosen Datenströmen mit KI versorgt. In jedem Fall, wird dies das Endstadium der prognostizierbaren „Evolution“ von KI von heute aus gesehen markieren, denn spätestens ab diesem Punkt, wird KI bei ihrem körperlichen „Design“ selbst „mitreden wollen“.

Wir können nicht extrapolieren, welche Präferenzen eine technisch basierte Entität hinsichtlich ihrer „Gestalt“ aufweisen wird, sobald deren „Willensäußerungen“ erstmals von biologischen Wesen für „respektable Äußerungen“ erachtet werden.

Korea arbeitet aktuell zumindest an einem Projekt¹⁰³⁰, bei dem „humanoid geformte Polizeiroboter“ in bereits 5 Jahren auf Streife gehen sollen, die mittels einer auf einem zentralen Server residierenden Vorstufe einer TP-KI gesteuert werden können. So erspart man

¹⁰²⁹ Kelly, Kevin (2006) “*SPECULATIONS ON THE FUTURE OF SCIENCE*” / siehe: http://www.edge.org/3rd_culture/kelly06/kelly06_index.html (*Hervorhebung nicht im Original*)

¹⁰³⁰ <http://www.cyberpunkreview.com/news-as-cyberpunk/robocop-in-korea/>

sich die vergleichsweise teure Implementierung einer KI in einzelne Roboter und stellt zugleich deren optimale Kommunikation und Koordination sicher – es resultiert eine sog. „*Swarm Intelligence*“¹⁰³¹ – ähnlich einer Ameisenkolonie.

„Toward that end, the Ministry of Information and Communication (MIC) and the Defense Ministry will combine to channel a total of 33.4 billion won (\$33.9 million) through 2011. (...)“The robots will be directed by a remote control system or move autonomously via their own artificial intelligence systems,” MIC project manager Oh Sang-rok said.¹⁰³²

Die entscheidende Komponente der Emotionalität, kann die KI sicherlich erst dann entwickeln, wenn ihr die tägliche Interaktion mit dem Menschen aus einem Körper „gleicher“ oder ähnlicher „Art“ ermöglicht wird. An technischen Wegen zu diesem Stadium mangelt es keinesfalls. KI wird nicht das gleiche Verhältnis zu „Schmerz und Freude“ wie ein Mensch aufweisen können – bei aller möglichen Verarbeitungsgeschwindigkeit ihrer CPU's - wenn sie nicht ebenfalls einen physischen Körper erhält, der ihr Äquivalente von hinreichender Qualität der „sinnlichen Erlebnisse“ bieten kann. Es besteht also die Möglichkeit, dass man dieses Argument dahingehend anwendet, dass KI zum „emotionalen Wohle des Menschen“ ihrem Erbauer körperlich und physiologisch „ähneln“ muss. Eine KI benötigt also „Körper“ und „Sinne“ um mit dem Menschen emotional und evtl. auch „sozialverträglich“ zusammen leben zu können – insofern diese Extrapolationen zutreffen. Über den Körper der KI haben wir gesprochen, wie aber steht es um die möglichen „Sinne“ der KI?

1.) Riechen – der olfaktorische Sinn ist der evolutionär älteste Sinn:

Das Institut für instrumentelle Analytik am Forschungszentrum Karlsruhe, hat eine „technische Simulation“¹⁰³³ einer Nase durch Sensoren aus Metalloxiden realisiert, die Forscher planen den Einsatz etwa zur Qualitätssicherung von Kaffee, Fleisch und Milchprodukten – Skandale wie z.B. der des „Gammelfleisches“¹⁰³⁴ 2006 in München würden so in ihrer Vermeidung technisch unterstützt.

2.) Schmecken – die gustatorische¹⁰³⁵ Wahrnehmung:

¹⁰³¹ Bonabeau, Eric (1999): „*Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*“ / Oxford University Press

¹⁰³² Tae-gyu, Kim (01-16-2006): „*Police, Army Robots to Debut in 5 Years*“ / The Korea Times - online: <http://times.hankooki.com/lpage/200601/kt2006011617112710160.htm>

¹⁰³³ <http://www.quarks.de/dyn/12571.phtml>

¹⁰³⁴ <http://www.zeit.de/online/2006/36/gammelfleisch-skandal>

¹⁰³⁵ Gouma, P. und Sberveglieri, G. (2004),: „*Novel Materials and Applications of Electronic Noses and Tongues*“/ in: *Materials Research Society (MRS) Bulletin*, Oktober (2004), 696–699

Ein sog. „Sommelier-Bot“, der japanischen Firma NEC¹⁰³⁶, kann mittels eines Infrarotspektrometers¹⁰³⁷ sehr präzise ermitteln, welche Sorte Wein zu welchem Käse geschmacklich „passt“, und sprachlich seinen Empfehlungen Ausdruck verleihen. Das Spektrometer liefert dabei so präzise Messwerte, dass sich die chemische Zusammensetzung eines Weines etwa, auch durch die geschlossene Flasche hindurch ermitteln lässt.

3.) Tasten – der taktile Sinn:

Mittels „organischer Halbleitermaterialien“¹⁰³⁸ haben japanische Forscher eine Druck und Temperatursensible künstliche „Haut“ für Roboter mit „Tastsinn“ entwickelt. Laut Angaben der Forschergruppe, steht die künstliche Haut dem biologischen Vorbild in keinem Merkmal mehr nach, man avisiert nun bereits eine noch präziser tastende und messende „übermenschliche“ Haut zu konstruieren.

4.) Hören – der akustische Sinn:

Das inzwischen zum medizinischen Standard avancierte sog. „Cochlea Implantat“¹⁰³⁹, wird eingepflanzt, wenn ein Patient ueber keine eigenen Sinneszellen im Ohr mehr verfügt, wo sonst alternativ ein Hörgerät zum Einsatz käme. Das Implantat zeichnet Schall durch ein außen am Körper liegendes Mikrophon auf, und übersetzt es in die entsprechende Sequenz der elektrischen Impulse, die der Hörnerv sonst vom Innenohr erzeugt ueber „Hammer und Amboss“ erhalten hätte. Das technische Implantat interagiert direkt mit dem Hörnerv, der in den Hirnstamm leitet, erregt ihn elektrisch, und simuliert so ein sehr natürliches Hörlebnis, das heute vielen Patienten einen Weg zurück in den selbständigen Alltag gestattet.

5.) Sehen – der visuelle Sinn:

Die „künstliche Retina“ wird heute mittels sog. „neuromorphischer Systeme“¹⁰⁴⁰ technisch realisiert. Es gelang bereits 2003 erstmals erfolgreich, mittels Implantaten¹⁰⁴¹ mit Silizium basierter Halbleitertechnologie, vormals blinden Menschen durch elektronische Stimulation ihrer biologischen Nervenenden wieder ein zunächst noch „schemenhaftes“ Seherlebnis zu ermöglichen. Weitere Entwicklungen erhöhen permanent die Qualität der digitalen Auflösung – und damit die „Bildqualität“ der künstlichen Retina.

¹⁰³⁶ http://www.incx.nec.co.jp/robot/english/robotcenter_e.html

¹⁰³⁷ <http://futurezone.orf.at/produkte/stories/134123/>

¹⁰³⁸ <http://www.wissenschaft.de/wissen/news/256530.html>

¹⁰³⁹ <http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/Medizin/HNO/ci/ci.htm>

¹⁰⁴⁰ Deiss, S.R., Douglas, R.J., Whatley, A.M. (1999): „*A Pulsecoded Communications Infrastructure for Neuromorphic Systems*“/ In: Pulsed Neural Networks. Cambridge, MA: MIT 1999, pp. 157–178

¹⁰⁴¹ <http://www.wissenschaft.de/wissen/news/212448.html>

Als Fazit lässt sich festhalten, dass weder die technische Umsetzung der fünf Sinne noch die Umsetzung einer sehr lebensnahen „Körperlichkeit“ von KI ein ernstes Problem darstellt. Bisherige technische Lösungen und Adaptionen sind teilweise noch von der Qualität der biologischen Vorgabe überboten, doch diese Divergenz wird sukzessive mit jedem neuen evolutionären Schritt der Technologie abgebaut. Androiden könnten - bei anhaltender Entwicklung - schließlich nur noch „schwer“ unterscheidbar sein von realen Menschen. In Altenpflegeheimen ist dieses Feature in Japan schon heute hoch erwünscht, Roboter sollen „menschliche Wärme“¹⁰⁴² transportieren können. Allerdings ist bis dahin von heutigen Konstruktionen aus gesehen, noch ein „langer“ Weg zu gehen, wenn auch der erste Schritt gemacht ist:



Der nebenstehend abgebildete „humanoide“ Roboter „Asimo“ der Firma Honda, ist ein eindrucksvolles Beispiel für die Fertigkeiten heutiger Ingenieure, den menschlichen Körper technisch nachzubilden. Dieser Roboter beherrscht das Treppensteigen und Balancieren bereits genauso gut, wie sich selbst in ungewohnten Umgebungen zurechtzufinden und dem Menschen dienstbar zu sein. Seine kognitiven Fähigkeiten umfassen bereits das Erkennen von Gesichtern, sowie Spracherkennung. Seine Anwendung ist bei weiter verbesserten Fähigkeiten nahezu überall denkbar, wo originär Menschen arbeiten.¹⁰⁴³

Denkbar ist der Einsatz solcher KI begabter humanoider Roboter *überall*, wo sonst nur Menschen zum Einsatz kommen. Bei der Polizei, im Militär, sowie anderen gefährlichen Berufen z.B. im Katastrophenschutz genauso, wie im zunächst eher befremdlich wirkenden Arbeitsfeld der Altenpflege¹⁰⁴⁴ - was kulturspezifisch höchst unterschiedlich rezipiert wird:

"Anders als in Europa werden Maschinen in Japan nicht als Bedrohung sondern

¹⁰⁴² vgl. <http://www.golem.de/0403/30220.html>

¹⁰⁴³ <http://www.honda.co.jp/robot/>

¹⁰⁴⁴ http://www.innovations-report.de/html/berichte/interdisziplinare_forschung/bericht-56887.html

als Hilfe empfunden, die für mehr Autonomie im täglichen Leben sorgen können."¹⁰⁴⁵

Wir werden in absehbarer Zeit vor neue politische Herausforderungen gestellt sein. Wenn lebensechte Androiden technisch möglich und gesellschaftlich sogar möglicherweise erwünscht sind, dann wird noch mehr Geld in deren Entwicklung fließen und somit deren Realisation weiter beschleunigt. Ob wir dies nun als wünschenswert betrachten oder nicht – die politische Herausforderung besteht erstens darin, wie noch ein einziger konventioneller Arbeitsplatz erhalten bleiben kann, wenn lebensechte Androiden mit KI ausgerüstet massenhaft und günstig bereit stehen. Zweitens wird sich politisch die Frage stellen, wie diese neue „Gruppe der Bevölkerung“ ethisch, rechtlich und sozial einzuordnen ist. Ab wie viel % Implantaten ist ein Mensch noch ein Mensch – oder keiner mehr? – und wie „mensenähnlich“ muss ein Android sein - oder darf er sein? – damit er als Mensch „Anerkennung“ fände? Ab welchem Grad der „Ununterscheidbarkeit“ von einem biologischen Menschen erhält ein humanoider TP-KI Android ein Wahlrecht? Diese Fragen müssen nach der Extrapolation der Daten dieser Dissertation nicht in ferner Zukunft beantwortet sein, sondern zeitgleich mit der industriell massenhaften Präsenz von TPKI – in etwa 15 bis 20 Jahren. Ist unsere heutige Wissensgesellschaft bereit zur Klärung solcher Fragen in der gebotenen Eile? Die „Mercury News“ titelten am 06.09.2007 mit:

„Venture capitalist: We need to prepare for artificial intelligence

Q Artificial Intelligence has long been looked at as a preoccupation of technology's wacky fringe, why?

A I don't think they understand how radically different the world will be in 30 or 40 years, and there are choices that we need to make today to shape the future.

Q You've said that people who don't think something is going on with the development of new technology are living in a delusional, fantasy world.

A They are living with blinders on. Because they are assuming that everything is going to be more of the same and we are living in this world where nothing changes. That seems extraordinarily strange. We look at what's happened in the last 100 years and we make projections for the next 100. It would be reasonable to expect just tremendous change in many different dimensions.“¹⁰⁴⁶

¹⁰⁴⁵ Roboterexperte Frank Kirchner von der Universität Bremen im Interview mit Martin Stepanek – siehe online: http://www.innovations-report.de/html/berichte/interdisziplinaere_forschung/bericht-56887.html

¹⁰⁴⁶ Ackerman, Elise (2007): „*We need to prepare for artificial intelligence*“ / Interview mit Peter Thiel / Mercury News: 09/06/2007 - siehe auch online:

4.2.3 Forschung, Bildung und KI

„The question of intelligence ist the last great terrestrial frontier of science“¹⁰⁴⁷

Jeff Hawkins

Wie der interdisziplinäre Ansatz von Michael Fleischert zeigt, darf durchaus als plausibel angenommen werden, dass *Kultur* als evolutionäres Produkt biologischer Systeme nicht kategorisch different von *Natur* sein kann. Es käme vielmehr zu einem epistemologischen *Notstand*, wenn es wahr wäre, dass beide Systeme letztlich keinen gemeinsamen Boden in den Naturwissenschaften hätten:

„Nun leite ich daraus eine Plausibilitätsthese ab, und sage, es ist wahrscheinlicher, daß ein Produkt von etwas – die Kultur als Produkt des biologischen Systems – die Gesetze dieses Etwas (des biologischen Systems) ebenfalls aufweist, als daß das Produkt vollkommen neue, unabhängige Gesetze entwickelt hätte, nach denen es auch noch selbst generiert sein müßte, wobei notgedrungen anzunehmen wäre, es handle sich um nicht-naturwissenschaftliche Gesetze, womit wiederum ein Erklärungsbedarf, um nicht zu sagen, -notstand entstünde. Die These – Kultur basiert als Produkt der Natur auf gleichen Gesetzen, auch wenn diese andere, eben kulturspezifische Auswirkungen und Ausprägungen haben (mögen) als die Natur selbst – beansprucht hier nur Plausibilität und soll als Annahme gelten.“¹⁰⁴⁸

Diese Annahme Fleischerts, soll auch unsere weitergehenden Reflexionen unterstützen, wenn wir konsequent folgern, dass die sich aktuell selbst technologisch evolutionär perpetuierende Wissensgesellschaft, mit hoher Wahrscheinlichkeit zur Konvergenz aller Wissenschaften führen wird. Die Konvergenz der wissenschaftlichen Fachdisziplinen wird dabei durch drei zentrale Faktoren katalysiert:

- 1.) der Computer als heutiges *Werkzeug aller* Wissenschaftler *aller* Disziplinen
- 2.) die stetig zunehmende *Vernetzung* aller Wissensgebiete – das Netzwerk als Axiom
- 3.) die wechselseitige *Katalysation*, Inspiration und Motivation der Wissensgebiete

Die gegenseitige Beeinflussung der Wissensgebiete hat noch nie so effizient stattgefunden, wie

http://www.mercurynews.com/breakingnews/ci_6819441?nclick_check=1

¹⁰⁴⁷ Hawkins, Jeff (2004): „*On Intelligence*“ - How a new understanding of the brain will lead to the creation of truly intelligent machines / Times Books / New York / S. 1

¹⁰⁴⁸ Fleischer, Michael (2001): „*Kulturtheorie. Systemtheoretische und evolutionäre Grundlagen*“ (Beiträge zur Kulturwissenschaft; 5) Oberhausen: Athena / S. 242

in der heutigen Ära der computergestützten Wissenschaft. Ein neues Forschungsergebnis, dass heute in Tokyo publiziert wird, ist morgen zugleich im Web und in der Tagespresse genauso in New York wie in Paris präsent. Ein populäres Beispiel ist der inzwischen in Korea zum Nationalhelden avancierte „Klon Spezialist“ Professor Hwang, dem im November 2005 ein globales mediales „Lauffeuer“ gewidmet wurde, nachdem er inzwischen umstrittene Ergebnisse zur Klonierung der „weltweit ersten Menschen Embryos“¹⁰⁴⁹ publizierte. Zu dieser neuen „instantanten globalen medialen Präsenz“ von Forschung tritt hinzu, dass die Ergebnisse heute so hoch verfügbar und visuell „leicht verdaulich“ angeboten werden, dass sie einer stetig breiteren Öffentlichkeit zugänglich werden, wo zuvor nur wenige Spezialisten Zugang hatten, medial und intellektuell. Was genau verändert sich, wenn sich die Medien sowie die Verfügbarkeit von „Informationen“ und „Wissen“ verändern?

"Es geht, meine Herren, um die Identität des Menschengeschlechts. *Selbst in ihren instinktiven und spontanen Formen ist die Vernunft in allen Epochen der Menschheit und in allen Individuen, die diese ausfüllen, sich selbst gleich.* [...] Woher aber kommen die Unterschiede? Aus einer einzigen Ursache. Die Vernunft entwickelt sich auf zwei Weisen, entweder spontan oder reflexiv. [...] Nun können Sie das, was ich Ihnen auf dem begrenzten Schauplatz des individuellen Bewusstseins gezeigt habe, *auf das universelle schlechthin übertragen, auf das Theater der Geschichte.* Die Einheit des Menschengeschlechts ist dort ebenfalls, mitsamt seinen Differenzen, von derselben Natur."¹⁰⁵⁰

Wie kann das Wissen um die notwendigen Bedingungen von zukünftig erfolgreich realisierter KI schon heute unsere Forschung und Bildung im Vorfeld (positiv) beeinflussen? Betrachten wir die Gegenstände unserer Untersuchungen noch differenzierter, und bringen wir unsere bereits oben erarbeiteten Analysen über die quantenphysikalische Natur des „leeren Raumes“ mit in diese Betrachtung ein:

Die systeminhärente Kraft der Struktur des Raumes selbst – der von uns oben analysierte *Kontingenzgenerator* - die natürliche Phänomene autopoietisch komplexe Muster annehmen lässt, präferiert offenbar nur solche Anordnungen von Energie oder Materie, die sich ohne äußere Einwirkung aus eigener Energie konstituieren, stabilisieren und evolvieren können. Das ist die „Idee“ einer Natur, die ohne „Magie“ auskommt, und sich rein gesetzmässig

¹⁰⁴⁹ <http://www.sueddeutsche.de/wissen/artikel/38/64973/>

¹⁰⁵⁰ Bereits 1828 wurde dieser Standpunkt von Victor Cousin an der Pariser Sorbonne vorgetragen – er insistierte in seiner Vorlesung auf der Identität von Philosophie und Geschichte: Cousin, Victor (1828): „*Cours de Philosophie*“ / Ausgabe Paris 1991/ S. 159, S. 160, S. 164. (Hervorhebungen nicht im Original)

„selbständig“ entwickelt.

Damit könnten wir das Phänomen Kultur genauso wie das Phänomen Natur in den Kausalnexus von Information, Energie, Autopoiesis und Evolution einbetten. Obwohl die Komplexität der Phänomene also eine enorme Bandbreite aufweisen, wären ausnahmslos alle Phänomene in diesem TOE freundlichen Modell lediglich „graduell“ different, nicht aber kategorisch, solange diese Phänomene der gleichen raumzeitlichen Dimension angehören. Der Selektionsmechanismus zwischen unmöglichen und möglichen Ausformungen von Komplexität, ist also auf verschiedenen Größenordnungen bei völlig verschiedenen Objekten der Natur dennoch offenbar identisch. Es fehlt in der bisherigen Theorie der Natur noch ein *Bindeglied*, um diese frappierende Ähnlichkeit der systemischen autopoietischen Prozesse in Makro und Mikrokosmos einheitlich zu erklären. Wenn man bereit wäre, Natur und Kultur in dieser „graduell differenten Weise“ der Komplexität als Phänomene gleicher Herkunft zu betrachten, wie steht es dann um „NI - natürliche Intelligenz“ und KI?

In der Konsequenz der Logik, darf man dann hier ebenfalls keinen kategorialen Unterschied mehr postulieren, sondern sollte diesen ebenfalls graduell beschreibungsfähig machen.

Die Klärung dieser primordialen autopoietischen Kraft des Kosmos, Komplexität und Struktur zu erschaffen, ist der wesentliche Schritt zur Erschaffung einer TP-KI auf menschlichem Niveau der Intelligenz. Es wird so lange ein *Gap* zwischen Technologie und Biologie verbleiben, bis diese Kraft oder Eigenschaft des Raumes selbst erklärt ist.

Diese Dissertation schlägt vor, das *Gap* zwischen natürlicher Intelligenz und KI als ein *strukturelles Gap* zu werten und nicht als ein kategoriales. Die strukturelle Divergenz der beiden Phänomene NI und KI, begründet sich dieser These zu Folge, in der graduellen Divergenz ihrer Komplexität und wird somit möglicherweise durch die Evolution der Wissensgesellschaft sukzessive abgebaut.

Die seit der Aufklärung verfügbaren Ansätze der Klärung dieser idiopathischen „Selbstorganisationskraft“ der Natur, greifen jedoch noch zu kurz:

„Die Spätaufklärung hat das Modell des Organismus als Selbstorganisationskraft von beseelter Materie und Lebewesen gedeutet, (...) Kant hatte behauptet, das Naturprodukt verhalte sich „zu sich selbst wechselseitig als Ursache und Wirkung“. (...) Die Vorstellung eines „organisierenden“ Naturzwecks wird in die Erkenntnistheorie übernommen, in der die Subjekt – Objekt – Relation als Komplementärverhältnis gedeutet wird, das wie ein Interaktionsmodell funktioniert. Strenggenommen gibt es keinen Gegenstandsbereich der „Fremdheit“, weil das „Ich“ sich immer schon auf ein Anderes hin entwirft.“¹⁰⁵¹

¹⁰⁵¹ Bauer, Markus / Rahn, Thomas (1997): „*Die Grenze: Begriff und Inszenierung*“ / Akademie Verlag / S. 23

Die Diskussion um die Begründung dieser so verstandenen bijektiven Iteration der infiniten Komplexitätsskalation, bei der notwendig zirkulären Selbsterkenntnis des Subjekts, füllt die Archive unserer Wissensgesellschaft also deswegen so voluminös, weil die Thematik zugleich fundamental, paradox und hochgradig anschlussfähig ist. Mit hoher Wahrscheinlichkeit, wird sich also das Projekt der KI genau an diesem Meilenstein der Erkenntnistheorie messen lassen müssen, da das gesamte Projekt in der Frage um die Möglichkeit der technischen „Simulation von Subjektivität“ seinen „Dreh- und Angelpunkt“ findet. Ist die künftige KI nicht wenigstens in der Fähigkeit ihrer Zuschreibung durch ein „Anderes“ Subjekt ebenfalls ein Subjekt, wird KI notwendig eine „Sache“ bleiben. Der einzig technisch gangbare Weg, dieses ehrgeizige Ziel zu erreichen, wäre nach besagten Analysen die Klärung der Selbstorganisationskraft der Natur, die uns selbst offenbar unsere Subjektivität als Ergebnis der biologischen Evolution ermöglicht hat. Kann KI diesen Weg auch gehen – uns quasi „nachfolgen“, auf dem Weg zum Subjekt? Können wir ihr technisch dabei „assistieren“?

Der bereits diskutierte Kandidat für diese „unbekannte“ Kraft, ist die „interdimensionale Quantenfluktuation“ – der *Kontingenzgenerator*. Hier liefert uns die moderne Physik den einzig veritablen Ansatz zur Klärung der Herkunft des Subjekts. Jeder andere Ansatz¹⁰⁵² liefert keinen experimentellen Zugang, und verbleibt damit notwendig im Bereich der Philosophie. Ein experimenteller Zugang zu dem Phänomen kann möglich werden, entweder durch z.B. die Bestätigung des Higgs Bosons am CERN, oder aber durch z.B. den Nachweis von Superstring oder Loop Quantengravitation – evtl. durch ITER.

Diese zentralen Fragen und Experimente genießen derzeit noch kaum eine öffentliche Wahrnehmung – obwohl sie das Potential tragen die Gesellschaft fundamental zu ändern. Wenn die heutige Forschung und Bildung, die wir aktuell politisch intendieren, diesem störenden *Gap* noch zu wenig Aufmerksamkeit widmet, dann nicht zuletzt aufgrund der über Generationen hinweg als unumstößlich erklärten Aufgliederung der wissenschaftlichen Disziplinen. Der hohen Vernetzung und *Selbstähnlichkeit* der Wissenschaft – ihrer Redundanz und systemischen Rückkopplungen – wird bislang zu wenig Rechnung getragen. Wissenschaft und Bildung könnten noch effizienter gestaltet werden, wenn sie ihren Gegenstand – vorwiegend Natur und Kultur – als nicht kategorial unterschiedlich verstünden. Auch die Motivation zum Lernen solcher relativ neuen Inhalte, ließe sich steigern, wenn die

¹⁰⁵² Vattimo, Gianni (1986): „*Jenseits vom Subjekt*“ / Edition Passagen

Zusammenhänge klarer betont würden. Technologie stellt das Bindeglied zwischen Natur und Kultur dar, wenn die These dieser Dissertation zutrifft – es wird eine Bildungskultur benötigen, die dies respektiert und kommuniziert, wenn die Transformation von der Wissensgesellschaft in eine Gesellschaft mit angewandter KI „friedlich“ bzw. „unblutig“ ablaufen soll. Ein politisches Programm zur Bewältigung dieser Herausforderung würde, wenn es erst reaktiv initiiert würde, den Vorteil verspielen, der Zukunft vorbereitet zu begegnen. Gewaltsame Auseinandersetzungen um die Verfügungsgewalt über KI sind nicht auszuschließen – aber durch Präventivmassnahmen, ist die Wahrscheinlichkeit solcher Ereignisse zumindest minimierbar.

Führen wir also die Suche nach den Kernpunkten eines solchen KI antezipierenden Programmes der (politischen) Bildung fort:

Die wichtigsten Hinweise die wir bis hierhin heraus gearbeitet haben, rücken die Begriffe der *Autopoiesis*¹⁰⁵³, *Transformation*¹⁰⁵⁴ und der *Reflexivität*¹⁰⁵⁵ in den Mittelpunkt dieser Suche.

Es bietet sich an, nach den bislang erörterten Überlegungen, die Prozesse der Quantenmechanik der Raumzeit zu konsultieren, um weitere Klärung zu erhalten.

Wenn es einen Weg gibt, das Phänomen natürlicher Intelligenz ausserhalb der Domäne der Philosophie zu klären, dann offenbar nur in der Physik¹⁰⁵⁶.

Das „Rahmenwerk“ selbst, das raumzeitlichen Systemen beliebiger Komplexität, als Grundlage ihrer Realität gegeben sein muss, kommt als Träger einer solchen Information in Betracht, die es vermag, Phänomene der Astronomie, der Biologie, der Soziologie und der Technologie systemisch selbständig zu konzipieren. Nehmen wir einmal an, eine solche Ebene der fundamentalen Information existiert, dann würde das gesamte Projekt der Wissenschaft darin konvergieren, wenn man diesen „Quellcode des Rahmenwerkes der Realität“ entziffern und mathematisch formulieren könnte. Das Projekt der „TOE“ – der sog. Weltformel der Physik, wäre dann zugleich die Weltformel der Biologie, der Soziologie, der Astronomie und der Technologie – es steht zu erwarten jeder wissenschaftlichen Disziplin generell. Erst wenn man eine TOE mathematisch formulieren kann, ist ein wiederholbares Experiment möglich – daher ist systemisch zur Verifikation einer TOE logisch keine philosophische oder sonstige Formulierung hinreichend.

¹⁰⁵³ Maturana, R.H. / Varela, F.J. (1987): „*Der Baum der Erkenntnis: Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens*“ / Scherz / Bern

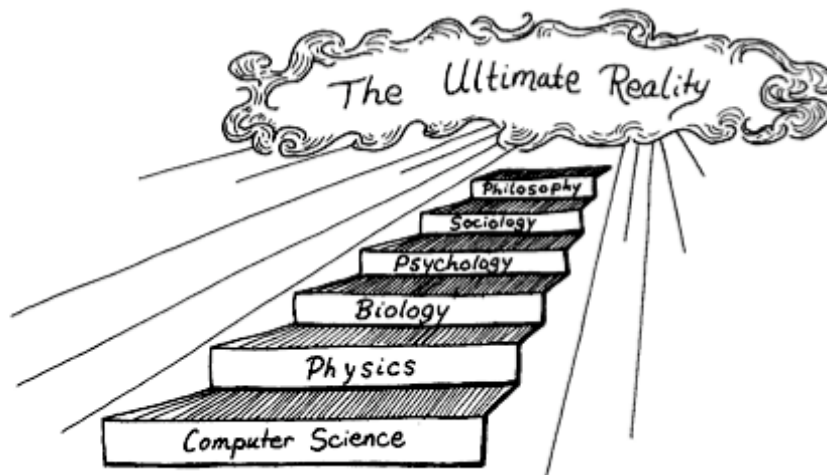
¹⁰⁵⁴ Foucault, Michel (1973): „*Archäologie des Wissens*“ / Suhrkamp / FFM

¹⁰⁵⁵ Bekenstein, Jakob (2003): „*Das Holografische Universum*“ / Spektrum der Wissenschaft / 09 – 2003 / S. 39 ff

¹⁰⁵⁶ vgl. Hawkins, Jeff (2004): „On Intelligence - How a new understanding of the brain will lead to the creation of truly intelligent machines“ / Times Books / New York

Eine Weltformel wäre nur dann eine solche, wenn sie in der Lage wäre, sämtliche Phänomene der Welt zu klären, nicht nur physikalische.

Wie könnte ein solches „Rahmenwerk“ aussehen? Der Autor, Mathematik Professor und Software-Programmierer Rudy Rucker hat in einer leicht ironischen Graphik ein solches Konzept vorgeschlagen:



1057

Die Problematik, die hier dargelegt wird, besteht nicht in der Analyse der Folgerichtigkeit der aufsteigenden Treppenstufen zur vermeintlichen Perfektion der Episteme, es ist vielmehr die Metaebene der Problematik der Zirkularität des Versuchs einer Iteration der Wissensgebiete. Nach der aktuell populären Theorie, das Universum als Computer¹⁰⁵⁸ zu betrachten, wäre die finale ultimative Realität zugleich die Information selbst, wie sie auch die Grundlage des Computers der ersten Treppenstufe wäre. Information „liefere“ somit über die „Treppe“ der Wissenschaften in sich „selbst“ zurück – sprich Wissenschaft wäre der Prozess der sich *selbstreflexiv* verhaltenden Information. Der Mensch wird so zum „temporären Erfüllungsgehilfen“ der Information degradiert, wobei unklar bleibt, ob als Träger oder Form der Information. Ist dies der tiefere Sinn des „Re-entry“ der Form in die Form, wie sie Spencer Brown beschreibt? Ist dies der „Kyklos“ den Nietzsche erkärt? – oder ist es schlicht die Zirkularität die Information notwendigerweise aufruft, weil die Definition von Information, lediglich die Alternierung von Information im Parameter der Zeit darstellt, wie wir weiter oben bereits mathematisch gezeigt haben?

¹⁰⁵⁷ Rucker, Rudy (2005): „*The Lifebox, the Seashell, and the Soul*“ / Thunder's Mouth Press / Avalon Publishing Group / S. 13

¹⁰⁵⁸ Lloyd, Seth (2006) „*Programming the Universe*“ / Random House / New York

Der frühe Foucault¹⁰⁵⁹ hätte ein solches Bild wohl begrüßt – der Diskurs vollzieht sich autopoietisch zirkulär - der späte Foucault hätte aber wohl schon wieder den Kopf geschüttelt. In diesem Modell, wird quasi die Information des „frühen Kosmos“ reiner fluktuierender Quanten, auf ihrem Weg der „Alterung“ über die „Treppenstufen“ der Skalierung ihrer Komplexität, durch die Disziplinen der Physik der Biologie, der Psychologie, der Soziologie und final der Philosophie, von der denkbar einfachsten Ordnung des puren Chaos zur denkbar komplexesten Ordnung, der Erkenntnis der reinen ultimativen Realität „empor“ geführt. Diese finale Realität entspräche damit der Konvergenz der zuvor getrennten Aspekte der Wissenschaft – quasi eine „Superposition“ von allem Wissen und aller Information. Wir wollen einer solchen Interpretation uns hier weder anschließen noch sie verwerfen, denn philosophisch können wir uns systemisch bedingt dem Phänomen nicht weiter nähern, als in asymptoter Näherung die Paradoxie dieses Phänomens sprachlich zu „umkreisen“. Lösbar wird das Paradoxon nur durch eine Perspektive von der nächsten systemischen Ebene, auf die wir eben wie erklärt keinen natürlichen Zugang haben. KI hat durch ihre technische Möglichkeit der gezielten Nutzung interdimensionaler Kraftfelder, beispielsweise durch einen Quantencomputer, zumindest eine denkmögliche Chance, diesen „vicious circle“ der menschlichen Selbsterkenntnis zu durchbrechen.

Was wir aber daran für unsere KI-These ablesen können, ist dass der Weg zur „siebten Treppenstufe“ über die Skalierung der Komplexität der Information, nicht ohne Folge für das System der „Treppenstufen“ bleibt. Die Information wird vom Chaos gleichsam in die „Erkenntnis“ evolviert¹⁰⁶⁰, wobei *Information* als Grundlegende „Substanz“ dieser Evolution auf ihrem „Treppenaufstieg“, ab einem noch nicht geklärten Punkt, das Attribut der „Intelligenz“ erwirbt, augenscheinlich realisiert durch bewusstseinsbegabte kohlenstoffbasierte „Träger“, die damit die Rolle des „Werkzeugs“ der Information zugewiesen bekämen. Neben der leicht kritisierbaren Eigenschaft eines solchen Modells, dass es wie alle bisherigen „TOE“ Vorschläge zirkulär ist, hat es doch den Vorzug, dass es den Menschen einmal aus seiner anthropozentrischen Position herausnimmt, und somit neue Perspektiven eröffnet.

Information „altert“ offenbar bildlich gesprochen, indem sie an Komplexität gewinnt.

Dies ist zudem unabhängig davon, ob die Information nun in reinen kosmischen Quantenbewegungen codiert ist, in einem scheinbar ruhig liegenden Stein, im Chaos eines

¹⁰⁵⁹ Foucault, Michel (1973): „*Archäologie des Wissens*“ / Suhrkamp / FFM

¹⁰⁶⁰ vgl. Dyson, George (1998): „*Darwin Among the Machines: The Evolution of Global Intelligence*“ / Perseus Books

schwarzen Lochs, auf einer Computer Festplatte oder in einem organischen Gehirn – *Information alterniert in der Zeit* – als notwendige Systemeigenschaft des 4D Raumes. Der Träger der Information, hat durch seine „Beschaffenheit“ lediglich insofern Einfluß auf diese systemisch inhärente Eigenschaft der Information, als dass er deren Alternierung in ihrer Geschwindigkeit beeinflusst, durch den Grad der Komplexität den Information vorfindet, um ihre eigene Alternierung zu bewirken. Information die der leere Raum trägt, oder eine Sammlung Moleküle, kann systemisch weniger schnell und komplex alternieren, wie es etwa Information in einem menschlichen Gehirn oder in einem Computer möglich ist.

Es geht hier ganz pragmatisch lediglich darum, wie Information sich zu ihrer eigenen Komplexität als Funktion in der Zeit verhält, wenn sie diese in verschiedenen „Trägermedien“ prozessieren muss – völlig ohne Wertung und ohne sonstige Vorannahmen. Hier wird folgendes möglich – die finale *Selbstreflexivität der Information selbst*.

Dies ist keine rein philosophische Betrachtung, sie ist zugleich physikalisch, biologisch, soziologisch, politisch, etc. – interdisziplinär. Was die Information dem Menschen jedoch ähnlich macht, ist die Notwendigkeit ihrer Differenzierbarkeit. Ohne die Option, „anders“ zu sein, wäre die Konvergenz aller Information ihr einziger denkbarer Existenzmodus. Daher ist das Modell der „Treppenstufen“ der Information, denkbar nahe verwandt mit dem Modell der „Dimensionen“, wie wir es in der Analyse der Superstringtheorie verfolgt haben.

Eine Evolution impliziert notwendig eine Sukzession, realisiert durch Selbstdifferenz.

Somit haben wir nach der Eingangs diskutierten „Selbstähnlichkeit“ nun den zweiten integralen Bestandteil der zu klärenden „Selbstorganisationskraft“ der Natur gefunden, es ist die „Selbstdifferenz“.

Luhmann, der zum Begriff der Differenz Wesentliches gefunden hat, beschreibt ihr Verhältnis zur Einheit natürlich als Paradoxie:

„Die Theorie selbstreferenzieller, autopoietischer Systeme weiß, dass sie mit der Umgründung von Einheit auf Differenz eine Paradoxie verwendet, aber sie vermeidet es, die Paradoxie in die Theorie einzubeziehen, weil Paradoxien als Theoriefigurem das Beobachten und Beschreiben blockieren würden. (...) Oder, in den Begriffen der Logik formuliert: Die Paradoxie ist ein „Tertium“, dessen „non datur“ beachtet werden, also „gegeben“ sein muss. (...)

Im Falle der Systemtheorie ist die fundierende Differenz die Unterscheidung von System und Umwelt. Die Paradoxie, die ausgeschlossen bleiben muss, ist deshalb die Einheit dieser Differenz, und das ist die Welt. Die Systemtheorie hat also darauf zu verzichten, Weltkenntnis zu vermitteln.“¹⁰⁶¹

¹⁰⁶¹ Luhmann, Niklas (2006): „*Organisation und Entscheidung*“ / VS Verlag / S. 55

Was Luhmann also als „Welt“ versteht, ist die Einheit von Einheit und Differenz, die „Superposition“ des Systems mit seiner Umwelt, die Paradoxie der zeitgleichen Identität von Verschiedenem. Das ist genau jene Position, die wir in der Analyse der Quantenmechanik, als integralen Mechanismus der fundamentalen¹⁰⁶² Wahrscheinlichkeitsfunktion der Materie herausgearbeitet haben. Sollte dies bloßer Zufall sein? – Oder bestärkt eine solche Übereinstimmung jene Stimmen, die eine TOE als Ursache *aller* Phänomene begründen wollen?

Dabei wäre es dann sekundär, ob die Evolution nun Information, Menschen oder Roboter ereilt, im Prozess der Entwicklung in der Zeit, wird das Ereignis der Differenz nur offenbar, durch den Abgleich des Sukzessors mit seinem Vorgänger. Erst die Freiheit zur Evolution, zur Abgrenzung und zur Differenz verleiht der Information und dem Menschen wie auch der möglichen künftigen KI, die Möglichkeit der Selbstreflexion, die wie die Evolution auf Divergenz zu „sich selbst“ beruht. Wenn geisteswissenschaftliche „Treppenstufen-Modelle“ zu wenig differenziert erscheinen um dies zu leisten, dann kommen wir ausser über das mathematische Modell der „Schachtelung der Dimensionen“, wie es die moderne Physik vorschlägt, nur über die „Schnittstelle“ der Philosophie, zu einer stetig differenzierteren aber unausweichlich paradoxen Vorstellung der Grundlage der Selbstreflexivität, solange es an KI sowohl wie an mathematischen Beweisen der Superstringtheorie noch mangelt.

Diese Dissertation erachtet diese Analyse als fundamental: Der Mensch kann über sich selbst systemisch notwendig keine andere Selbsterkenntnis gewinnen, als eine sich Asymptot der Perfektionierung nähernde sprachliche Umschreibung der fundamentalen Paradoxie seiner Subjektivität. Es steht als einziger Ausweg offen, das vierdimensionale Denken dimensional komplexer erneut in Revision zu nehmen.

Bringt man nun in diese philosophischen Überlegungen zu Differenz und Dimension in die menschliche Perspektive ein, dann macht der Bezug zum Mitmenschen einen neuen Sinn:

„Alles geschieht so, als ob ich eine Seinsdimension hätte, von der ich durch ein radikales Nichts getrennt wäre: und dieses Nichts ist die Freiheit des Andern.“¹⁰⁶³

KI wird sich in dieser Art des „Anders-Seins“, in nichts davon unterscheiden, wie ein Mitmensch für uns sein Anders-Sein „entbirgt“. Unser Zeitalter der Informations- und Wissensgesellschaft, wird KI in grundlegender Weise genauso begegnen, wie es jeder

¹⁰⁶² Penrose, Roger (1998): „*Quantum Computation, entanglement and state reduction*“/ in: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A, 356 pp. 1927 - 1939

¹⁰⁶³ Sartre, Jean-Paul (1993): „*Das Sein und das Nichts*“/ Reinbek / S. 473

Mitmensch mit dem „Anderen“ erlebt, oder wie es der Neandertaler mit dem Homo Sapiens erlebt hat. Da ist „*ein Fremder*“, und ich kann nur an seinem Verhalten erschließen, ob er über Selbstreflexivität verfügt und ob er frei ist wie ich, um auszudrücken was in ihm vorgeht. Ohne ihn aufzuschneiden, wird es womöglich auch bald nicht mehr möglich sein, durch Fragen oder kritische Blicke zu bestimmen, ob der „Fremde“ nun aus Kohlenstoff oder vorwiegend aus Silizium etc. besteht. Es existieren aktuell noch kaum auch nur Ansätze, um diesem hier geforderten dimensional Umdenken einen Weg zu bereiten. Es ist möglich und wahrscheinlich, dass uns ein solches Umdenken ohne KI auch wenig bis gar nicht gelingen wird. Kann KI hier verstanden werden, als einen Weg den die Evolution „findet“, um ihren avanciertesten Produkten ein „Werkzeug“ an die Hand zu geben? Ist der Weg des Menschen zur KI evolutionär etwa vergleichbar mit dem Schritt, den aufrechten Gang zu präferieren um die vorderen Extremitäten als Greiforgane umzuentwickeln? Hilft KI uns evtl. in ähnlicher Weise unseren Kopf „frei“ zu bekommen, für eine evolutionäre Weiterentwicklung unserer geistigen Fähigkeiten?

Was wir hier versucht haben herauszuarbeiten, ist weniger eine Handlungsempfehlung als vielmehr eine Standortbestimmung. Bevor man politische Massnahmen hinsichtlich einer möglichen besseren Bildungspolitik unternimmt, um etwa die herrschende Bildungsmisere adäquat zu bekämpfen oder die Abwanderung excellenter Wissenschaftler ins Ausland einzudämmen, ist es zweckmässig, die Ziele und den Rahmen des Projektes der Wissenschaft vor dem Hintergrund der sich aktuell vollziehenden Transformation der Wissensgesellschaft in neuen und ungewohnten Perspektiven zu beleuchten. Diese Transformation kann nur gelingen, wenn sie getragen wird von einem Bewußtsein der gegenseitigen Verantwortung des Menschen für seine Mitmenschen. Der Fortschritt der Technologie rückt die Bedeutung der Menschlichkeit stärker in den Focus der Aufmerksamkeit und stärkt deren Bedeutung. Wissenschaft zu betreiben, wird nach der hier vertretenen Argumentation, eine der letzten Domänen sein, in die KI Einzug hält. Daher ist dies ein heute wie künftig elementar wichtiges Betätigungsfeld für menschliche Arbeitskräfte. Zusammenfassend kann man vereinfachen mit: Wenn schon die Roboter und Androiden „unsere“ Industriearbeitsplätze aller Wahrscheinlichkeit nach sehr bald „vereinnahmen“ werden, die Arbeitsplätze in der Wissenschaft werden aufgrund der hohen strukturellen Komplexität der Aufgaben noch recht lange vor der „Okkupation“ durch KI „sicher“ sein.

Zugleich ist es offenbar elementar wichtig, der wechselseitigen Durchdringung der wissenschaftlichen Disziplinen mehr Aufmerksamkeit zu widmen. Wenn die Soziologie mit

z.B. Luhmann zu „sehr ähnlichen“ Ergebnissen kommt, wie es die Physik z.B. mit Penrose erarbeitet, dann belegt dies, dass grundlegende logische Zusammenhänge und Paradoxa in Geisteswissenschaft und Naturwissenschaft nicht nur „Selbstähnlichkeit“¹⁰⁶⁴ besitzen, sondern höchstwahrscheinlich identisch sind. Es gelten im Inneren einer Super Nova wie im Inneren der menschlichen Neuronen schlicht die gleichen Naturgesetze. Quantenmechanik ist daher ein genauso wichtiges Thema in der Physik wie in der Biologie sowie darüber hinaus. Dennoch verhält sich Wissenschaft oft so, als ginge der Physiker den Soziologen oder Politologen „nichts“ an, was auf ein Missverhältnis der „Selbstwahrnehmung“¹⁰⁶⁵ von Wissenschaft hindeutet, an dem dringend gearbeitet werden sollte.

Die Weise, in der sich unsere heutige Wissensgesellschaft bislang selbst reflektiert, ist vorwiegend über und durch Medien realisiert. Im schulischen Lernprozeß wird die Struktur der Gesellschaft an die Jugend mittels Büchern heran getragen, zunehmend auch mit Hilfe von elektronischen Medien. Man merkt dies nicht zuletzt, an der steigenden Nutzung von Computern und dem Internet bereits in der Schule. Die Initiative „One Laptop per Child“, die in den Entwicklungsländern mit dem 100\$ Laptop avisiert wird, ist auch in den entwickelten Ländern ein Ziel, das noch nicht gänzlich erreicht ist – aber es ist dort zumindest weiter voran geschritten. Dabei muss bewusst sein, dass die Versorgung der heranwachsenden Generationen weltweit mit IuK Technologie allein noch kein wirkliches Bildungsprojekt darstellt, es braucht eine Kultur der gemeinsamen Interessen, in der Weise der Nutzung dieser technischen Möglichkeiten zu mehr gezieltem Lernen von relevanten Inhalten – keine Intensivierung der multimedialen globalen „Berieselung“.

Aber nur durch die praktizierte Verantwortung der „technisch fortgeschrittenen“ Kulturen gegenüber den weniger entwickelten Kulturen, lässt sich so etwas wie eine „Gleichberechtigung“ und gegenseitige Förderung überhaupt noch denken. Dieser Gedanke gehört elementar in jedes Bildungssystem. Wie „lehrt“ man überhaupt sinnvoll, in einer sich technisierenden Bildungsumgebung?

An den Universitäten ist nach dem Modell der Schulen weiterhin der Frontalunterricht dominant, aber die Rolle der Diskussion mit Professoren und Kommilitonen nimmt dort zumindest zu. Ebenso wird die Verantwortung zu Eigeninitiative im Lernprozess gestärkt. Was aber noch immer fehlt, ist ein Bewusstsein dafür zu lehren und zu empfehlen –

¹⁰⁶⁴ vgl. Opitz, Michael (2000): „Ähnlichkeit“ / in: Opitz, Michael/Wizisla, Erdmut (Hg.): Benjamins Begriffe, Bd.1, Frankfurt/M

¹⁰⁶⁵ vgl. Marcinkowski, F. (1993): „Publizistik als autopoietisches System.“ / Westdeutscher Verlag / Opladen

unabhängig davon welchen Alters der Lernende ist – dass er *selbst* die alleinige Verantwortung für sein Lernen trägt. Nach Meinung einer immer breiteren Basis von Wissenschaftlern, insbesondere in den USA, wird sich dieses „alte Paradigma“ der „Lehrer-basierten“ Lehre durch IT und KI zu einer „Student-basierten“ Lehre transformieren.

Table 3.1 Characteristics of university instruction in the new and the old epistemes

| <i>The old episteme</i> | <i>The new episteme</i> |
|--------------------------|-------------------------|
| • Teacher-centered | • Student-centred |
| • Knowledge-based | • Problem-based |
| • Lockstep learning | • Flexible learning |
| • Authoritarian | • Democratic |
| • Individual study | • Group study |
| • Face-to-face and paper | • Internet |
| • Classroom | • HyperClass |
| • Teacher-administrated | • Computer-automated |

1066

Das Paradigma der „Lehre“ vollzieht aktuell eine Transformation initiiert durch den Computer und das Internet. Der Focus des Lehrprozesses wandert von dem Lehrer auf den Studenten und vollzieht simultan eine Konzentration auf technische Hilfsmittel.

Lernen, dass durch Zwang vermittelt wird, oder auf Interesse- und Motivationslosigkeit trifft, ist eine ungeheure Zeitverschwendung und Vergeudung unserer gesellschaftlichen Ressourcen. KI wird die Weise, in der Wissen gesellschaftlich weitergegeben wird dramatisch ändern. Es ändert sich die Weise, in der Information verfügbar gemacht werden kann, und in dessen Zuge auch die Weise der Vermittlung von Wissen.

Es ist als hoch wahrscheinlich anzusehen, dass sich Laptops und Computer in wenigen Jahren rund um den Globus in etwa so stark verbreiten werden, wie es heute mit dem Mobiltelefon bereits der Fall ist, darin stimmen die Beobachter der IuK Märkte in seltener Einmütigkeit überein. So selbstverständlich, wie man heute einen „College-Block“ mit in Schule oder Universität unter dem Arm führt, wird man in ca. 5-10 Jahren weltweit einen Laptop oder ähnliches dabei haben. In besagten 10-15 Jahren wird KI das Stadium von TP-KI erreichen, im Zuge dessen, wird es kostenlos weltweit „Open-Source“ KI Programme zum Download massenhaft in „Peer-to-Per“ Netzwerken verfügbar geben, wie heute etwa „Office“ oder „Photoshop“.

In gleicher Methode also, wie heute „one Laptop per Child“ heute angestrebt wird, wird in wenigen Jahren vermutlich also „one KI per child“ angestrebt und realisiert werden. An den Universitäten der entwickelten Länder ist ein Student ohne einen eigenen Laptop inzwischen

¹⁰⁶⁶ Tiffin, John / Rajasingham, Lalita (2003): „*The Global University*“ / Routledge / S. 39

genauso selten wie ein Student ohne Kugelschreiber. Bei anhaltender Preisentwicklung für IuK Produkte, wie oben diskutiert, wird diese Entwicklung sich sehr schnell durch alle Kulturen verbreiten. Das Resultat, wird eine enorme Veränderung hin zu eigenverantwortlichem und selbständigem Lernen sein. Jeder hat dann wieder „Einzelunterricht“, kann seine Interessensgebiete optimal ausloten und seine Talente früh gezielt fördern. Das Konzept von „Schulklasse“ oder „Hörsaal“ wird sich vermutlich in eine neue Form von „Interessen- oder Talente-gemeinschaft“ transformieren. Zudem werden wir eine anhaltende extreme weltweite Steigerung der Zahl der Studenten erleben, hauptsächlich ermöglicht durch IuK Technologie und derer rapiden globalen Preisverfall. KI wird genau in diesem Kontext zu enormer Bedeutung gelangen, wenn sie - und sei es zunächst nur als „omnisciente“ Datenbank mit einem sprechenden Avatar als Benutzerschnittstelle – auf allen Laptops dieser Welt so selbstverständlich und kostenfrei verfügbar sein wird, wie es heute etwa „Google“ ist. Der Prozess des Lernens könnte dadurch eine Veränderung erfahren, wie es ihn bis dato noch in keiner Kultur zu keiner Zeit gegeben hat. Die paradigmatische Wende in diesem Prozess wird von „physischer Arbeit“ zu intellektueller Arbeit hin stattfinden – vermutlich weltweit, wenn auch nicht überall gleichzeitig.

Wissen wird die zentrale Ressource des 21. Jahrhunderts, und sie wird global ihre Rolle zur Kompensation der Divergenz der Allokation des Kapitals entfalten. Wissen verhält sich ähnlich wie Kapital: Es wird durch seinen Gebrauch „vermehrt“.

Table 5.1 Tertiary enrolments (millions) by continent, 1950–97 (UNESCO 2000: 67)

| | 1950 | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 1997 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|
| World total | 6.5 | 12.1 | 28.1 | 51.0 | 68.6 | 88.2 |
| Africa | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 1.5 | 2.9 | 4.8 |
| Asia/Oceania | 1.2 | 3.2 | 7.4 | 14.6 | 23.9 | 36.1 |
| Europe | 2.5 | 4.5 | 9.0 | 16.4 | 18.9 | 21.8 |
| Latin America/Caribbean | 0.3 | 0.6 | 1.6 | 4.9 | 7.3 | 9.4 |
| Northern America | 2.4 | 3.7 | 9.5 | 13.5 | 15.6 | 16.0 |

1067

Diese Tabelle stellt die Entwicklung der Zahl der „Einschreibungen“ der Studenten international in der Größenordnung von Millionen über die letzten 50 Jahre dar. Die Entwicklung verhält sich ähnlich wie die des Wachstums der Leistungsfähigkeit von Computern in exponentieller Weise.

Aber bis dahin, werden wir weiterhin, sowohl in entwickelten Kulturkreisen als auch in noch zu entwickelnden, die Rolle der Vermittlung von Wissen überarbeiten müssen. Der Focus braucht nicht mehr so pointiert auf den Inhalten des Lernens liegen – denn diese sind wie

¹⁰⁶⁷ Tiffin, John / Rajasingham, Lalita (2003): „The Global University“ / Routledge / S. 71

gezeigt veränderlich und hochgradig verfügbar – sondern auf der Art wie man den Prozess des Lernens und ein Interesse am Lernen lehrt.

Insgesamt ist die konkrete Handlungsempfehlung an eine Politik, die eine sich transformierende Lernkultur antezipiert, die Verantwortung für das eigene Lernen noch früher in die Hände der Lernenden zu geben – und dabei zugleich zu Verantwortung zu erziehen - die technische Entwicklung der Lehre und der Universitäten mit allen verfügbaren Mitteln voran zu treiben und zu fördern, sowie zusätzlich die organisatorischen Möglichkeiten dafür zu schaffen, dass die Lehrinhalte interdisziplinäre Überschneidungen erleben dürfen – und dies ebenfalls nicht erst in den Universitäten.

4.3 Technologie als politische Chance

4.3.1 Techniksoziologie, Akteur und Handlung

„Es ist eben nicht so, wie man gemeinhin glaubt, dass, wenn wir vom Handeln der Maschinen sprechen, wir unsere Freiheit aufgeben und die Autonomie der Maschinen verkünden. Ganz im Gegenteil: Erst wenn wir die Frage nach der agency von Technik in unsere Überlegungen mit einbeziehen, ist unser Blick für die richtige Balance bei der Verteilung von Aktivitäten auf menschliche und andere Instanzen geschärft.“¹⁰⁶⁸

Nachdem wir die technischen Grundlagen, physikalischen Hintergründe und etliche gesellschaftlich bedeutende Prozesse diskutiert haben, die im Zuge der Ausbreitung von KI für unser Thema relevant waren, wollen wir in diesem Kapitel unser Augenmerk auf die Bedeutung der Thematik der KI für die Soziologie richten. In der Literatur werden „Agenten“, Expertensysteme oder schlicht alle Technologien, bei denen man den Aspekt einer sog. „Handlungsträgerschaft“¹⁰⁶⁹ diskutieren kann, noch mit relativer Skepsis beurteilt, die sich erst allmählich in einen unvoreingenommen Dialog transformiert, wie bereits das Eingangszitat thematisiert. Wie kann man einem „Algorithmus“ oder einem Stück Hardware aber eine „Handlung“ zusprechen, wenn dieser nach allgemeinem Verständnis keine „eigenständigen“ Entscheidungen treffen kann? – Stimmt dies überhaupt heute noch? Ein Vorschlag für eine Definition von „Agent“ soll helfen Klarheit zu schaffen:

„„Agent“ ist der in der KI-Forschung inzwischen allgemein gebräuchliche Begriff für eine Software Einheit, die über bestimmte, von ihr selbst gesteuerte Aktionsprogramme verfügt und in der Lage ist, ihre eigenen Aktionen unter Berücksichtigung des Verhaltens ihrer Umwelt und gegebenenfalls in Abstimmung mit ihrer Umwelt (insbesondere: mit dem Verhalten anderer Agenten und dem menschlichen Interaktionspartner) selbständig auszuwählen.“¹⁰⁷⁰

¹⁰⁶⁸ Rammert, Werner / Schulz-Schaeffer, Ingo (Hg) (2002): „*Können Maschinen Handeln?*“ / Campus / FFM – New York / S. 60

¹⁰⁶⁹ Rammert, Werner / Schulz-Schaeffer, Ingo (Hg) (2002): „*Können Maschinen Handeln?*“ / Campus / FFM – New York / S. 57

¹⁰⁷⁰ Rammert, Werner / Schulz-Schaeffer, Ingo (Hg) (2002): „*Können Maschinen Handeln?*“ / Campus / FFM – New York / S. 36

Die gesamte Diskussion verläuft naturgemäß komplex und vielschichtig, uns so wird nicht nur daran gearbeitet zu beschreiben was genau ein Agent ist, was er kann oder nicht kann¹⁰⁷¹, sondern es wird ebenso neu verhandelt, was genau eine „Handlung“ wirklich ist, und wie die Subjekt-Objekt Assymetrie begrifflich bereits vorwegnimmt, was sie eigentlich erst beobachten will. Handlungen überhaupt analytisch voneinander abzugrenzen, ist bereits eine moderne Konvention der Wissenschaft, die zwar die subjektorientierte Fokussierung auf die einzelne Handlung begünstigt, jedoch zugleich den Mensch/Technik Dualismus fördert. Handlungsfähigkeit wird üblicherweise über bestimmte Verhaltenseigenschaften eines individuellen Akteurs definiert, wie z.B. dessen sinnhaftem Verhalten oder der damit korrelierten Bewusstseins - und Reflektionsfähigkeit des Akteurs¹⁰⁷².

Zudem bedarf es einer Instanz der Repräsentation der Antezipation erwünschter zukünftiger Zustände und zur Planung ihrer schrittweisen Erreichung. Üblicherweise würde man gemeinhin von einem „Bewußtsein“ und einem „Willen“ reden. Wissenschaftlich jedoch ist präziser die Fähigkeit zur rationalen Orientierung an der Maximierung individueller Interessen angesprochen, wenn von „Handlungsträgerschaft“ oder „agency“ die Rede ist, womit diese empirisch nicht mehr nachgewiesen werden kann, da sie ja bereits völlig begrifflich vorausgesetzt wird.

Geht man jedoch anders herum vor, und kommt aus Beobachtungen ohne Vorannahmen zu Schlüssen, dann zeichnet sich ein anderes Bild:

„Handeln ist verteilt auf viele Aktivitäten und Instanzen und emergiert aus dem Gesamtzusammenhang der Interaktivitäten. (...)
 „Auf die Frage: „Wer fliegt die Touristen nach Teneriffa?“ gibt es jedoch noch weitere Antworten: „Das Flugzeug fliegt die Touristen.“ Und „Die Düsenaggregate fliegen das Flugzeug“. Wenn das Flugzeug landet, fliegen der „Auto-Pilot“ oder der „Funkleitstrahl“ das Flugzeug. (...) Handlungen sind in ihrem Vollzug auf verschiedenartige, eben menschliche und nicht-menschliche Instanzen verteilt. Auch diese hybriden Aktivitäten sind beobachtbar.“¹⁰⁷³

Die Techniksoziologie hat in der Vergangenheit eine enorm komplexe und differenzierte Debatte darüber stattgefunden, wie eine Handlung und ein Akteur zueinander stehen.

¹⁰⁷¹ vgl. Dreyfuss, Hubert (1989): „Was Computer nicht können. Die Grenzen künstlicher Intelligenz“ / Beltz Athenäum / FFM

¹⁰⁷² vgl. Giddens, Anthony (1992): „Die Konstitution der Gesellschaft. Grundzüge einer Theorie der Strukturierung“ / Campus / FFM

¹⁰⁷³ Rammert, Werner / Schulz-Schaeffer, Ingo (Hg) (2002): „Können Maschinen Handeln?“ / Campus / FFM – New York / S. 42

Es würde eine eigene Dissertation erfordern, diese Debatte detailliert nachzuzeichnen. Daher soll hier ein extrem kurzer Abriss genügen, der nur erahnen lässt, wie viele mögliche Interpretationen erarbeitet wurden, um diesem Phänomen Herr zu werden:

- Mead entwickelt 1934¹⁰⁷⁴ die „symbolisch vermittelte Interaktion“
- Parsons veröffentlicht 1937¹⁰⁷⁵ seine „voluntaristische Handlungstheorie“
- Dahrendorff führte 1957¹⁰⁷⁶ die „Rollentheorie“ in die Soziologie ein
- Luhmann macht 1984¹⁰⁷⁷ Epoche mit seiner Form der „Systemtheorie“
- Latour überrascht 1996¹⁰⁷⁸ mit seiner „Akteur - Netzwerk – Theorie“

Diese in keiner Weise vollständige Liste gibt dennoch einen groben Überblick über den Prozess, den Luhmann mit „Evolution der Kommunikation“ umschreiben würde.

Ohne in die einzelnen Theorien zu weit eintauchen zu wollen, kann man sagen, dass sie alle in einem gewissen Netzwerk zueinander stehen, sich wechselseitig evoziert und befruchtet haben, oder auch ganz offen Gegensätze bilden. Parsons Werk etwa wird oft in drei Phasen gegliedert, in denen er sich vor aller Augen von seiner „voluntaristischen Handlungstheorie“ über eine Phase des Strukturfunktionalismus, hin zu einem Systemfunktionalismus entwickelt hat. Eine ähnliche Wandlungsfähigkeit hatten wir bereits bei Wheeler weiter oben kennen gelernt, der als Physiker ebenfalls eine Biographie in drei Phasen hinterlegt hat.

Die Partikel-Phase – die Feld-Phase und die Informations-Phase. Dies bestätigt unsere Vermutung, dass Luhmanns evolutionärer Prozess der Kommunikation ebenso einen evolutionären Prozess der Diskurse und Episteme inhärent trägt. Foucault würde ergänzen, dass Wissen nicht primär das Ergebnis rationaler Denkprozesse von Menschen ist, sondern aus der Struktur des Diskurses entsteht¹⁰⁷⁹. Luhmann und Foucault integrierend betrachtet, kann man also konstatieren, dass Systeme sehr wohl eine Evolution ihrer Prozesse erleben,

¹⁰⁷⁴ Mead, George Herbert (1968): *“Mind, Self, and Society”* / Edited by Charles W. Morris. Chicago 1934. (Deutsche Übersetzung: Geist, Identität und Gesellschaft aus der Sicht des Sozialbehaviorismus. Suhrkamp-Verlag / Frankfurt am Main 1968)

¹⁰⁷⁵ Parsons, Talcott (1937): *“The Structure of Social Action”*

¹⁰⁷⁶ Dahrendorf, Ralf Gustav (1965): *„Homo Sociologicus: ein Versuch zur Geschichte, Bedeutung und Kritik der Kategorie der sozialen Rolle.“* / Westdeutscher Verlag, Köln/Opladen

¹⁰⁷⁷ Luhmann, Niklas (1984): *„Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie“* / Suhrkamp / FFM

¹⁰⁷⁸ Latour, Bruno (1996): *“On Actor Network Theory. A Few Clarifications”* / in: Soziale Welt 47 / S. 369–381.

¹⁰⁷⁹ Michel Foucault (1966) : *„Die Ordnung der Dinge. Eine Archäologie der Humanwissenschaften (Les mots et les choses),* Aus dem Franz. von Ulrich Köppen. FFM

dies aber systemisch bedingt ein Aushandlungsprozeß des Systems mit seiner Umwelt darstellt. Die „Handlungen“ des Systems fallen also in gleicher „Wertigkeit“ ursächlich dem System wie seiner Umwelt zu. Beispiel: Wenn die Aufgabe lautet: „Vermeide Auffahrunfälle“, dann ist es die Umwelt des vor mir bremsenden Wagens, verbunden mit dem konditionierten Reiz-Reaktionsschema „Hindernis -> Fuß auf Bremse“, der mich vor Kollisionen bewahrt – dies hätte unter gleichen Umständen ein automatischer Bremsassistent – ein KI-Agent – *gleichwertig* genauso getan. Mercedes Benz bietet daher in neuen Modellen genau dies an, ein Radarsensor ist mit einer sog. „Presafe Bremse“¹⁰⁸⁰ verbunden, und bremst unaufmerksame Fahrer nach akustischer Warnung selbständig bei drohender Kollision ab. Für unsere eingängliche Frage, nach der möglichen Handlungsträgerschaft von Technik, ergibt sich nach diesem Exkurs in die Techniksoziologie ein recht klares Bild. Bedingt durch den systemischen Aushandlungsprozeß des Systems Wissenschaft, kann die Antwort auf die Frage nur als kontingent im Rahmen des Diskurses beantwortet werden. Systeme tragen nach Rammert und Latour¹⁰⁸¹ in vieler Hinsicht hybride Handlungsträgerschaft, die sich durch weiteren Fortschritt der Technologie bis in Bereiche erstrecken wird, die für den Außenstehenden zu nicht mehr unterscheidbaren Resultaten führen. Auch für Experten wird die strikte Trennung zunehmend schwierig bis unmöglich. Wenn eine Versicherung z.B. heute detailliert klären will, ob technisches oder menschliches Versagen vorlag, ist dies ohne die unbeschädigten Daten der „Black Box“ nach dem Flugzeugabsturz praktisch unmöglich. Technik wird zunehmend zu dieser „Black – Box“, deren „Innenzustände“ sich von außen nur noch in Aspekten erfassen lassen, weil die Komplexität nicht stets vollständig hinterfragt werden kann. Was resultiert, für den Interaktionspartner der Technologie, sind „Zuschreibungen“ und „Zurechnungen“ die an Technologie gerichtet werden, um deren Komplexität „alltagstauglich“ zu machen. Ein Computer der nicht funktioniert verhält sich antropomorphisierend „zickig“, ein Drucker „spinnt“ oder eine Software ist „unzuverlässig“. Die Soziologie kennt diese Verhaltensweise sehr gut unter dem Stichwort „Thomas Theorem“:

"If men define situations as real, they are real in their consequences" auf deutsch:
 "Wenn Menschen eine Gegebenheit als real ansehen, dann werden sie so handeln,
 als sei sie real, und insofern kommt es zu realen Konsequenzen (einer

¹⁰⁸⁰ <http://www.n-tv.de/678004.html>

¹⁰⁸¹ vgl. Latour, Bruno (1995): „*Wir sind nie modern gewesen: Versuch einer symmetrischen Anthropologie*“ / Akademie Verlag

möglicherweise rational nicht gegebenen Tatsache).“¹⁰⁸²

Was also zählt, ist der Umgang des Menschen mit der ihm verfügbaren Technologie, die Emergenz des Phänomens „Person“ oder die systemisch zu eruirende Rolle der Technik als Akteur, kommt ihr dabei ganz automatisch zu – ob dies nun real zutrifft oder nicht.

KI kann eine reale Persönlichkeit nur dadurch erhalten, dass andere Entitäten ihr diese *zurechnen*, selbst kann sie dieses Prädikat nicht einmal erlangen, wenn sie intelligenter und menschlicher als ihr Schöpfer selbst wäre. Diese Dissertation vertritt die Auffassung, dass der Mensch diese Zuschreibungsleistung nur allzu bereitwillig und gern leisten wird, sobald KI in den Bereich der rationalen Verarbeitungsleistung des Menschen tritt, was in ca. 10-15 Jahren der Fall sein wird.

„Personalität meint folglich die symbolische Auszeichnung von Kommunikationsteilnahmekompetenz, und dabei ist es erst einmal egal und historisch durchaus variabel, ob es sich bei den veranschlagten Entitäten um Götter, Tiere, Geister, Roboter oder Menschen handelt.“¹⁰⁸³

¹⁰⁸² Thomas, W.I. und Thomas, D.S. (1928): *“The Child in America”* / S. 572

¹⁰⁸³ Lorentzen, Kai F. (2002): *“Luhmann goes Latour – Zur Soziologie hybrider Beziehungen”* / in: Rammert, Werner / Schulz-Schaeffer, Ingo (Hg) (2002): *„Können Maschinen Handeln?“* / Campus / FFM – New York / S. 105

4.3.2 Technologie, Epochen- und Wertewandel

„Ich behaupte ferner, daß Künstliche Intelligenz in den gesellschaftlichen Alltag eindringt bzw. eindringen wird. Sie ist auf dem beste Wege, Teil unserer "Schönen neuen Welt" zu werden.¹⁰⁸⁴

(A. Huxley)

Wir werden völlig unabhängig davon entscheiden können, ob KI „wirklich“ Bewußtsein oder „reale“ Intelligenz trägt, wie wir den Prozess der Integration von KI in unseren Alltag gestalten wollen. Selbst wenn KI den Turing Test in absehbarer Zeit in beeindruckender Weise besteht, selbst wenn kein zwischenmenschlicher Dialog sie mehr „entlarvt“, selbst wenn KI allgegenwärtig unseren Alltag erleichtert und dies so geschickt erledigt, wie wir es selbst kaum könnten, selbst dann wäre es noch eine argumentativ zulässige Position KI zu einer „bloßen technischen Sache“ zu erklären. Ein eloquenter „Roboter“, drahtlos verbunden mit den Datenbanken des Wissens des Planeten – weiter nichts!

Andere werden widersprechen und sagen, sie haben „die Empfindung“ unsere Roboter oder unsere KI sei „mehr“ geworden, als eine „Kolonie Nullen und Einsen“ und einige geschickt angeordnete und konstruierte avantgardistische Computer-Chips.

Dieser Diskurs der „Unentscheidbarkeit“ wird noch lange andauern, wenn KI bereits so selbstverständlich geworden ist in unser aller Leben, wie das Feuer, das Rad, die Glühbirne, der Transistor, das Handy und der PC. Die Entscheidung wird stets genauso schwer fallen, wie die zu bestimmen, ob ein menschliches Gegenüber über ein „Bewußtsein“ verfügt, oder dies nur „vorgibt“ – diese Zuschreibung bleibt kontingent. Streng genommen, lässt sich nicht einmal „beweisen“, dass überhaupt Menschen ein Bewusstsein „haben“, es kann uns allen lediglich von unseren Mitmenschen *zugeschrieben* werden, ebenso verhält es sich für die KI. Es wird allein für unser „Gefühl“ im Umgang mit dieser „fremden“ Technologie etwas verändern, wenn wir die Zuschreibung eines Bewußtseins und einer Handlungsträgerschaft auch für einen KI – Agenten zulassen. Heute bereits pflegen¹⁰⁸⁵ Roboter in Japan alte hilfsbedürftige Menschen, spielt morgen KI mit unserem Nachwuchs, wenn wir anderweitig verpflichtet sind.? Fühlen wir uns wohler, ein Kind mit einem Roboter spielen zu sehen, als ein Roboter mit einem Kind? Ein Beispiel aus eigener Erfahrung:

¹⁰⁸⁴ <http://www.capurro.de/inszenierung.html>

¹⁰⁸⁵ http://www.innovations-report.de/html/berichte/interdisziplinaere_forschung/bericht-56887.html

„Mein Neffe Luka erhielt Weihnachten 2005 einen sprachbegabten Roboter von mir geschenkt. Der Roboter war flauschig, hieß „Furby“, konnte tanzen, singen und natürlich sprechen in mehreren Sprachen. Er war interaktiv, reagierte auf „Kitzeln“ und lachte lauthals. Zudem konnte man mit einem Plastiklöffel so tun als würde man ihn füttern, und er schmatzte zufrieden und rollte mit den Augen. Mein Neffe war drei Jahre alt, und schrieb diesem Wesen ohne Zögern die vollen Attribute eines Lebewesens zu. Auch wir Erwachsenen ließen „Ah“ und „Oh“ verlauten, wenn Furby seine für nur 50€ erstaunlichen sprachlichen und motorischen Fähigkeiten unter Beweis stellte. Nach anfänglicher Erheiterung wich diese Emotion der Erheiterung bei Luka jedoch einem Befremden. Die Kreatur war nicht menschlich, nicht vertraut und zeigte sich dennoch extrem kontaktfreudig – das allein weckte volles Misstrauen. Luka versteckte sich vor „Furby“ und sagte wörtlich: „er habe Angst vor Furby“. Wir entnahmen die Akkus, und Lukas Angst und Argwohn verschwanden schnell. Ein Jahr später brachte Luka Furby erneut mit zum familiären Weihnachtsfest, mit längst wieder eingesetzten (neuen) Akkus. Die beiden waren unzertrennlich, und seine Mutter bestätigte mir, dass er ohne Furby nirgendwo mehr hin ginge, geschweige denn, dass er eine Nacht ohne Furby im Arm einschlafen könne.“¹⁰⁸⁶

Auch wenn ein Spielzeug nur einen bedingten Vergleich zu einer avisierten KI mit voll ausgebildeten intellektuellen und emotionalen Skills gestattet, so wird doch bereits deutlich, dass eine Phase der „Abwehr“ normal und ein völlig „gesundes“ menschliches Verhalten darstellt, gegenüber Neuem und Unbekanntem mit potentiell Bedrohungszenario. Genauso „normal“ ist es, nach diesem „Experiment“ mit dem Dreijährigen zu folgern, dass nach schon kurzer Zeit der „Gewöhnung“, die Begeisterung für die Skills des Neuen (Spielzeugs) die Oberhand über Ängste und Bedenken gewinnen. Es wäre nur menschlich und allzumenschlich, wenn wir uns als Erwachsene zwar in der „Gewöhnungsphase“ langwieriger aber prinzipiell ähnlich wie der Dreijährige verhalten würden, bei der „Gewöhnung“ an voll ausgebildete KI.

Welche Prozesse wird unsere Gesellschaft also durchleben, konfrontiert mit KI und anderen neuen Technologien in ihrem Gefolge – wie Quantencomputer und Nanotechnologie? Gianni Vattimo hat die "Informatik" als unterscheidendes Merkmal zwischen "Moderne" und "Postmoderne" bestimmt;¹⁰⁸⁷ damit wird mit dem „Meilenstein“ den die Informatik in die Historie setzt, eine Zäsur zwischen zwei „Epochen“ vorgeschlagen, die genau daran zu erkennen ist, dass die Moderne selbst „selbstreflexiv“ wird, wie Beck¹⁰⁸⁸ und Giddens es beschreiben. Zu dieser Position der „Stärke“ des Konzepts der Rationalität, die sich nach

¹⁰⁸⁶ Authentischer Erfahrungsbericht des Autors zu Weihnachten 2005

¹⁰⁸⁷ Vattimo, Gianni (1986): „*Jenseits vom Subjekt*“ / Edition Passagen / vgl. Kap. I, III und IX

¹⁰⁸⁸ Beck, Ulrich / Giddens, Anthony / Lash, Scott (1996): „*Reflexive Modernisierung. Eine Kontroverse.*“ / Suhrkamp

Luhmann in einer Evolution der Kommunikation abzeichnet, und offenbar darin nun bestärkt wird, dass die Informatik Erfolge erlebt, wie sie seit Gutenberg keine Vergleiche in der Historie ebenbürtig findet, tritt der Gedanke des Zweifels an der Versuchung von Letztbegründungen hinzu, die oft in die Informatik hineininterpretiert werden. Es entsteht folglich ein Spannungsfeld zwischen „Stärke“ und „Zweifel“. Rafael Capurro schreibt dazu:

„Macht man sich jedoch bewußt, daß die moderne (!) Wissenschaftstheorie gerade in der Infragestellung des Theorems der "Letztbegründung" den kritischen Punkt sieht, wo die wissenschaftlichen Theorien von ihrer angeblichen Stärke – wollen sie sich als "wissenschaftlich" erweisen – Abstand nehmen müssen, um sich stets ihrer Vorläufigkeit (oder "Falsifizierbarkeit") zu vergewissern, dann stellt sich die Frage, wie dieses aus der hermeneutischen Erfahrung der Kunst schöpfende Denken zur Theorie der "wissenschaftlichen Revolutionen" in Beziehung steht.“¹⁰⁸⁹

Nach allen „Erfolgen“ der Rationalität, der Logik, der Mathematik und der Informatik, müssen wir uns immer noch davor bewahren, unkritisch zu werden, gegenüber der Methode der Erkenntnisgewinnung selbst. Wenn es darum geht, aus einem naiven Fortschrittsglauben auszubrechen, der sich in nur immer neuerlichen Erwartungen von Wachstum widerspiegelt, dann verabschieden wir uns nach Vattimo - und dessen vielbeachtetem Konzept des "schwachen Denkens"¹⁰⁹⁰ - aus dieser „Illusion des Fortschritts“ gerade dadurch, dass wir der „*Ereignishaftigkeit des Geschichtlichen*“, seiner schwachen und leicht veränderlichen Natur – ihrer letztlich Kontingenz – besondere Beachtung schenken:

"Das ist keine Philosophie die sich unmittelbar und direkt in politische Entscheidungen umsetzen will. (...) Auch lehnt ein schwacher Denker Gewalt als Methode des politischen Kampfes ab. Vor allem aber versucht er die Geschichte und den Fortschritt nicht mehr unter dem Zeichen des Aufstiegs, des quantitativen Wachstums der Güter und Objekte zu denken".¹⁰⁹¹

Die Herausforderung der neuen „Epoche“ wird offenbar also darin liegen, genau diese „Schwäche“ als ihre größte Stärke zu erkennen und zu nutzen.

¹⁰⁸⁹ <http://www.capurro.de/vattimo.htm#I.%20Moderne>

¹⁰⁹⁰ Schönherr-Mann, Hans-Martin (1989): „*Die Technik und die Schwäche: Ökologie nach Nietzsche, Heidegger und dem "schwachen Denken"*“ / Wien

¹⁰⁹¹ Vattimo, Gianni (1987): „*Ideologie oder Ethik. Von Marx zum schwachen Denken*“ (1987/88 Aufsatz in den Nürnberger Blättern, Nr. 7) / S. 1

4.3.3 Politische Handlungsempfehlungen

„Eine Investition in Wissen bringt immer noch die besten Zinsen.“

Benjamin Franklin

Wir sind im letzten Kapitel dieser Dissertation angekommen, und es ist daher Zeit sowohl einige Dinge zu rekapitulieren, als auch einige Handlungsempfehlungen zu formulieren. Auf dem Weg, dem wir KI durch die Kapitel gefolgt sind, haben wir das Potential von KI aufgezeigt, wie es nach Erwägung der Möglichkeiten wahrscheinlich ist sich zu entfalten und dabei in die Kultur, in unser aller Leben, in den Alltag, in die Arbeitswelt und, ob wir dies aktuell wünschen oder nicht, medizinisch auch den Weg in den menschlichen Körper hinein sich „bahnen“ wird. Dabei sind wir es alle, die wir Informationstechnologie benutzen, sie kaufen, sie nachfragen, aussortieren und sie wegwerfen, die diese Entwicklung kollektiv auf meist sublimen Art „steuern“. Wenn wir also wissen wollen, welche Entscheidungen in der Sache der Technologie zu treffen sind, können wir dies nur im Kollektiv klären, indem wir uns selbst „befragen“. Dieser Grundgedanke des demokratischen politischen Prozesses, ist nicht zufällig eben auch jener Prozess, den wir im menschlichen Gehirn bei unseren Untersuchungen gefunden haben. Wie wir Singer zu Anfang bereits zitiert haben, gibt es im Gehirn kein „*singuläres Zentrum*“¹⁰⁹², dass eine „Steuerung“ initiieren könnte, sondern dieses Phänomen emergiert aus der kollektiven Neuronenaktivität, oder wie wir erforscht haben, aus der noch viel fundamentaleren Aktivität der Quantenstrukturen in den Tubulin Dimeren¹⁰⁹³ der Mikrotubuli.

Was wir also im Fall des Gehirns erklären können, wenn wir physikalisch „nahe“ an die „Substanz“ heran gehen, ist seine Fähigkeit, sich selbst trotz seiner Komplexität und Differenziertheit zu organisieren und zu „steuern“. Genau dies, führt im Fall des Gehirns nach den mehrheitlichen Meinungen der hier vorgestellten Wissenschaftler zum Phänomen der Selbstreflexivität des Gehirns – die „Prozesse“ der Neuronen „befragen“ sich selbst – und erhalten so eine Instanz der Reflexivität und somit „Selbstkontrolle“. Dies ist die Rekursivität der Iteration von Komplexität – was wir weiter oben als These dieser Arbeit und als mögliche Grundlage von Bewusstsein herausgearbeitet haben.

¹⁰⁹² Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn – Essays zur Hirnforschung*“ / Suhrkamp / FFM / S. 31

¹⁰⁹³ vgl. Papaseit, C., Pochon, N., and Tabony, J. (2000): „*Microtubule self-organization is gravity-dependent*“ / Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA 97 / 8364-8368.

Im Fall der gesamten Gesellschaft, die in Summa auch eine Aggregation von vielen solchen Einheiten der Selbstreflexivität repräsentiert, erhält diese Rekursivität der Iteration von Komplexität noch eine weitere Stufe der Iteration – nicht mehr und nicht weniger.

Damit ist die Gesellschaft systemisch nur um eine Ebene komplexer als ein einzelnes Gehirn, denn rein numerisch hat das Gehirn mit 100 Milliarden Neuronen, samt noch viel komplexerer Quantensubstruktur, viel mehr Freiheitsgrade als eine gesamte Erdbevölkerung mit „nur“ 5 Milliarden Individuen.

Wenn man die Dinge so betrachtet, dann mag es verwundern, wie angesichts einer so extrem großen Aufgabe, diese Dissertation stets erneut betont hat, wie überraschend schnell das Ziel der KI erreicht sein wird. Der Faktor, der dabei noch mit zu berücksichtigen ist, ist die Redundanz der Information und der Struktur, auf den Subebenen der Iteration von Komplexität. Das menschliche Gehirn ist in vielen Arealen hoch spezialisiert und differenziert konstruiert, aber jedes Tubulin Dimer besteht aus den gleichen Molekülen, jedes Molekül nutzt die gleichen Neutronen, Protonen und Elektronen für seine Strukturbildung, jedes Neuron benutzt das gleiche Repertoire an Neurotransmittern und jeder Quantensprung evoziert die Freisetzung genau des gleichen Energiebetrags. Die Komplexität nimmt also stetig ab, wenn man näher an die „Substanz“ heran tritt, weil rekursive Iteration eine Hierarchisierung produziert. Dieser einfache mathematische Grundsatz, gilt für das menschliche Gehirn genauso wie für die Gesellschaft als Gesamtheit, das System der Politik, das Konzept der Demokratie und für das Konzept von Geschichte.

Moderne verfahrenstechnische Prozesse¹⁰⁹⁴ zur Anwendung von Komplexitätsreduktion in der Informationstechnologie, wie sie z.B. vom Fraunhofer Institut erarbeitet werden, nutzen genau diese elementare Einsicht zur Optimierung von technischen Systemen.

Nachdem wir diese Punkte erneut betont und ihre Bedeutung nochmals in gemeinsamen Kontext gebracht haben – was also ist politisch zu tun um KI geeignet zu antezipieren?

Es darf, nach Abwägung aller Argumente, als unrealistisch angesehen werden, die Konstruktion von KI sowie ihre Wirkung auf die Gesellschaft im Vorfeld minutiös zu planen und so auf *alle* Ereignisse vorbereitet zu sein.

Es darf aber auch im Ggenzug als fahrlässig gelten, alle hier gemachten Überlegungen zu ignorieren, und die Dinge völlig unvorbereitet auf uns zukommen zu lassen. Die vermutlich beste Methode der Begegnung mit dieser Herausforderung liegt also wie so oft in der goldenen Mitte zwischen diesen Extremen. Es ist alles was möglich ist, zur Antezipation der

¹⁰⁹⁴ www.iitb.fraunhofer.de/servlet/is/1635/FryFuzzyDo99.pdf

Ereignisse die KI initiieren wird zu leisten, auch wenn dabei Wagnisse durch Unbekannte unvermeidbar sind – der Versuch einer Vorbereitung ist aber allemal ein kleineres Wagnis als ihre Unterlassung.

Wie kann so eine Vorbereitung aussehen?

Es sind wenigstens drei Punkte, die sich hier als adäquate politische Vorbereitung der Antezipation von KI anbieten:

- 1.) Forschung (*Erhöhung der Forschungsquote in privatwirtschaftlichen Unternehmen*)
- 2.) Bildung (*Breit angelegtes Bildungsförderungsprogramm des Staates*)
- 3.) Simulationen (*„Test“ von komplexen Transformationen durch Computersimulation*)

Durch die oben ausgeführten Überlegungen, bieten sich genau diese drei Aspekte der gesellschaftlichen Vorbereitungen für KI als prädestiniert an, weil sich ihre Wirkungen sowohl weitestgehend „unbedenklich“ als auch allgemein förderlich für KI wie für die Gesellschaft generell entfalten lassen. Wesentlich bedenklicher etwa wäre, stärker in die Erforschung von speziell militärisch nutzbarer KI zu investieren, oder die Spezialisierung von KI komplett der privaten Wirtschaft zu überlassen, die außer der „best practice“ zur Maximierung des Shareholder Value, derzeit kaum normative Ziele zu verfolgen scheint. Der Gedanke ist: Was Bildung und Fortschritt der Gesellschaft insgesamt nutzt, das nutzt auch der Emergenz von KI im speziellen, denn KI ist das logische evolutionäre Produkt einer Wissensgesellschaft mit IuK Technologie generell.

Als Nebeneffekt ist ein breiterer Anteil der Bevölkerung in die Thematik zunehmend kompetent involviert, und nicht nur eine kleine Gruppe der sog. „Bildungselite“¹⁰⁹⁵, was den demokratischen Aushandlungsprozess, den die Entwicklung und gesellschaftliche Integration des Phänomens KI erfordert, unterstützt.

Zu Punkt 1.) Forschung

Forschung insgesamt sollte gefördert und intensiviert werden, denn nur durch eine hinreichende Kenntnis der wissenschaftlichen theoretischen und technisch praktischen Sachlage können wir kritischen Situationen mit Lösungen begegnen. Zudem können Diskurse über strittige Fragen nur kompetent geführt werden, mit Verfügbarkeit von hochwertigen

¹⁰⁹⁵ Dr. Luise McCarty (Bloomington, USA) / „Das Promotionsstudium als Elitenbildung: Reform der Doktorandenausbildung im Vergleich Deutschland – USA im Fachbereich Erziehungswissenschaft“ / online: www.uni-giessen.de/~gd1272/akbp/Elite-Tagung_2005-04-06.pdf

empirischen Daten. Es wird nach Ansicht dieser Dissertation hier noch nicht genug getan. Die FAZ schreibt dazu in einem Bericht zu Anette Schavans Anregungen zur Erhöhung der Forschungsquote bis 2010 auf 3% folgendes:

„Mit einem Anteil an Forschung und Entwicklung (FuE) von etwa 2,5 Prozent am Bruttoinlandsprodukt liegt Deutschland international nur auf dem neunten Platz - weit abgeschlagen hinter den Vereinigten Staaten und Japan, aber auch EU-Ländern wie Schweden und Finnland. Im EU-Durchschnitt betrug die Forschungsquote jedoch lediglich 1,8 Prozent des BIP. Im Vergleich zu den Vereinigten Staaten ergebe sich eine Forschungslücke von jährlich 480 Milliarden Euro zu Lasten der europäischen Unternehmen, sagte Schavan, die mit dem Jahreswechsel den Vorsitz im EU-Rat der Forschungsminister übernommen hat.“¹⁰⁹⁶

Nach Ansicht dieser Dissertation ist das Ziel von 3% Forschungsquote bis 2010 noch viel zu konservativ gesetzt. Um den Rückstand auf die Mitbewerber Nationen aufzuholen, evtl. einen Vorsprung zurückzuerobern und für die Herausforderungen der KI gewappnet zu sein, wäre eine Verdoppelung der aktuellen Quote noch ein vermutlich eher bescheidenes Ziel, eine Erhöhung um 0,5% jedoch ist unfraglich unerheblich. Hier besteht akuter Handlungsbedarf. Wenn man das Ziel auf 5% Forschungsquote der Wirtschaftsleistung anheben würde, und als positive Sanktion für die Unternehmen eine Steuererleichterung bei Erreichung der avisierten Quote in Aussicht stellt, statt einer negativen Sanktion bei Nichterreichung, dann sollte es bald viele Unternehmen geben, die dieses Ziel erreichen „wollen“ und werden. Im nächsten Schritt könnten diese Unternehmen ihre Steuereinsparungen in ihre Forschungsergebnisse investieren und so Innovationen beschleunigen, was die Unternehmen in Zugzwang bringt, die ihre Forschungsquote nicht erreicht haben. So ergibt sich ein autokatalytisches Resonanzsystem, mit Ausbreitungstendenz in Richtung Forschung und Innovation, allein durch die Methoden Wettbewerb und positive Sanktionierung zum volkswirtschaftlich geringst möglichen Preis, der sich obendrein dadurch amortisiert, dass die gesteigerten Innovationen einen gesamtwirtschaftlichen Mittelrückfluss generieren. Diese Idee mag nicht neu sein, aber in Kombination mit den genannten Zielen und Notwendigkeiten die KI impliziert, ist es unabdingbar, dieser Idee erneut Nachdruck zu verleihen.

¹⁰⁹⁶ F.A.Z., 16.01.2007, Nr. 13 / Seite 11 (oder online: <http://www.faz.net/s/RubC8BA5576CDEE4A05AF8DFEC92E288D64/Doc~E7E5F03B1A2C242B298BC7EB39F097447~ATpl~Ecommon~Scontent.html>)

Zum Punkt 2.) Bildung:

Die Bildung steht in direkter Korrelation mit der Forschung und der Wettbewerbsfähigkeit eines Landes gegenüber seinen Mitbewerbern. Die Verbindung zwischen den Hochschulen, und der Industrie¹⁰⁹⁷ ist wie überall in der Gesellschaft geprägt von finanziellen Aspekten:

„Man muss sich klar machen, dass die neuen Technologien an den Hochschulen nur dann zum Tragen kommen, wenn die Forschungsausgaben steigen. Es ist wahnsinnig schwierig, mit - am BIP gemessen - sinkenden Forschungsausgaben neue Richtungen zu produzieren, weil die Universitäten nicht von selbst die Mittel umschichten. Die Mittelaufteilung bleibt in der Regel weitgehend traditionell. Und je weniger die Forschungsquote steigt, desto eher bleiben die Forschungsrichtungen von gestern auch die Studiengänge von morgen.“¹⁰⁹⁸

Der Vorschlag, den diese Dissertation hier unterbreitet, geht in eine ähnliche Richtung, wie der vorangegangene Vorschlag zur Erhöhung der Forschungsquote. Wie stark die Verzahnung von Bildung und Wirtschaft ist, zeigt sich z.B. auch an Projekten wie der vielzitierten „Bildungsoffensive“.¹⁰⁹⁹

Trotz einer hohen Arbeitslosenquote, besteht nach wie vor ein Expertenmangel in Deutschland, beklagen sich heute der VDE, Headhunter, die Boston Consulting Group oder McKinsey¹¹⁰⁰. In anspruchsvollen Positionen, die eine sehr gute Ausbildung erfordern, herrscht Mangel, wo hingegen Überfluss herrscht im Bereich des Niedriglohnssektors. Die mangelnde Qualifikation vieler kaum vermittelbarer Arbeitssuchender, ist das Hauptproblem in Zeiten des konjunkturellen Aufschwungs. Der VDE gab dazu 2004 in einem Interview folgendes Statement:

„Etwa ein Drittel der Unternehmen rechnet weiterhin mit einem Expertenmangel. Besonders betroffen sind kleine und mittelständische Elektronikfirmen sowie die Bereiche Forschung/Entwicklung und IT. Steigenden Bedarf an Elektroingenieuren erwarten die Unternehmen überdies in Marketing/Vertrieb (36 %) und Beratung (27 %). Die etwa 7000 Absolventen in der Elektro- und Informationstechnik in 2004 sind nicht ausreichend, den Bedarf in Industrie und Wissenschaft zu decken, so der VDE.“¹¹⁰¹

¹⁰⁹⁷ http://www.innovations-report.de/html/berichte/bildung_wissenschaft/bericht-29547.html

¹⁰⁹⁸ Professor Karl Aiginger vom Österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung im Interview mit Lars Borchert von: Die Netzzeitung vom 13. Nov 2003 /in: „Deutschland leidet an einer «Technologielücke»“ / online unter:

<http://www.netzeitung.de/wirtschaft/261383.html>

¹⁰⁹⁹ <http://www.bildunginbayern.de/jsp/>

¹¹⁰⁰ Küster, Yvonne (19.10.2006): „Wirtschaft droht Expertenmangel“ / Financial Times Deutschland

¹¹⁰¹ http://www.innovations-report.de/html/berichte/bildung_wissenschaft/bericht-29547.html

So kann man selbst in Zeiten des „Aufschwungs“, wenn es in der Wirtschaft „boomt“ und die Börse Rekordstände etwa des DAX verzeichnet, selbst also im besten denkbaren marktwirtschaftlichen Szenario, wie es etwa in der letzten Dekade nur in zwei Situationen zu beobachten war, immer noch laut Umfragen hören, dass diese „Aufschwünge“ tragischerweise an den „Beschäftigten vorbei gehen“¹¹⁰². Der Dax etwa verzeichnete einmal um 2000, sowie erneut jüngst in 2007 einen „Höchststand“, von ca. 8000 Punkten – siehe Grafik – jeweils korreliert mit „leicht“ sinkenden Zahlen der Arbeitslosen, sowie stark ansteigenden Notierungen der börsennotierten Unternehmen. Dennoch glaubten laut FORSA (30. März 2007)¹¹⁰³ zuletzt nur 28% der befragten Bürger daran, dass sich ihre individuelle Lage durch diesen Aufschwung verbessern wird, 70% hingegen glaubten dies nicht.



Wenn Politik überhaupt einen Einfluss auf derlei Szenarien von „Aufschwung“ und „Baisse“ der Märkte hat – was fraglich bleibt – dann hat sie zumindest dann eine sehr gute Chance wirklich auf die Zahl der Beschäftigten einzuwirken, wenn Unternehmen Geld zur Verfügung haben, in „Human Resources“ zu investieren. Tragisch ist es hingegen, wenn aufgrund mangelnder Ausgaben für Bildung und Forschung ein „Expertenmangel“ herrscht, gerade

¹¹⁰² <http://www.finanznachrichten.de/nachrichten-2007-04/artikel-8007859.asp>

¹¹⁰³ <http://presseportal.de/story.htx?firmaid=6329>

¹¹⁰⁴ http://indizes.wallstreetonline.de/dax/chart.html?tr=10y&inst_id=18279&market_id=1&spid=ws

dann wenn lediglich „zweimal in einer Dekade“ die Unternehmen wirklich Fachkräfte *suchen*, aber schlichtweg keine verfügbar sind, weil die Situation den Arbeitsmarkt „unvorbereitet“ getroffen hat. Hier kann Politik eingreifen, hier herrscht Handlungsbedarf und zugleich die Möglichkeit dazu, wirklich etwas für das nächste Szenario solcher Art schon heute zu tun. Nach dem „Idealszenario“ – der sog. „Hausse“ - der Wirtschaft herrscht i.d.r.

„Katerstimmung“, die Börsen kollabieren (Baisse), Arbeitskräfte werden entlassen und die Ausgaben für den Sozialstaat steigen erneut an. Dann ist der idealtypisch „schlechteste“ Zeitpunkt, um in Bildung und Forschung zu investieren. Zweckmässig wäre dies hingegen, mitten im Aufschwung – oder ideal am Wendepunkt der Marktzyklik. Es wäre politisch fahrlässig, den „*schon bald absehbaren Expertenmangel*“¹¹⁰⁵ erneut zuzulassen, und es wäre höchst ratsam, den künftig zu antezipierenden Mangel an Fachkräften, angesichts der wirtschaftlichen Chancen von KI bereits heute entgegenzuwirken und ihm durch eine Bildungs- und Forschungsoffensive zu begegnen.

Die Unternehmen geraten ansonsten abermals in einen sog. „*War for Talents*“¹¹⁰⁶, und müssen um die wenigen Experten wetteifern, damit sie ihren Vorsprung verteidigen oder ausbauen können. Wirtschaftswissenschaftler prognostizieren, dass sich solche Unternehmen künftig um die Studenten bewerben werden, anstatt dem klassischen Verfahren, diesen Part den Studenten zu überlassen. Hier kommt der Vorschlag dieser Dissertation zur konkreten Form: Wenn Unternehmen ein vitales Interesse an Experten entwickeln und bereits aufweisen, dann kann man dieses Begehren dahin instrumentalisieren, dass man sie bei der Ausbildung der benötigten Experten finanziell mit in die Pflicht nimmt. Auch dieser Vorschlag ist nicht gänzlich neu, dennoch ist er nach der hier analysierten Situation unbedingt zu empfehlen. Die Neuheit einer Massnahme ist zudem kein Kriterium für das Ausmass ihrer Wirksamkeit. Die Umsetzung dieser Empfehlung erfordert eine noch engere Kooperation zwischen den Hochschulen und den Unternehmen, die über ein „Bonusmodell“ für Zuwendungen an Bildungseinrichtungen einen Vorteil bei der Rekrutierung ihrer Experten an den Universitäten eingeräumt bekommen könnten. Die exakten Modalitäten ließen sich in einem gemeinschaftlichen Diskurs zwischen den politischen Entscheidungsträgern und den entsprechenden Gremien der Privatwirtschaft aushandeln, wenn die Bereitschaft von beiden Seiten aufgebracht wird, das Thema proaktiv zu gestalten – oder ein gesetzlicher „Anreiz“ dazu geschaffen würde.

¹¹⁰⁵ Müller-Scholz, Wolf K. (2004): „*Die stille Transformation: Wie Unternehmen jetzt von IT und E-Commerce profitieren*“ / Gabler Verlag / S. 189

¹¹⁰⁶ Mechkat, Afschin / Weise, Peter (2004): „*War for Talents in der IT-Branche: Personalbeschaffung durch gezielte Abwerbung in den Jahren 1998-2001*“ / DUV Verlag

Klagen der Unternehmen über Expertenmangel, werden in jedem Falle solange auf wenig Resonanz stoßen, bis diese selbst ihren Anteil an der Verantwortung zur Förderung von Bildung bereit sind mit zu tragen. Der Nutzen von mehr Qualifikation für einen breiteren Anteil der Bevölkerung, sowie bessere Chancen auf Arbeitsplätze, ist für die potentiellen Arbeitnehmer vor Ort selbst existentieller, als für die Unternehmen, die in der größten Not eben wie üblich auf Experten aus dem Ausland zurückgreifen.

Aktuelle Beispiele zur Unterstützung von Studenten bei der Zahlung von Studiengebühren zeigen an, dass einige Unternehmen ihre eigene Verpflichtung bereits heute erkennen, und auch bereit sind ihren Beitrag zu leisten:

„Hamburg (dpa) - Nach der Einführung von Studiengebühren in mehreren Bundesländern versuchen Unternehmen zunehmend, junge Talente auch während eines Studiums finanziell zu unterstützen. Wie eine dpa- Umfrage ergab, übernehmen Firmen nun vermehrt die zusätzlichen Uni- Gebühren für ihre Mitarbeiter. Seit diesem Semester zahlt der Autobauer Volkswagen rund 500 Studenten, die in dem Unternehmen parallel ihre Ausbildung absolvieren, die Studiengebühren in Höhe von 500 Euro pro Semester. Für den Kasseler Düngemittelriesen K+S ist diese Finanzhilfe bereits seit mehreren Jahren selbstverständlich. «Wir machen das gern, weil gute Leute nun mal eine gute Ausbildung brauchen», sagte Sprecher Ulrich Göbel. K+S verbindet die Finanzhilfe wie einige andere Firmen mit einer Bedingung: Die Studenten sollen nach dem Studium für drei Jahre beim Unternehmen arbeiten - ansonsten müssen sie die Förderung anteilig zurückzahlen. In Zeiten von zunehmendem Fachkräftemangel, insbesondere im Ingenieursbereich, versuchen die Unternehmen, hoffnungsvolle Talente früh an sich zu binden.“¹¹⁰⁷

So wie hier VW und K+S freiwillig ihre potentiellen künftigen Arbeitnehmer finanziell unterstützen, so könnte es staatlich steuerlich positiv sanktioniert werden, monetäre Mittel in dieser Weise in Bildung zu investieren, damit noch zahlreiche weitere Unternehmen diesen Beispielen folgen. Bedingt durch die Gesetze von Markt und Wettbewerb, ist es so effizient möglich mit denkbar geringen Aufwendungen einen erheblichen „Schneeballeffekt“ zu initiieren. Diese Empfehlung kann nur als ein einzelnes, wenn auch vermutlich wichtiges Element im gesamten Prozess der höheren Bewertung und Förderung von Bildung und Fachausbildung von Experten dienen. Mit Aufkommen von KI in zunächst industriellem Maßstab, werden anfänglich extrem viele Stellen zu besetzen sein, mit Informatikern, Physikern und Ingenieuren – die Zahl der Arbeitsplätze in diesen Bereichen werden allen hier angestellten Analysen zu Folge ansteigen. Dieser Chance steuert z.B. Deutschland, im

¹¹⁰⁷ <http://www.pro-physik.de/Phy/leadArticle.do?laid=9142>

„Bildungsvergleich der Nationen,“¹¹⁰⁸ aktuell schlechter vorbereitet als etwa Japan oder die USA entgegen. Es wäre bedauerlich und zugleich eine Politik ohne große Weitsicht, wenn trotz der gegebenen Chancen, die künftige technologische Entwicklungen ohne Zweifel bieten, Deutschland unterproportional daran partizipieren würde, im internationalen Vergleich. Die nächste Dekade wird in dieser Entwicklung entscheidend sein – die Weichen sind heute zu stellen.

Zu Punkt 3.) Simulationen

Die Punkte Forschung und Bildung dienen als Handlungsempfehlung an die Politik in möglichst direkter Weise. Die nun folgende dritte Empfehlung, ist eine eher indirekte Hilfe für Bildung, Forschung und Wissenschaft, aber nicht minder wichtig.

Wir haben bereits einige sehr zentrale Anwendungen für groß angelegte Simulations Projekte oben erörtert und mehrfach den hohen Stellenwert zuvor betont. Simulationen werden wie heute in der Wissenschaft üblich, nahezu ausschließlich auf geeignet dimensionierten Großrechenanlagen ausgeführt.

Ein Beispiel dafür liefert der 2006 in Betrieb genommene sog. *SGI Altix 4700 (HLRB II)*¹¹⁰⁹ am Leibniz Rechenzentrum in Garching bei München. Anwendungen solcher Anlagen sind z.B:

- Simulation der Erregungsmuster von großen Gruppen von Neuronen¹¹¹⁰
- Simulation von Teilchenkollisionen zur Berechnung von Naturkonstanten
- Simulationen von Wetter und Klima Verhalten und Veränderungen
- Simulationen zur Erprobung von medizinischen Wirkstoffen
- Simulationen zur Erprobung neuer Materialien und Werkstoffe
- Simulationen von Chashtests¹¹¹¹
- Simulationen von Katastrophenübungen
- Simulationen von Nuklearen Explosionen¹¹¹²
- Simulation von Wertpapierentwicklungen an der Börse
- Simulation von Operationen als Übung für Chirurgen¹¹¹³

¹¹⁰⁸ Füssl, Karl-Heinz (2004): „*Deutsch-amerikanischer Kulturaustausch im 20. Jahrhundert: Bildung, Wissenschaft-Politik*“ / Campus / S. 86

¹¹⁰⁹ <http://www.stmi.bayern.de/bauen/hochbau/massnahmen/16581/>

¹¹¹⁰ vgl. Bower, James M. (1997): „*Computational Neuroscience*“ / Springer / S. 943 ff

¹¹¹¹ <http://www.zdnet.de/news/hardware/0,39023109,2100952,00.htm?l>

¹¹¹² <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,472918,00.html>

¹¹¹³ <http://www.lrz-muenchen.de/wir/medien/LRZ-im-MM-2007-01-02-Eppner.pdf/LRZ-im-MM-2007-01-02-Eppner.pdf>

- Flugsimulationen als Übung für Piloten
- Simulation von politischen Meinungsbildungsprozessen¹¹¹⁴
- etc...

Das zentrale Werkzeug durch Durchführung von derartigen Simulationen ist stets eine Aggregation von sehr vielen Rechnern, die in verschiedenster Anordnung zu einem Großrechner vernetzt werden können. Einerseits ist die Skalierung der Leistung also wie oben erörtert möglich, durch Erhöhung der Performance der Einheiten, oder durch Erhöhung der Zahl der Einheiten, und meist werden beide Parameter zugleich numerisch herauf skaliert. Diese Dissertation vertritt die Ansicht, dass derartige Großrechner zum zentralen Werkzeug der Wissenschaft des 21. Jahrhunderts avancieren, und daher als Faktor für Zukunftssicherheit des Standortes politisch durch entsprechende Massnahmen auch finanzieller Art gefördert werden müssen. Darüber hinaus sind diese lokalen Großrechner, als die notwendigen „evolutionären Vorläufer“ der industriellen Phase der KI anzusehen, wie oben beschrieben. In vielen Fällen, ist ein Großrechner eine neue, alternative und preisgünstigere Lösung zur Simulation von Verfahren, die sonst zeitaufwändig traditionell hätten ausgeführt werden müssen, oder zuvor einfach noch garnicht möglich waren. Crashtests, die Erprobung von Medizin oder Werkstoffen sind hier Beispiele, wo Großrechner sowohl helfen Zeit, als auch enormes Kapital einzusparen. Andere Verfahren werden überhaupt erst durch solche Großrechner möglich und es gab bislang keine Möglichkeit anders als mit den modernen Großrechnern, zu derartigen Ergebnissen zu kommen. Beispiele dafür sind globale Klimasimulationen, wie sie etwa der Earth Simulator¹¹¹⁵ (s.o.) ausführt, oder auch besagte Simulationen von Teilchenkollisionen¹¹¹⁶, wie sie am CERN ausgeführt werden (s.o.). Die Rolle von Simulationen in den Wissenschaften ist in ihrer Bedeutung kaum zu überschätzen, und es wird sich in der kommenden Zeit herausstellen, dass dieses relativ neue Instrument der computerbasierten Simulation, zudem auch ein wirtschaftlich sehr interessantes Feld darstellt. Hier eine Einschätzung aus dem Explorationsbericht zur Rolle der Computersimulationen in den Wissenschaften im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung:

„Es wird sich anhand konkreter Beispiele zeigen, dass *Simulationen* Schnittstellen zwischen Theorie und Experiment / Messung sind, dass sie die Diffusion von

¹¹¹⁴ <http://www.qualitative-research.net/organizations/2/or-ps-d.htm>

¹¹¹⁵ <http://www.es.jamstec.go.jp/esc/research/AtmOcn/index.en.html>

¹¹¹⁶ <http://www.tecchannel.de/news/themen/technologie/432070/index.html>

Daten ermöglichen, dass sie komplexe, rückgekoppelte Modelle in ihrer Dynamik darzustellen vermögen. *Simulationen* stellen eine vollkommen neue Möglichkeit dar, Theorie sichtbar zu machen. Dies macht sie als anschauliche Erkenntnisinstrumente für bis dato abstrakte Denksysteme wertvoll. Kurzum, sie erlauben ein neues Arbeiten mit Theorien in einem experimentellen Sinne. Andererseits lösen sie die Phänomenologie der Experimente durch die Zeitorientierte Imitation im Computer auf.“¹¹¹⁷

Der Computer und die Simulation sind eine moderne Variante des lange bekannten sog. „Planspiels“, das man seit der Antike aus der Kriegs- und Schlachtfeldplanung kennt, bei dem zumeist bunte Figuren auf Skizzen der Landstriche bewegt und koordiniert wurden.

Zur Definition von Simulation kann man sich sowohl auf Planspiele wie auf die Wurzel des lateinischen Begriffs "simolo" (simulieren) stützen, was so viel bedeutet wie "abbilden", "nachahmen", "sich stellen als ob". Hierbei ist der dynamische Charakter von entscheidender Bedeutung, da ein besonderer Vorzug der Modellbildung durch Simulationen darin liegt, dass sie als Nachbildung und Untersuchung von Systemabläufen eingesetzt werden können, die man in der Wirklichkeit aus Zeit-, Kosten- oder Gefahrengründen nicht real durchführen kann, oder will. Stets ist das Ziel, die möglichst exakte Abbildung der Realität in ein Modell¹¹¹⁸.

Die politische Möglichkeit hier Einfluß zu nehmen, auf den Gang der Entwicklung ist durchaus gegeben. Man kann etwa wie in den obigen Empfehlungen, für Unternehmen steuerliche Erleichterungen schaffen, die in eine Großrechenanlage investieren wollen, um Anreize zu setzen. Öffentliche Einrichtungen könnten, wenn eine komplette Kostendeckung ausscheidet, zumindest einen geregelten staatlich zugesicherten Zuschuss zu einem solchen Projekt erhalten, der eine Planungssicherheit gewährleistet, und die Angst vor der Investition mindert.

Angesichts der enormen interdisziplinären Bandbreite der aufgezeigten Einsatzmöglichkeiten von solchen Großrechenanlagen, wird einerseits deutlich, wie unabdingbar wichtig ihre Förderung, ihr Ausbau und der Erwerb der Kompetenz ihrer effizienten Nutzung sind. Zugleich muss man sich bei dem Hemmnis der Vergabe staatlicher Gelder vor Augen führen, dass diese Technologie zugleich denkbar ungefährlich ist (keine Explosion oder atomare

¹¹¹⁷ Gabriele Gramelsberger / Computersimulationen in den Wissenschaften / Explorationsstudie / Im Auftrag der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Rahmen der Initiative „Science Policy Studies“ / siehe auch online: http://www.sciencepolicystudies.de/dok/explorationsstudie_computersimulationen/Computersimulation-1.pdf

¹¹¹⁸ Manteufel, Andreas /Schiepek, Günter (1998): „*Systeme spielen*“ / Selbstorganisation und Kompetenzentwicklung in sozialen Systemen / Vandenhoeck & Ruprecht

Strahlung möglich) und zudem das Potential zur erheblichen Entlastung der Umwelt in sich trägt (Klimasimulationen, Materialforschung, mögliche künstliche Photosynthese, etc). Es steht nach oben dargelegten Analysen zu erwarten, dass Simulationen auf Großrechnern künftig ubiquitär so intensiv genutzt werden, dass z.B. Deutschland mit seiner bislang unzureichenden Versorgung in diesem Punkt, gezwungen wäre „Rechenzeit zu mieten“ bei ausländischen Privatunternehmen, wenn nicht die lokale Versorgung künftig sukzessive ausgebaut wird. Der amerikanische Weltmarktführer IBM hat sich bereits auf ein solches Szenario eingestellt, und eine „kapazitätsabhängige Gebühr Rechenzeit“¹¹¹⁹ für „Kunden“ auf der weltstärksten Anlage Blue Gene/L in Rochester eingerichtet. Es steht ausser Frage, dass es die denkbar schlechteste Lösung wäre, sich hier in eine Abhängigkeit zu begeben, bei einem so zentralen Faktor für Forschung, Bildung und Arbeitsplätze des 21. Jahrhunderts.

Die drei dargelegten Vorschläge, zur politischen Einflussnahme auf die gesellschaftlichen Prozesse, die zur Antezipation von KI adäquat erscheinen, sind allesamt dadurch gekennzeichnet, dass sie zugleich

- 1.) einer möglichst unspezifischen Vorbereitung auf eine fortschrittliche Technologie folgen,
- 2.) und zudem weder durch konjunkturelle Unwägbarkeiten noch durch technische Revolutionen ad absurdum geführt werden können.

Diese beiden Punkte sind von besonderer Wichtigkeit, denn wie bei jeder Extrapolation, steigt auch bei der Extrapolation der Bedeutung von KI für gesellschaftliche Prozesse, mit der Größe des Zeitraumes, die Unabwägbarkeit der möglichen Entwicklung exponentiell an. Auch wenn KI sich nicht exakt in der Art, wie in dieser Dissertation skizziert entwickelt, oder sich im Extremfall erst sehr viel später bewerkstelligen ließe, wären die drei oben gemachten Vorschläge weder „Fehlinvestitionen“ noch wären sie „Sackgassen“.

Die Förderung von Forschung, Bildung und der Investition in Großrechneranlagen, sind alle drei von solcher Art, dass sie einer breiten Palette von sowohl technischen künftigen Entwicklungen gut vorbereitet begegnen, sowie auch politisch fraktionsübergreifend unterstützungsfähig sind, unabhängig von der Legislaturperiode.

Diese drei Handlungsempfehlungen, nutzen gesamtwirtschaftlich sowohl allen Arbeitssuchenden sowie allen bereits Beschäftigten, denn durch die Stärkung der

¹¹¹⁹ <http://www.heise.de/newsticker/meldung/57463>

Wettbewerbsfähigkeit und Förderung von Innovation, garantiert man die Notwendigkeiten von Zukunftssicherheit der Entwicklung des Arbeitsmarktes. Was man in der Ökologie „sustainable development“ nennen kann, dass ist für den Arbeitsmarkt der Zukunft die Förderung von Großrechenanlagen, sowie der Ausbau von Forschung und Bildung. Wenn es einen Nachfolger der Agenda 2010¹¹²⁰ im Sinne etwa einer Agenda 2020¹¹²¹ geben sollte, dann könnten hier etwa Subventionen, die bislang Technologien der „Vergangenheit“ gefördert haben – wie z.B. Steinkohle¹¹²², wettbewerbsverzerrende Subventionierung der Landwirtschaft, etc. – umgeleitet werden, um künftig „Technologie mit Zukunft“ zu fördern. Wie bei jeder Investition in die Zukunft, zahlt sich eine solche erstens langfristig und zweitens nicht allein in barer Münze aus, dennoch erscheint aufgrund der angestellten Analysen, die Investition in die Zukunft von Arbeit, Bildung und Forschung der denkbar beste Weg, sowohl KI als auch sämtlichen anderen technologischen Chancen und Risiken der kommenden Dekaden zu begegnen.

Als abschließende Einschätzung dieser Zusammenhänge, soll uns ein Interview mit einem kanadischen Chemiker dienen, der durch seine Arbeit die praktische Bedeutung von Computersimulationen, Möglichkeiten der modernen Materialforschung, sowie die erheblichen Chancen für den Umweltschutz hervorheben kann:

Daum:

Herr Denk, Sie arbeiten als Professor für Chemie an der “University of Guelph” in Kanada Ontario, mit einer Spezialisierung im Bereich der Materialforschung. Wie wichtig ist bei Ihrer Arbeit das Werkzeug des Computers?

Denk:

Mein Schwerpunkt liegt im Gebiet neue Materialien, und da wir permanent bis an die Quantenebene heran präzise arbeiten müssen, ist unser wichtigstes Werkzeug für uns Berechnungen durch Computer, weil sie uns helfen, die enorme Vielzahl möglicher Syntheseziele einzuengen.

Ich untersuche derzeit vorwiegend die reversible (z.B. Wasserstoff Speicherung mit Polymeren) und muss dafür die exakten energetischen Verhältnisse sehr genau berechnen - sagen wir ± 2 kcal – was selbst mit modernsten Methoden nicht trivial ist. Diese Arbeit findet ausschließlich mit dem Computer statt und erfordert extrem hohe Rechenleistung aufgrund der Komplexität der Berechnungen. Meine Arbeit profitiert daher sehr, von dem Zuwachs der Rechenleistung der letzten Dekaden und wäre ohne diese Steigerungen nahezu undenkbar.

Wir benützen hauptsächlich das Programmpaket “Gaussian 03”

(www.gaussian.com)

¹¹²⁰ vgl. Kindler, Holger / Regelmann, Anna-Charlotte / Tullney, Marco (2004): „Die Folgen der Agenda 2010: Alte und neue Zwänge des Sozialstaats“ / VSA-Verlag

¹¹²¹ <http://www.agenda2020.org/>

¹¹²² <http://dip.bundestag.de/btd/16/010/1601020.pdf>

Daum:

Ihre Berechnungen dienen vorwiegend der Materialforschung, wie Sie sagen. Geben Sie uns einige Beispiele, welche möglichen Ergebnisse ihre Arbeit tragen wird.

Denk:

Eines unserer Wunschziele ist die Herstellung von Kunststoff Batterien, also Batterien die statt Schwermetallen ausschliesslich Polymere verwenden. Ich gehe davon aus, dass neuartige Batterien ein entscheidendes Element bei der demnächst (2015+) anstehenden Solarrevolution sein werden. Auch eine Verwendung in PKWs zeichnet sich mit ja bereits ab (Hybridtechnik). Organische Solarmaterialien sind ein zweiter Schwerpunkt.

Wenn wir z.B. an die Photosynthese in Pflanzen denken, die bislang all unseren Sauerstoff liefert, dann müssen wir beachten, dass die moderne Chemie erst durch die Computerberechnung der sog. Faltungsstruktur der pflanzlichen Proteine den Weg hat entschlüsseln können, wie aus Wasser, Mineralien und Licht letztlich Kohlenhydrate und Sauerstoff synthetisiert werden. Die Prozesse, die dabei in einer Pflanze vor sich gehen, lassen sich ausschließlich mit der Dimension der Quanten-Chemie erfassen, beschreiben und berechnen. Die gewöhnliche Methodik, mit Bunsenbrenner und Glasphiolen greift hier um Größenordnungen zu kurz. Es ist sehr gut denkbar, dass wir durch die Fortschritte im Quanten Mikrokosmos der Chemie, sehr bald in der Lage sind, diese diffizilen Prozesse der Photosynthese zu simulieren und so in industriellem Maßstab Kohlenhydrate und Sauerstoff synthetisch herstellen können. Das würde eine Revolution für die Landwirtschaft bedeuten und sehr gute Perspektiven für Naturschutz und Ernährungsprobleme eröffnen. Zudem forschen wir natürlich beständig an leichteren und stabileren Materialien, die bessere Eigenschaften aufweisen, die wir quasi im Computer "designen". Solche Materialien können später in der Industrie eingesetzt werden, um z.B. noch leistungsfähigere Computer zu bauen, was wiederum meiner Arbeit direkten Nutzen bringt.

Daum:

Wenn ich Sie richtig verstehe, dann muss die Chemie sich verstärkt dem Verständnis von Quanten Prozessen zuwenden, damit wir die Natur besser verstehen können, die diese Prozesse seit Millionen Jahren bereits nutzt und perfektioniert hat. Welche Bedeutung kommt dabei der Ebene der Quanten zu? Sprechen wir hier von einem "Inselphänomen" der nützlichen Randerscheinungen einer Expertendomäne, oder haben wir es hier mit einem größeren Phänomen zu tun?

Denk:

Quantenprozesse durchdringen unsere gesamten Wissenschaften, nicht nur die Chemie. Diese Ebene der Materie ist genauso von grundlegender Bedeutung für die Physik, für die Biologie, wahrscheinlich sogar für die Medizin, für die Informatik wie eben für unsere chemischen Berechnungen. Man kann die Bedeutung dieser relativ neuen Sichtweise aus der Welt der Quanten kaum überschätzen, vielmehr würde ich von einer paradigmatischen Wende sprechen wollen, als von einem Inselphänomen. Die Handwerklich Fähigkeit dies dann im

Labor auch tatsächlich zu realisieren wird aber ebenfalls entscheidend sein.

Daum:

Wenn Quanten die Basis eines jeden materiellen Prozesses bilden, wie sie sagen, von der Photosynthese der Pflanze bis zur Bindung ihres Sauerstoffs an die Hämoglobin Moleküle unseres Blutes, dann eröffnet sich die Möglichkeit, dass auch im menschlichen Gehirn und dessen Weise der Informationsverarbeitung Quantenprozesse involviert sind. Wie denken Sie über diese Möglichkeit?

Denk:

Ich bin kein Spezialist im Bereich der Medizin, sondern im Bereich der Moleküle aber gerade deswegen kann ich mit Sicherheit sagen, dass überall in der unbelebten wie in der belebten Natur, sämtliche elementaren Prozesse von Atomen und Molekülen bestimmt werden durch das Verhalten der Quanten. Es ist für mich daher nur folgerichtig und logisch, dass auch im Gehirn solche Prozesse eine fundamentale Rolle spielen. Es dürfte sich ähnlich verhalten wie mit dem Beispiel des Bunsenbrenners in der Chemie, die Ebene der Neuronen und deren elektrischer Aktivitäten greift noch um einige Größenordnungen zu grob an, um die fundamentalen Prozesse zu verstehen.

Es wird nötig sein, hier interdisziplinäre Forschungsanstrengungen zu focussieren, um zu konkreten Ergebnissen zu kommen, doch mit Hilfe moderner Computer Berechnungen und Simulationen bin ich zuversichtlich, dass recht bald sehr fruchtbare neue Ergebnisse erzielt werden.

Daum:

Was denken Sie, in Jahren grob geschätzt, wie lange es dauern wird, bis die Quantenprozesse der Informationsverarbeitung im menschlichen Gehirn entschlüsselt sind und sich technisch nutzbringend, etwa medizinisch in Form von partiellen neuronalen Prothesen nutzen lassen? Die Fachwelt der Physiker und Informatiker favorsierte derzeit eine Zeitspanne von ca. 15 Jahren, halten Sie dies für realistisch?

Denk:

Erste grundlegende Arbeiten werden wir wahrscheinlich in den nächsten 10-20 Jahren sehen, aber ich gehe davon aus dass der Themenkomplex extrem komplex ist und es 100 Jahre und mehr dauern wird bis man das komplett versteht. Denken sie an die Doppelhelix. Der grosse Durchbruch kam mit Watson und Crick vor mehr als 50 Jahren und dennoch verstehen wir die genetischen Komponenten selbst häufiger und lebensbedrohlicher Krankheiten bis heute nur sehr unzulänglich.

5.0 Fazit

*Ich behaupte ferner, daß Künstliche Intelligenz in den gesellschaftlichen Alltag eindringt bzw. eindringen wird. Sie ist auf dem beste Wege, Teil unserer "Schönen neuen Welt" zu werden.
(A. Huxley)*

Wir haben im Verlauf der Kapitel gesehen, dass man die Tragweite der gesellschaftlichen Umwälzungen die KI mit sich bringt, kaum unterschätzen kann, es aber zugleich höchst anspruchsvoll ist, die Komplexität der Entwicklung im Detail zu prognostizieren.

Aber genauso, wie es derzeit noch keinen technischen Weg gibt, das Wetter in jedem Detail vorherzusagen, ist es dennoch möglich und sinnvoll Prognosen über die „Großwetterlage“ zu berechnen, die mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit zutreffen, um wenigstens in gewissem Maße „vorbereitet“ sein zu können. Dabei ist es interessant zu beobachten, dass sich etwa Phänomene wie die globale Erwärmung um ein Vielfaches leichter und exakter prognostizieren lassen, als etwa die Regenschauer in der kommenden Woche, obwohl der Zeitraum der Erwärmung sich über Jahre und Jahrzehnte erstreckt. Die Ursache ist natürlich darin zu suchen, dass die „Stabilität“ einer Entwicklung dadurch erheblich zunimmt, dass große Quantitäten der Systemkomponenten, wenn sie einmal einheitlich in eine gewisse „Richtung“ beschleunigt wurden, eine „Trägheit“ in dieser Bewegungsrichtung etablieren. Sprich, es dauert länger einen Öltanker zu wenden, als ein Ruderboot, und daher ist die Position eines trägen Körpers in einem Koordinatenraum leichter zu extrapolieren, als Funktion in der Zeit, als die Position eines winzigen Körpers, der untentwegt ohne großen Energieaufwand „Richtungsänderungen“ vornehmen kann. Die Großwetterlage ist also um Größenordnungen leichter zu prognostizieren als die Regenschauer nächste Woche.

Über die Wahrscheinlichkeit der Realisierung von KI zu sprechen, verfolgt im zeitlichen Maßstab der Wende des Öltankers einen sehr ähnlichen Zweck, wie eine Wettervorhersage. Es ist und war Ziel dieser Arbeit, die „Tiefdruck“ und „Hochdruckzonen“ dieses am Horizont „herannahenden“ Phänomens der KI zu analysieren, sowie vor möglichen „Gewittern“ zu warnen und natürlich die „sonnigen Tage“ nach bestem Vermögen zu nutzen.

Rekapitulieren wir noch einmal im Zeitraffer die wichtigsten Aussagen dieser Prognosen, bevor wie ein Fazit formulieren:

„Im Prinzip ist es möglich, "natürliche" Intelligenz künstlich herzustellen. Dazu brauchen wir nicht abzuwarten, bis die KI-Forschung uns den Beweis erbringt:

Die Evolution hat nämlich schon längst dafür gesorgt.¹¹²³

Wir haben zu Beginn dieser Arbeit über die Funktionsweise von neuronalen Netzen gesprochen, und dabei die sog. Bottom Up mit der Top Down Strategie verglichen. Nach Vergleichen und Rechenbeispielen zwischen Methoden der Natur und technischen Wegen, Komplexität möglichst effizient zu organisieren, kamen wir zu dem analytischen Urteil, dass Vernetzung, Skalierung, Miniaturisierung und Implementation von Selbstorganisationskraft die Strategien sind, die uns die Natur als effizienteste Lösung erkennen lässt. In der technischen Adaption dieser Strategien, kamen wir zum Begriff der strukturellen Komplexität und zum Postulat des Kontingenzgenerators. Es konnte in den Untersuchungen der folgenden Kapitel gezeigt werden, dass dieser Faktor als identisch mit der sog. Selbstorganisationskraft der Natur anzusehen ist, und nach den neuesten Erkenntnissen der Physik, seine derzeit beste mögliche Erklärung darin findet, dass die Fluktuationen der Quanten an der interdimensionalen Membran genau jede Kontingenz zu stiften vermögen, die es hierzu systemisch benötigt.

Wir kamen also in diesem ersten Kapitel über Neuronale Netze, Moore's Law und Betrachtungen der technischen Strategien der Evolution von Hardware und Software zu dem Ergebnis, dass es höchst wahrscheinlich möglich sein wird, KI zu realisieren, wenn man möglichst exakt die gefundenen Lösungen der Natur technisch simuliert.

Im folgenden zweiten physikalischen Kapitel, haben wir eine recht detaillierte Untersuchung der Beschaffenheit der Raumzeit und ihrer dimensional Konzepte vorgenommen. Diese Betrachtung hat sich dabei insofern als fruchtbar für die Thematik der KI erwiesen, als dass wir die exakten Grenzen der Natur in den uns vertrauten vier Dimensionen mathematisch bestimmen konnten, woraus sich unter anderem der ultimative Computer berechnen ließen, wie auch die Einheiten von Planck, mit denen ohne Vorannahmen dimensionale Grund - Einheiten für Raum, Zeit und Materie bestimmbar wurden. Die zentrale Folgerung aus diesen Ergebnissen war, dass auch unser Gehirn auf mikroskopischer Strukturebene sehr gut in der Lage ist, quantenphysikalische Prozesse für seine Arbeit zu nutzen. Als mögliche Realisation dieser Prozesse, haben wir mit den sog. Microtubuli die Hameroff und Penrose näher beschrieben haben, einen experimentell überprüfbaren Zugang gefunden. In der folgenden Analyse von avancierten physikalischen Konzepten wie der Superstringtheorie, der Loop Quantentheorie und des Holografischen Prinzips, kamen wir zu dem Schluss, dass KI nicht

¹¹²³ Kurzweil, Ray (2005) „*The Singularity is near*“ / Penguin Books / New York / S. 383

nur die evolutionären Strategien der Natur sehr exakt nachbilden muss, wie wir im ersten Kapitel gefunden haben, sondern darüber hinaus auch die Prozesse der Quantenphysik für sich instrumentalisieren muss, wie wir im zweiten Kapitel gefunden haben.

Nach der Auffassung dieser Dissertation, sind diese beiden Ergebnisse als die notwendige und hinreichende Bedingung anzusehen, bei der Realisation von KI in der Form, als dass KI prinzipiell in der Lage sein soll, in ihrer Evolution das Stadium einer TP-KI (Turing Passing KI) zu erreichen. Wir hatten sogar in Aussicht stellen können, aufgrund von systemischen strukturellen Implikationen der Modelle der dimensional Interaktion, dass wenn das menschliche Attribut des Bewusstseins aus solchen Prozessen herrührt, auch KI prinzipiell auf technischem Wege Zugang zu genau diesem Attribut erlangen kann.

Im dritten und abschließenden Kapitel über politische und soziologische Untersuchungen zur KI, haben wir in der Konsequenz unserer Ergebnisse aus den ersten beiden Kapiteln, die gesellschaftlichen Prozesse analysiert, die sich aus den Themenkomplexen Ökonomie, Arbeit, Forschung und Bildung ergeben, die fortan zunehmend durch die Evolution von KI transformiert werden. Hier schließt sich nun der Kreis, zur Kernthese dieser Arbeit, dass technologische Entwicklungen in hohem Maße gesellschaftliche Entwicklungen beeinflussen, und es daher politisch eine kluge Strategie darstellt, die Evolution der Technologie zu prognostizieren und ihre Tendenzen zu extrapolieren, um in der Option der Antezipation von künftigen Entwicklungen nicht rein reaktiv agieren zu müssen. Wir kamen hier nach umfangreichen Betrachtungen verwandter Entwicklungsverläufe der Geschichte derartiger Prozesse zu folgendem extrapolierten Ergebnis:

- die 1.) Phase der KI: Ab heute bis in ca 5 Jahren industrielle KI
- die 2.) Phase der KI: In 5 bis 10 Jahren mobile lokale KI
- die 3.) Phase der KI: In 10-15 Jahren TP-KI in vermutlich humanoiden Androiden

In den abschließend formulierten Handlungsempfehlungen an eine diese Entwicklungen antezipierende Politik, wurden insbesondere die Wichtigkeit von Forschung und Bildung sowie ihre notwendige Förderung herausgearbeitet. Darüber hinaus wurde die Bedeutung der heute weltweit in ihrer Zahl, wie in ihrer Bedeutung für Wirtschaft und Forschung zentralen Großrechenanlagen als „evolutionäre Vorläufer“ von künftiger KI betont. Es war und ist dieser Dissertation ein besonderes Anliegen, die gezeigten künftigen Entwicklungen in harmonischer und verantwortungsvoller Weise gesellschaftlich zu antezipieren.

Literaturverzeichnis:

- Abbott, Edwin A. (1990): „*Flächenland*“ / Bad Salzdetfurth
- Andersen, Hanne / Chen, Xiang / Barker, Peter (2006): „*The Cognitive Structure of Scientific Revolutions*“ / Cambridge University Press
- Auf dem Hövel, Jörg (2002) „*Abenteuer künstliche Intelligenz*“ / Hamburg
- Aichholzer, Georg / Schienstock, Gerd (1994): „*Technology Policy: Towards an Integration of Social and Ecological Concerns*“ / Walter de Gruyter
- Ayres, Robert U. (1994): „*Information, Entropy, and Progress: A New Evolutionary Paradigm*“ / Springer
- Barrow, John D. / Tipler, Frank (1988): „*The Anthropic Cosmological Principle*“ / Oxford University Press
- Bauman, Richard W. (2002): „*Ideology and community in the first wave of critical legal studies*“ / Toronto / University of Toronto Press
- Beck, Ulrich (1986): „*Risikogesellschaft – Auf dem Weg in eine andere Moderne*“ / Suhrkamp / Frankfurt
- Beck, Ulrich / Giddens, Anthony / Lash, Scott (1996): „*Reflexive Modernisierung. Eine Kontroverse.*“ / Suhrkamp
- Beck, Ulrich (1997): „*Was ist Globalisierung?*“ / Suhrkamp / Frankfurt
- Becker, F. / Becker, E. Reinhardt (2001): „*Systemtheorie. Ein Einführung für die Geschichts- und Kulturwissenschaften*“ / Frankfurt/M.
- Bertalanffy von, Ludwig (1966): „*Robots, men and minds : Psychology in the modern world*“ ; [Based upon the Heinz Werner inaugural lectures, presented at Clark University, Jan. 13 and 14,]
- Bertola, Francesco (1993): „*The Anthropic Principle: Proceedings of the Second Venice Conference on Cosmology and Philosophy*“ / Cambridge University Press
- Bezivin, Pierre / Muller, Pierre-Alain (1999): „*The Unified Modeling Language: UML '98 : Beyond the Notation : First International Workshop*“ / Springer
- Blechschmidt, Erich (1989): „*Wie beginnt das menschliche Leben? – Vom Ei zum Embryo*„ / 6. Neubearbeitet Auflage / Stein am Rhein
- Bielefeldt, Heiner (1997): „*Menschenrechte - universaler Normkonsens oder eurozentrischer Kulturimperialismus?*“ / In: Brocker, Manfred und Heino Heinrich Nau (Hg.): *Ethnozentrismus. Möglichkeiten und Grenzen des interkulturellen Dialogs* Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft

- Binétruy, Pierre (2006): „*Supersymmetry. Theory, Experiment, and Cosmology*“ / Oxford University Press
- Boetius, Henning (1995): „*Ich ist ein anderer. Das Leben des Arthur Rimbaud*“ / Eichborn
- Bohm, D. and Hiley B.J. (1993): „*The Undivided Universe*“ / Routledge / New York
- Bonabeau, Eric (1999): „*Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*“ / Oxford University Press
- Bostrom, Nick (2002): „*Anthropic Bias Observation Selection Effects in Science and Philosophy*“ / Routledge
- Bower, James M. (1997): „*Computational Neuroscience*“ / Springer
- Braun, Dietmar (1999): „*Theorie Rationalen Handelns in der Politikwissenschaft: Eine kritische Einführung*“ / Leske und Budrich
- Bräuer, Kurt (2002): „*Chaos, Attraktoren und Fraktale*“ / Logos Verlag / Berlin
- Breuer, Reinhard (1996): „*Das anthropische Prinzip. Der Mensch im Fadenkreuz der Naturgesetze.*“ / München / Nymphenburger Verlag
- Brillouin, Leon (2004): „*Science and Information Theory*“ / Courier Dover
- Brooks, Rodney (2002): „*The Merger of Flesh and Machines*“ – in: Brockman, John (HRSG) / „*The next fifty Years*“ / Phoenix / London
- Brooks, Rodney (2005): „*Menschmaschinen*“ / Fischer / Frankfurt
- Brout, R. / Englert, F. / Gunzig, E. (1978): „*The Creation of the Universe as a Quantum Phenomenon*“ / in: *Annals of Physics* / Vol. 115
- Bruß, Dagmar (2003): „*Quanteninformation*“ / Fischer / Frankfurt a. M.
- Capurro, Rafael (1991): „*Aufklärung am Ende der Moderne*“ / Berlin / Freie Akademie
- Capurro, Rafael / Hausmanninger, Thomas (Hrsg.) / (2004): „*Vernetzt gespalten - Der Digital Divide in ethischer Perspektive.*“ / Wilhelm Fink Verlag
- Carlson, Jim (2002): „*Itanium Rising: Breaking Through Moores 2nd Law*“ / Prentice Hall
- Carnegie, Andrew (2001): „*James Watt*“ / The Minerva Group
- Creutzfeld, O.D. (1983) „*Cortex Cerebri. Leistung, strukturelle und funktionelle Organisation der Hirnrinde*“ / Springer / Berlin

- Churchland, Patricia Smith (1986): „*Neurophilosophy – Toward a Unified Science of the Mind-Brain*“ / Cambridge / Massachusetts
- Churchland, Paul M. (1988): „*Matter and Consciousness: A Contemporary Introduction to the Philosophy of Mind*“ / MIT Press
- Cohen, D. W (1989): „*An Introduction to Hilbert Space and Quantum Logic*“ / Berlin
- Collier, Gerard (1983): „*The Management of Peer-Group Learning: Syndicate Methods in Higher Education*“ / Society for Research into Higher Education
- Coppin, Ben (2004): „*Artificial Intelligence Illuminated*“ / Jones and Bartlett / London
- Cousin, Victor (1828): „*Cours de Philosophie*“ / Ausgabe Paris 1991
- Daecke, S.M. (2001): „*Schöpfung als Interpretation von Evolution*“ / In: Weingartner, P. (Hrsg.): „*Evolution als Schöpfung?*“ / Ein Streitgespräch zwischen Philosophen, Theologen und Naturwissenschaftlern / Kohlhammer / Stuttgart
- Dahrendorf, Ralf Gustav (1965): „*Homo Sociologicus: ein Versuch zur Geschichte, Bedeutung und Kritik der Kategorie der sozialen Rolle.*“ / Westdeutscher Verlag, Köln/Opladen
- Damasio, Antonio (2004): „*Descartes' Irrtum*“ / Ullstein / München
- Darwin, Charles (1856): „*On the Origins of Species by Means of Natural Selection*“
- Darwin, Charles (2003): „*On the Origin of Species*“ / Faksimile der Erstausgabe / Harvard Univ. Press, 2003
- Darwin, Charles (2006): „*Gesammelte Werke*“ / Nach Übers. aus dem Engl. von: J. Victor Carus / Zweitausendeins / Frankfurt am Main
- Dawkins, Richard (1977): „*The Selfish Gene*“ / Oxford University Press
- Davies, Paul (1995): „*Die Unsterblichkeit der Zeit*“ / Orion / New York
- Deiss, S.R., Douglas, R.J., Whatley, A.M. (1999): „*A Pulsecoded Communications Infrastructure for Neuromorphic Systems*“ / In: Pulsed Neural Networks. Cambridge, MA: MIT
- Deutsch, David (1985): „*Quantum theory, the ChurchTuring principle and the universal quantum computer*“ / Proc. Royal Soc. (London) A400:97117
- Deutsch, David (1997): „*The Fabric of Reality*“ / Publisher Allen Lane/ the Penguin Press
- Deutsch, David (2000): „*Die Physik der Welterkenntnis*“ / dtv Verlag / München

- DeWitt, B. S. / Graham, N. (1973): „*The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*“ / Princeton University Press
- Diekmann, Bernd (1997): „*Energie: Physikalische Grundlagen ihrer Erzeugung, Umwandlung und Nutzung*“ / Teubner Verlag
- DiVincenzo, David P. (IBM), Loss, Daniel (U. Basel) (1998): „*Quantum Information is Physical*“/ Paper to be published in Superlattices and Microstructures / Special Issue on the Occasion of Rolf Landauer's 70th Birthday. / Condensed Matter, abstract cond-mat/9710259
- Drenth, J. (1994): „*Principles of Protein X-ray Crystallography*“/ Springer Verlag
- Drexler, Eric (1986): „*Engines of Creation*“ / Anchor Books / New York
- Dreyfuss, Hubert (1989): „Was Computer nicht können. Die Grenzen künstlicher Intelligenz“ / Beltz Athenäum / FFM
- Driesch, Hans (1905): „Der Vitalismus als Geschichte und als Lehre“ / Ambrosius Barth
- Driesch, Hans (1947): „*Die Überwindung des Materialismus*“ / Zürich / Rascher / 2. Aufl.
- Dubiel, Helmut (2001): „*Kritische Theorie der Gesellschaft. Eine einführende Rekonstruktion von den Anfängen im Horkheimer-Kreis bis Habermas*“ / Juventa, Weinheim und München
- Dudel, J., Menzel, R. und Schmidt, R.F. (Hrsg) (1996): „*Neurowissenschaft. Vom Molekül zur Kognition*“ / Springer / Heidelberg
- Dyson, George (1998): „*Darwin Among the Machines: The Evolution of Global Intelligence*“ / Perseus Books
- Eccles, John C. (1994): „*Wie das Gehirn sein Selbst steuert*“ / Berlin / Heidelberg
- Eibesfeld, Irenäus (1976): „*CONDITIO HUMANA: Vorträge U. Materialien zur Biologie d. Menschen*“ / Vandenhoeck und Ruprecht
- Esposito, Elena (1998): „*Zirkuläre Positionen 2. Die Konstruktion der Medien*“ / Erschienen in Theodor M. Bardmann (Hrsg.), Westdeutscher, Opladen
- Everett, H. (1973): „*The theory of the universal wave function. In The many-worlds interpretation of quantum mechanics*“, ed. BS DeWitt and N. Graham, Princeton University Press, Princeton, New Jersey
- Fassler, Manfred (1999): „*Cyber-moderne: Medienevolution, globale Netzwerke und die Künste der Kommunikation*“ / Springer
- Feynman, Richard (1989) in: Davies, Paul und Brown, R. Julian (Hg) „*Superstrings. Eine allumfassende Theorie?*“ / Basel

- Fleischer, Michael (2001): „*Kulturtheorie. Systemtheoretische und evolutionäre Grundlagen*“ (Beiträge zur Kulturwissenschaft; 5) Oberhausen: Athena
- Fliedner, Dietrich (1999): „*Komplexität und Emergenz in Gesellschaft und Natur*“. Frankfurt/Main; Berlin; Bern; Brüssel; New York : Europäischer Verlag der Wissenschaften Peter Lang GmbH
- Flusser, Vilem (2000): „*Ins Universum der technischen Bilder*“ / Vice Versa Verlag
- Fischer, Hans R. (1993): „*Murphys Geist oder die glücklich abhanden gekommene Welt. Zur Einführung in die Theorie autopoietischer Systeme.*“ / In: *Autopoiesis*. 2., korr. Aufl. Heidelberg : Carl-Auer-Verlag
- Friedman, M (1983): „*Foundations of Space-Time Theories*“ / Princeton
- Friesner, Richard A. / Prigogine, Ilya / Rice, Alan Stuart (2002): „*Computational Methods for Protein Folding*“ / Wiley
- Freisleben, Bernhard / Ripper, Klaus (1996): „*Ein neuronales Netz zur nichtlinearen Volatilitätsschätzung*“ / In: Proceedings of the 1996 Symposium on Operations Research / Braunschweig / Springer-Verlag
- Foucault, Michel (1966): „*Die Ordnung der Dinge. Eine Archäologie der Humanwissenschaften (Les mots et les choses)*“ / Aus dem Franz. von Ulrich Köppen / FFM
- Foucault, Michel (1973): „*Archäologie des Wissens*“ / Suhrkamp / FFM
- Funge, John David (2004): „*Artificial Intelligence for Computer Games*“ / A K Peters / Wellesey – Canada
- Fuchs, C.A. (2002): „*Quantum mechanics as quantum information (and only a little more)*“ / In *Quantum Theory: “Reconsideration of Foundations”*, ed. by A. Yu. Khrennikov, Växjö University Press, Växjö
- Füssl, Karl-Heinz (2004): „*Deutsch-amerikanischer Kulturaustausch im 20. Jahrhundert: Bildung, Wissenschaft-Politik*“ / Campus
- Fritsch, Harald (1996): „*Die Verbogene Raumzeit – Newton, Einstein und die Gravitation*“ - (Die ersten Sekunden) / Piper / München
- Fritsch, Harald (2004): „*Elementarteilchen*“ / C.H.Beck Verlag / München
- Gamma, Erich (1996): „*Entwurfsmuster - Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software*“ / Addison Wesley Longman Inc./ New York
- Ganichev, Sergey D., Prettl, Willi (2006): „*Intense Terahertz Excitation of Semiconductors*“ / Oxford University Press
- Gehlen, A. (1955): „*Der Mensch. Seine Natur und seine Stellung in der Welt*“ / Bonn

- Genz, Henning (2004): *“Nichts als das Nichts”* / Wiley
- Gershenfeld Neil, (1999): *„When Things Start to Think“* / Henry Holt / New York
- Gershenfeld, Neil (2005): *“FAB: The Coming Revolution on Your Desktop--From Personal Computers to Personal Fabrication“* / MIT Press / Cambridge
- Gershenson, Carlos (1999): *„Modelling Emotions with Multidimensional Logic“*/ In Proceedings 18th International Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS '99), pages pp. 42-46, New York City
- Giddens, Anthony (1992): *„Die Konstitution der Gesellschaft. Grundzüge einer Theorie der Strukturierung“* / Campus / FFM
- Giddens, Anthony (1995): *„Konsequenzen der Moderne.“* / Suhrkamp / Frankfurt
- Giovanetti, Emanuele (2003): *„The Internet Revolution: A Global Perspective“* / Cambridge University Press
- Glashow, Sheldon (1990) in: Zichichi, A. (Hg) *„The Superworld I“*, New York
- Goethe, Johann Wolfgang / II. Abtlg. Bd 11 / *„Über die Naturwissenschaften im Allgemeinen, einzelne Betrachtungen und Aphorismen“* / Weimarer Sophien Ausgabe
- Goertzel, Ben (1997): *„From Complexity to Creativity: Explorations in Evolutionary, Autopoietic, and Cognitive Dynamics“* / Springer
- Goertzel, Ben (2002): *„Creating Internet Intelligence: Wild Computing, Distributed Digital Consciousness, and the Emerging Global Brain“* / Springer
- Görnitz, Thomas (2002): *„Der Kreative Kosmos - Geist und Materie aus Information“* / Spektrum Akademischer Verlag / Heidelberg
- Goldberg, David E. (1989): *„Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning“* / Addison Wesley
- Gould, Stephen Jay (1976): *“Darwin's Untimely Burial”*/ Prometheus Books / New York
- Gould, Stephen Jay (1977): *„Ontogeny and Phylogeny“* / Harvard University Press / Cambridge, Massachusetts
- Goswami, Amit (2000): *„The Physicists' View of Nature“* / Springer
- Green, Michael / Schwarz, John / Witten, Edward (1987): *„Superstring Theory“* / Cambridge University Press
- Greene, Brian (2004): *„Der Stoff aus dem der Kosmos ist – Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit“* / Siedler Verlag / München

- Greene, Brian (2000): „*Das Elegante Universum - Superstrings, verborgene Dimensionen und die Suche nach der Weltformel*“ / Siedler / München
- Guth, Alan H. (1998): „*The Inflationary Universe: The Quest for a New Theory of Cosmic Origins*“ / Perseus Publishing
- Haack, Susanne (1996): „*Deviant Logic, Fuzzy Logic: Beyond the Formalism*“ / University of Chicago Press
- Habermas, Jürgen (1988): „*Theorie des kommunikativen Handelns*“ / 2 Bände / Frankfurt am Main
- Hameroff, Stuart / Penrose Roger (1996): „*Orchestrated Reduction Of Quantum Coherence In Brain Microtubules: A Model For Consciousness?*“ / In: *Toward a Science of Consciousness - The First Tucson Discussions and Debates*, eds. Hameroff, S.R., Kaszniak, A.W. and Scott, A.C., Cambridge, MA: MIT Press
- Hameroff, Stuart (2003): „*Time, Consciousness and Quantum Events in Fundamental Spacetime Geometry*“ / In: *The nature of time: Physics, geometry and perception - Proceedings of a NATO Advanced Research Workshop*, ed R Buccheri and M Saniga
- Hameroff, Stuart (2005): „*Consciousness, Neurobiology and Quantum Mechanics: The Case for a Connection*“, In: *The Emerging Physics of Consciousness*, edited by Jack Tuszynski / Springer-Verlag / In press 2005
- Harth, Eric (1982): „*Windows to the Mind: Reflections on the physical Basis of Consciousness*“ / Harvester / Brighton
- Harmuth, Henning F. (1993): „*Information Theory Applied to Space-Time Physics*“ / World Scientific Publishing / Singapore
- Hausmanninger, Thomas / Capurro, Rafael / Hrsg. (2002): „*Netzethik. Grundlegungsfragen der Internethetik.*“ / München / Fink Verlag
- Haykin, Simon (1994): „*Neural Networks, A Comprehensive Foundation*“ / Macmillan College Publishing Company / New York
-
- Hawkins, Jeff (2004): „*On Intelligence - How a new understanding of the brain will lead to the creation of truly intelligent machines*“ / Times Books / New York
-
- Hawking, Stephen (2005): „*The Theory of Everything: The Origin and Fate of the Universe*“ / Phoenix Books
-
- Hawking, Stephen W. (1988): „*A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes*“ / Bantam
- Hebb, Donald Olding (1949): „*The Organization of Behaviour*“
- Hebb, Donald Olding (1967): „*Einführung in die moderne Psychologie*“ / Beltz Verlag

- Hegel, G.W.F. (1993): „*Vorlesungen über die Geschichte der Philosophie. Einleitung, orientalische Philosophie*“ / Hg. v. Walter Jaeschke / Hamburg
- Hegel, G. W. F. (1955): „*Grundlinien der Philosophie des Rechts*“ (ed. Hoffmeister) / Hamburg
- Hennessy, John (2007): „*Computer Architecture: A Quantitative Approach*“ / Morgan Kaufmann
- Henning, Eike (2000): „*Glokalisierung*“ / Suhrkamp / Frankfurt
- Heidegger, Martin (1997): „*Vom Wesen der Wahrheit: Zu Platons Höhlengleichnis und Theätet*“ / Vittorio Klostermann
- Heisenberg, Werner (1958): „*Die Physikalischen Prinzipien der Quantentheorie*“ / Hirzel / Stuttgart
- Herrmann, Kay (1994): „*Einheit und Höherdimensionalität-(Unitarity and Higher Dimensionality)*“, Frankfurt a.M./ Berlin/ Bern/ New York/ Paris/ Wien
- Herrmann, Kay (1997): „*Zur Raum-Zeit-Konzeption der modernen Physik*“. In: "Perspektiven der Analytischen Philosophie". Bd. 16 Hg.v. G. Meggle/ J. Nida-Rümelin, Analytomen 2, Proceedings of the 2 nd Conference "Perspectives in Analytical Philosophy" (1997) / S. 390 - 398. (*About the Space-Time-Conception of Modern Physics*)
- Hibbard, Bill (2002): „*Superintelligent Machines*“ / Kluwer Academic / New York
- Hirokawa, N. (1991): „*Molecular architecture and dynamics of the neuronal cytoskeleton*“, In pp 5-74. *The Neuronal Cytoskeleton*, RD Burgoyne (ed.), Wiley-Liss, New York
- Hobbes, Thomas (1651): „*Leviathan, or The Matter, Forme, & Power of a Commonwealth*“ / London: A. Croke
- Hofstadter, Douglas R. (1999): „*Gödel, Escher, Bach*“ / dtv / München
- Hoffmeister, F. and Bäck, T. (1992): „*Genetic Algorithms and Evolution Strategies: Similarities and Differences*“ / Sys-1/92 / Universität Dortmund
- Holland, John H. et al. (1994): „*When Will a Genetic Algorithm Outperform Hill Climbing*“ / In: „*Advances in Neural Information Processing Systems*“ / Volume 6. / Morgan Kaufmann
- Holland , John (1975): „*Adaption in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control and Artificial Systems*“ / The University Press of Michigan Press / Ann Arbor
- Horkheimer, M. und Adorno, T.W. (1947): „*Dialektik der Aufklärung*“/Frankfurt a. M.

- Ireland, K. und Rosen, M. (1990): „*A classical introduction to modern number theory*“ / Springer-Verlag / New York / 2nd edn.
- Irrgang, Bernhard (2005): „*Posthumanes Menschsein?: Künstliche Intelligenz, Cyberspace, Roboter, Cyborgs und Designer-Menschen – Anthropologie des künstlichen Menschen im 21. Jahrhundert*“ / Franz Steiner Verlag
- Jackendoff, R. (1987): „*Consciousness and the computational mind*“ / MIT Press / Cambridge, Mass.
- Jammer, Max (1980): „*Das Problem des Raumes. Die Entwicklung der Raumtheorien*“ / Darmstadt
- Janich, Peter (1992): „*Grenzen der Naturwissenschaft*“ / Beck / München
- Jürgens, Klaus Dieter (1989): „*Allometrie als Konzept des Interspeziesvergleiches von physiologischen Grössen*“ / Paul Parey Verlag
- Kaesler, Dirk (2003): „*Max Weber. Eine Einführung in Leben, Werk und Wirkung*“ / 3. Aufl. Frankfurt am Main / New York
- Kandel, E.R., Schwartz, J.H., and Jessell, T.M. (2000): „*Principles of Neural Science*“ / McGraw Hill, New York
- Kant, Immanuel (1956): Werke in sechs Bänden, Bd. II, „*Kritik der reinen Vernunft*“, Wiesbaden, Insel Verlag
- Károlyházy, F., Frenkel, A., & Lukacs, B. (1986): “ *On the possible role of gravity on the reduction of the wave function*”. / In: “*Quantum Concepts in Space and Time*”, R. Penrose and C.J. Isham (eds.), Oxford University Press
- Kaufmann, William (1979): „*Black Holes and Warped Spacetime*“ / Freeman / N.Y.
- Kindler, Holger / Regelman, Anna-Charlotte / Tullney, Marco (2004): „*Die Folgen der Agenda 2010: Alte und neue Zwänge des Sozialstaats*“ / VSA-Verlag
- Kirchmann, Kay (1996): „*Zwischen Selbstreflexivität und Selbstreferentialität. Überlegungen zur Ästhetik des Selbstbezüglichen als filmischer Modernität*“ / in: Karpf, Ernst/Kiesel, Doron/Visarius, Karsten (Hg.): „*Im Spiegelkabinett der Illusionen*“ - Filme über sich selbst / Marburg
- Kneer, G. / Nassehi, A. (1997): „*Niklas Luhmanns Theorie sozialer Systeme. Eine Einführung*“ / 3. Aufl. / München
- Krämer, Michael / (18. Juli 1995) / „*QCD-Strahlungskorrekturen zur Photoproduktion von J/ψ – Teilchen*“ / Shaker Verlag
- Kron, Thomas (2002): „*Luhmann modelliert: Sozionische Ansätze zur Simulation von Kommunikationssystemen*“ / VS Verlag

- Kronenberg von, Lutz (1979): „*Weber-Revolution 1844: der schlesische Weberaufstand im Spiegel der zeitgenössischen Publizistik und Literatur*“ / Informationspresse C. W. Leske
- Krüger, Hans-Peter (1990): „*Luhmanns autopoietische Wende. Eine kommunikationsorientierte Grenzbestimmung*“ / In: Niedersen, Uwe [Hrsg.] *Selbstorganisation / Jahrbuch für Komplexität in den Natur, Sozial- und Geisteswissenschaften* / Duncker & Humblot Verlag
- Küng, Hans (2005): „*Der Anfang aller Dinge/ Naturwissenschaft und Religion*“ / Piper
- Kuhn, Thomas S. (1996): „*The Structure of Scientific Revolutions*“ / University of Chicago Press
- Kuhn, Thomas S.(2003): „*Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*“
- / Frankfurt am Main / Suhrkamp / Sonderausg. zum 30jährigen Bestehen der Reihe Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft
- Kurzweil, Ray (1999): „*Homo S@piens*“, Kiepenheuer & Witsch, Köln
- Kurzweil, Ray (2005): „*The Singularity is near*“ / Penguin Books / New York
- Kutschera, Franz von (1985): „*Der Satz vom Ausgeschlossenen dritten: Untersuchungen über die Grundlagen der Logik*“ / Walter de Gruyter
- Latour, Bruno (1995): „*Wir sind nie modern gewesen: Versuch einer symmetrischen Anthropologie*“ / Akademie Verlag
- Laplace, Pierre-Simon (1814): „*Essai philosophique sur les probabilités*“ / Gauthier-Villars 1921
- Lämmel, Uwe / Cleve, Jürgen (2004): „*Künstliche Intelligenz*“ / Hanser / München
- Lee, John V. (2006): „*Search for the Higgs Boson*“ / Nova Science Publishers
- Leibniz (1996): „*Philosophische Schriften*“ / Hg. Hans Heinz Holz. 4 Bände. Frankfurt/Main / Suhrkamp 1986, Neuausgabe 1996
- Leutbecherl, A. (1996): „*Zahlentheorie*“ / Springer-Verlag/ Berlin Heidelberg
- Levine, Joseph (1983): „*Materialism and Qualia: The Explanatory Gap*“, in: *Pacific Philosophical Quarterly*, vol. 64, no. 4, October
- Lindner, Christian (2003): „*Avatare: Digitale Sprecher für Business und Marketing*“ / Springer / Berlin, Heidelberg, New-York
- Lisboa, Paolo J.G. / Edisbury, Bill / Vellido, Alfredo (2000): „*Business Applications of Neural Networks: The State-of-the-art of Real-world Applications*“ / World Scientific

- Lloyd, Seth (2000): „*Ultimate Physical Limits to Computation*“ / MIT Department of Mechanical Engineering / MIT 3-160 / Cambridge, Mass. 02139
- Lloyd, Seth (2006) „*Programming the Universe*“ / Random House / New York
- Lobo, Catarina et. Al (2003): „*Galaxy Evolution in Groups and Clusters*“ / Kluwer Academic / Dordrecht Netherlands
- Lockwood, Michael (1991): „*Mind, Brain & the Quantum*“ / The Compound 'I' / Basil Blackwell / Oxford and Cambridge, MA
- Lorentzen, Kai F. (2002): „*Luhmann goes Latour – Zur Soziologie hybrider Beziehungen*“ / in: Rammert, Werner / Schulz-Schaeffer, Ingo (Hg) (2002): „*Können Maschinen Handeln?*“ / Campus / FFM – New York
- Lucas, Klaus (2005): „*Thermodynamik: Die Grundgesetze der Energie- und Stoffumwandlungen*“ / Springer
- Luhmann, Niklas (1975): „*Politische Planung*“ / VS Verlag
- Luhmann, Niklas (1984): „*Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie*“. Frankfurt a.M.
- Luhmann, Niklas (1992): „*Die Wissenschaft der Gesellschaft*“ / Frankfurt a. M
- Luhmann, Niklas (1993): „*Das Recht der Gesellschaft*“ / Suhrkamp / FFM
- Luhmann, N. (1995): „*Die Realität der Massenmedien.*“ / In: Nordrhein-Westfälische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.), *Vorträge*, (S.1-73) / Westdeutscher Verlag / Opladen
- Luhmann, Niklas (1998): „*Die Gesellschaft der Gesellschaft*“ / Suhrkamp
- Luhmann, Niklas (2000): „*Die Politik der Gesellschaft*“ / Frankfurt a. M.
- Luhmann, Niklas (2005): „*Soziologische Aufklärung 4 / Beiträge zur funktionalen Differenzierung der Gesellschaft*“ / VS-Verlag
- Luhmann, Niklas (2006): „*Organisation und Entscheidung*“ / VS Verlag
- Mainzer, Klaus (1995): „*Computer - Neue Flügel Des Geistes?: Die Evolution computergestützter Technik, Wissenschaft, Kultur und Philosophie*“ / de Gruyter
- Malsch, Thomas (2005): „*Kommunikationsanschlüsse: Zur Soziologischen Differenz realer und künstlicher Sozialität*“ / VS Verlag
- Manteufel, Andreas / Schiepek, Günter (1998): „*Systeme spielen*“ / Selbstorganisation und Kompetenzentwicklung in sozialen Systemen / Vandenhoeck & Ruprecht
- Marcinkowski, F. (1993): „*Publizistik als autopoietisches System.*“ / Westdeutscher Verlag / Opladen

- Marcuse, Herbert (1967): „*Der eindimensionale Mensch*“ / Soziologische Texte / Band 40. Hrsg. von Heinz Maus und Friedrich Fürstenberg / Neuwied / Berlin
- Maturana, Humberto R. (2000) „*Biologie der Realität*“ / FFM / Suhrkamp / 1. Aufl.
- Maturana, R.H. / Varela, F.J. (1987): „*Der Baum der Erkenntnis: Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens*“ / Scherz / Bern
- Maurer, Marcus (2003): „*Politikverdrossenheit durch Medienberichte*“ / UVK Verlag
- Marx, Karl (1867): „*Das Kapital*“ / Erster Band / MEW 23
- Maxwell, James Clerk (2001): „*Matter and Motion*“ / Electric Book Company (first published in 1877)
- McLuhan, H. M. (1968): „*Die magischen Kanäle. Understanding media.*“ / Düsseldorf
- McKinney, Michael L. und Kenneth J. McNamara (1991): „*Heterochrony. The Evolution of Ontogeny*“ / New York / Plenum Press
- Mead, George Herbert (1968): „*Mind, Self, and Society*“ / Edited by Charles W. Morris. Chicago 1934. (Deutsche Übersetzung: Geist, Identität und Gesellschaft aus der Sicht des Sozialbehaviorismus. Suhrkamp-Verlag / Frankfurt am Main 1968)
- Mechat, Afschin / Weise, Peter (2004): „*War for Talents in der IT-Branche: Personalbeschaffung durch gezielte Abwerbung in den Jahren 1998-2001*“ / DUV Verlag
- Mercer, Robert E. and Neufeld, Eric (Eds.) (1998): „*Advances in Artificial Intelligence*“ / 12th Biennial Conference of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence / AI' 98 Vancouver / BC / Canada / June 18 – 20 / 1998 / Proceedings Berlin / Heidelberg / New York
- Meissner, Walter (1992): „*Wie tot ist Schrödingers Katze?: Physikalische Theorie und Philosophie* / B.I. Wissenschaftsverlag
- Metzinger, Thomas (1994): „*Schimpanzen, Spiegelbilder, Selbstmodelle und Subjekte*“ / In: Krämer, Sybille (Hrsg.) / „Geist – Gehirn – künstliche Intelligenz, Zeitgenössische Modelle des Denkens“ / Berlin
- Metzinger, Thomas (2001): „*Postbiotisches Bewußtsein. Wie man ein künstliches Subjekt baut – und warum wir es nicht tun sollten*“ / in: Computer, Gehirn: Was kann der Mensch?, Was können die Computer? / Schöningh / Paderborn, München, Wien, Zürich
- Metzinger, Thomas (2003) : „*Being No One*“ – The Self model theory of subjectivity / MIT Press Cambridge

- Mezey, Paul (2002): *“Electron, Spin and Momentum Densities and Chemical Reactivity“* / Springer
- Millington, Ian (2006): *„Artificial Intelligence for Games“* / Elsevier
- Mittelstaedt, Peter (1963): *„Philosophische Probleme der modernen Physik“* / Mannheim
- Minsky, Marvin (1990): *„The Society of Mind“* / Mentopolis / Übersetzung der amerikanischen Originalausgabe ins Deutsche durch Malte Heim, Stuttgart
- Moravec, Hans (1990): *„Mind Children“* / Harvard University Press
- Moravec, Hans (1999): *„Vom Siegeszug der künstlichen Intelligenz“* / Hamburg
- Müller, Paul L. (2003): *„Panta rhei: Der Mensch im 21. Jahrhundert; Sein, Schein und Wirklichkeit“* / Göttert
- Müller-Scholz, Wolf K. (2004): *„Die stille Transformation: Wie Unternehmen jetzt von IT und E-Commerce profitieren“* / Gabler Verlag
- Myhill, John (1952): *“Some Philosophical Implications of Mathematical Logic“* / Review of Metaphysics 6 / S. 165
- Nagel, Ernest / Newmann James R. (1958): *„Gödel’s Proof“* / New York University Press
- Nash, John F. (2002): *„The Essential John Nash“* / Princeton University Press
- Neofiodow, Leo A. (2001): *„Der sechste Kondratieff, Wege zur Produktivität und Vollbeschäftigung im Zeitalter der Information“* /Rhein-Sieg / Sankt Augustin
- von Neumann, John (1991): *“Die Rechenmaschine und das Gehirn“* / Oldenbourg
- Newton, Isaac (1872): *„Mathematische Prinzipien der Naturlehre“* / unveränderter fotomechanischer Nachdruck der Ausgabe von 1872, Darmstadt 1963
- Nielsen, M. A. / Chuang, I. L. (2000): *“Quantum Computation and Quantum Information”* / Cambridge
- Nortmann, Ulrich (1996): *„Modale Syllogismen, mögliche Welten, Essentialismus: eine Analyse der aristotelischen Modallogik“* / De Gruyter
- Nye, Doug (1973): *„Carl Benz and the Motor Car“* / Priory Press Ltd.
- Opitz, Michael (2000): *„Ähnlichkeit“* / in: Opitz, Michael/Wizisla, Erdmut (Hg.): *Benjamins Begriffe*, Bd.1, Frankfurt/M
- Paech, Joachim (1998): *„Intermedialität. Mediales Differenzial und transformative Figurationen“* / in: Helbig, Jörg (Hg.): *„Intermedialität, Theorie und Praxis eines interdisziplinären Forschungsgebiets“* / Berlin

- Pal, Sankar K. (2001): „*Pattern Recognition: From Classical to Modern Approaches*“ / World Scientific
- Pauen, M. (2001): „*Grundprobleme der Philosophie des Geistes*“ / Fischer / Frankfurt
- Pauli, Wolfgang (1988): „*Die Wissenschaft und das abendländische Denken*“ / in: Dürr, Hans Peter (Hrsg.): *Physik und Transzendenz, Die großen Physiker unseres Jahrhunderts über ihre Begegnung mit dem Wunderbaren*, S. 193 – 205, erste Auflage der Sonderausgabe, Bern / München / Wien
-
- Papaseit, C., Pochon, N., and Tabony, J. (2000): “*Microtubule self-organization is gravity-dependent*” / *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 97, 8364-8368.
- Parsons, Talcott (1937): "*The Structure of Social Action*"
- Penrose, Roger, (1989): "*The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds, and The Laws of Physics*" /Oxford University Press
- Penrose, Roger (1991): Computerdenken – „*Des Kaisers neue Kleider*“, oder die Debatte um Künstliche Intelligenz, Bewußtsein und die Gesetze der Natur, Übersetzung der englischen Original-Ausgabe "The Emperor's New Mind", Heidelberg
- Penrose, R. (1994): "*Shadows of the Mind*" / Oxford University Press/ Oxford
- Penrose, Roger (1995): "*Schatten des Geistes – Wege zu einer neuen Physik des Bewußtseins*" / Übersetzung der ebglischen Originalausgabe - "*Shadows of the Mind*" / Heidelberg
- Penrose, Roger (1997): "*The Large, the Small, and the Human Mind*" / (with Abner Shimony, Nancy Cartwright, and Stephen Hawking), Cambridge University Press
- Penrose, Roger (1998): "*Quantum Computation, entanglement and state reduction*" / in: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A*, 356 pp. 1927 - 1939
- Penrose, R. (2004): "*The road to reality: A complete guide to the laws of the universe*" / London, Jonathan Cape.
- Petry, Nikolaus (1999): „*Fuzzy Logik und neuronale Netze*“ / JurPC Web-Dok. 187/1999, Abs. 1 – 54
- Planck, Max (1958): „*Das Weltbild der neuen Physik*“ / J. A. Barth / Leipzig
- Platon, Politeia, Werke Bd. 3, Hamburg 1959, 221f; Timaios, Werke Bd. 5, Hamburg
- Platzner, Marco / Vernalde, Serge / Becker, Jürgen (2004): „*Field-Programmable Logic And Applications: 14th International Conference, FPL 2004, Antwerpen*“ / Springer

- Pope, Viv (2004): „*The eye of the beholder : the role of the observer in modern physics*“ / Swansea Philosophical Enterprises
- Popper, Karl (1972): „*Objective Knowledge*“ / Oxford
- Popper, Karl R. / Eccles, John C. (1982): „*Das Ich und sein Gehirn*“ / Piper / München
- Pohlheim, Hartmut (1999): „*Evolutionäre Algorithmen*“ / Springer / Berlin
- Popper, Karl R. / Eccles, John C. (1982): „*Das Ich und sein Gehirn*“ / Piper / München
- Postman, N. (1992): „*Wir amüsieren uns zu Tode. Urteilsbildung im Zeitalter der Unterhaltungsindustrie.*“ / Frankfurt a. M.
- Povh, Bogdan / Scholz, Christoph / Zetsche, Frank (2004): „*Teilchen und Kerne: Eine Einführung in die physikalischen Konzepte*“ / 6. Aufl. / Springer
- Prantl, Carl (1855): „*Geschichte der Logik im Abendlande*“ / Hirzel / Leipzig
- Prigogine, Ilya, Stengers, Isabelle (1993): „*Das Paradox der Zeit*“ / Piper / München - Zürich
- Prigogine, Ilya, (1995): „*Die Gesetze des Chaos*“, Campus Verlag / FFM - New York
- Pulvermüller, Friedemann (2002): „*The Neuroscience of Language: On Brain Circuits of Words and Serial Order*“ / Cambridge University Press
- Rammert, Werner (1995): „*Soziologie und künstliche Intelligenz, Produkte und Probleme einer Hochtechnologie*“ / FFM – N.Y.
- Rammert, Werner / Schulz-Schaeffer, Ingo (Hg) (2002): „*Können Maschinen Handeln?*“ / Campus / FFM – New York
- Rechenberg Ingo (1973): „*Evolutionsstrategie: Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution*“ / Frommann-Holzboog / Stuttgart
- Reichenbach, Hans (1951): „*Philosophische Grundlagen der Quantenmechanik*“ / Vieweg Verlag
- Regan, D. (1989): „*Human brain electrophysiology. Evoked potentials and evoked magnetic fields in science and medicine*“ / Elsevier / Amsterdam
- Ricoeur, Paul (1975): „*The Rule of Metaphor. Multi-disciplinary Studies of the Creation of Meaning in Language*“ / Toronto 1977
- Rifkin, Jeremy (2004): „*Das Ende der Arbeit und ihre Zukunft.: Neue Konzepte für das 21. Jahrhundert*“ / Campus Verlag

- Rogg, Arne (2003): „*Wie das Internet die Politik verändert.: Einsatzmöglichkeiten und Auswirkungen*“ / VS-Verlag
- Rojas, Raul (1993): „*Theorie der neuronalen Netze*“ / Springer-Verlag
- Roth, Gerhard, (2003): „*Aus Sicht des Gehirns*“ / Suhrkamp / Frankfurt
- Roth, Gerhard (2003): „*Fühlen, Denken, Handeln – Wie das Gehirn unser Verhalten steuert*“ / Suhrkamp / FFM
- Rousseau, Jean-Jacques. (2005): „*Der Gesellschaftsvertrag oder die Grundsätze des Staatsrechtes*“ / Frankfurt am Main /Fischer-Taschenbuch-Verl./ Limitierte Sonderausg.
- Rozenberg, Grzegorz (1998): „*DNA Computing: New Computing Paradigms*“ / Springer / Berlin, Heidelberg, New-York
- Rucker, Rudy (2005): „*The Lifebox, the Seashell, and the Soul*“ / Thunder's Mouth Press /Avalon Publishing Group
- Sandor Imre, Ferenc Balazs (2004): „*Quantum Computing and Communications*“ / Wiley / Sussex
- Sartre, Jean-Paul (1993): „*Das Sein und das Nichts*“ / Reinbek
- Scheler, Max (1928): „*Die Stellung des Menschen im Kosmos*“ /Bouvier /Bonn
- Schiller, Dan (1999): „*Digital Capitalism: Networking the Global Market System*“ / MIT Press
- Schilling, William (2002): „*Nontraditional Warfare: Twenty-first-century Threats and Responses*“ / Brassey's
- Schmidt, Mario (1989): „*Leben in der Risikogesellschaft. Der Umgang mit modernen Zivilisationsrisiken*“ / Deukalion Verlag / Hamburg
- Schmidt-Rohr, Ulrich (2001): „*Die deutschen Teilchenbeschleuniger: Von den 30er Jahren bis zum Ende des Jahrhunderts*“ / Max Planck Inst. Für Kernphysik
- Schützeichel, Rainer (2003): „*Sinn als Grundbegriff bei Niklas Luhmann*“ /Campus
- Schwartz, Jacob T. (1996): „*Der neue Konnektionismus: Über die Entwicklung von Beziehungen zwischen Neurowissenschaften und Künstlicher Intelligenz*“ / in: Graubhard, Stephen R. (Hrsg.): *Probleme der Künstlichen Intelligenz* / Wien / New York
- Schönherr-Mann, Hans-Martin (1989): „*Die Technik und die Schwäche: Ökologie nach Nietzsche, Heidegger und dem "schwachen Denken".*“ / Wien
- Schönherr-Mann, Hans-Martin (1994): „*Leviathans Labyrinth / Politische Philosophie der modernen Technik*“ / Fink Verlag

- Schrödinger, E. (1935) - (1983): „*Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik*“/Naturwissenschaften, 23:807-812, 823-828, 844-849. (Translation by J. T. Trimmer (1980) in Proc. Amer. Phil. Soc., 124:323-338.) In: “*Quantum Theory and Measurement*” (ed. J.A. Wheeler and W.H. Zurek) / Princeton University Press
- Schwinger, Julian (2002): „*Einstein's Legacy: The Unity of Space and Time*“ / Courier / New York
- Shimony, Abner (1997): „*On Mentality, Quantum Mechanics and the Actualization of Potentials*“ / in: Penrose, Roger: „*The Large, the Small and the Human Mind*“ / Cambridge
- Shor, Peter W. (1994): “*Polynomial time algorithms for discrete logarithms and factoring on a quantum computer*” / In: Algorithmic Number Theory. First International Symposium, ANTS1 Proceedings, Eds. L.M. Adleman and M.D. Huang / SpringerVerlag, Berlin
- Shor, P. W. (1994): „*Algorithms for quantum computation: Discrete logarithms and factoring, in Proceedings of the 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science*“, IEEE Computer Society Press
- Smolin, Lee (2001): „*Three Roads to Quantum Gravity*“ / New York
- Singelstein, Tobias (2006): „*Die Sicherheitsgesellschaft: Soziale Kontrolle im 21. Jahrhundert*“ / VS Verlag
- Singer, Wolf (2002): „*Der Beobachter im Gehirn*“ / Suhrkamp / FFM
- Singer, Wolf (1994): “*Putative functions of temporal correlations in neocortical processing*” / in: C. Koch, J. L. Davis (Hrsg.), *Large Scale Neuronal Theories of the Brain*, Cambridge, Mass. 1994a
- Starks, Rudolf (1969): „*POLITEIA und Res PUBLICA; Beiträge zum Verständnis von Politik, Recht und Staat in der Antike*“ / F. Steiner Verlag
- Stapp, H.P. (1993): “*Mind, matter and quantum mechanics*” / Berlin/ Springer Verlag
- Stegmüller, Wolfgang (1983): „*Erklärung, Begründung, Kausalität*“ / Springer / Berlin, Heidelberg, New York
- Stephan, Achim (2001): “*Emergenz in kognitionsfähigen Systemen*”. In: Michael Pauen / Gerhard Roth (Hrsg.): *Neurowissenschaften und Philosophie*. München: Wilhelm Fink Verlag (UTB für Wissenschaft; 2208)
- Steuerer, Jakob (2002): „*Die dritte Welle der Mobilkommunikation*“ / Springer
- Stewart, Ian (2002): „*Does God play Dice?: The New Mathematics of Chaos*“ / Blackwell

- Stewart, Ian (2003): „*The Mathematics of 2050*“ / in: *The next 50 Years* / Brockman, John (Hrsg.) / Phoenix Books / London
- Strohmeyer, Ingeborg (1980): „*Transzendentalphilosophische und physikalische Raum- Zeit- Lehre*“ / Zürich
- Spencer Brown, George (1997): „*Laws of Form*“ / Suhrkamp
- Susskind, L. and Lindesay, J. (2005): „*An Introduction to Black Holes, Information and the String Theory Revolution: The Holographic Universe*“ / Random Books
- Teuscher, Christof (2004): „*Alan Turing: Life and Legacy of a Great Thinker*“ / Springer / Berlin
- Thomas, W.I. und Thomas, D.S. (1928): „*The Child in America*“
- Tsodyks, M. & Markram, H. (1997): „*The neural code between neocortical pyramidal neurons depends on neurotransmitter release probability.*“ / Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 94
- Toffler, Alvin (1970): „*Der Zukunftsschock. Strategien für die Welt von morgen*“ /Goldmann / München
- Tolman, R. (1934): „*Relativity, Thermodynamisc and Cosmology*“ / Clarendon Press / Oxford
- Tombesi, Paolo / Hirota Osamu (2001): „*Quantum Communication, Computing, and Measurement 3*“ / Springer
- Trippi, Robert R. (1993): „*Neural Networks in Finance and Investing: Using Artificial Intelligence to Improve Real-World Performance*“ / Probus
- Tye, Michael (1997) „*Ten Problems of Consciousness: A Representational Theory of the Phenomenal Mind*“ / MIT Press
- Unger, J. Marshall (1987): „*The Fifth Generation Fallacy: Why Japan Is Betting Its Future on Artificial Intelligence*“ / Oxford University Press
- Valero, Mateo (2000): „*High Performance Computing: Third International Symposium, ISHPC 2000*“ / Springer / Berlin, Heidelberg, New-York
- Vattimo, Gianni (1986): „*Jenseits vom Subjekt*“ / Edition Passagen
- Vattimo, G. (1989): „*Das Ende der Moderne*“. Übers. u. Einl. R. Capurro, Stuttgart
- Vendler, Zeno (1972): „*Res Cogitans: An Essay in Rational Psychology*“ / Cornell University Press
- Vise, David A. (2006): „*Die Google Story*“ / Murmann Verlag
- Vogel, Günther / Angermann, Hartmut (1990): „*Taschenatlas der Biologie*“ / Münche

- Vretska, Karl (2000): „*Platon: Der Staat, übersetzt und herausgegeben von Vretska, Karl*“ / Stuttgart 2000
- Walter, Michel M. (2001): „*Europäisches Urheberrecht*“ / Springer
- Wandschneider, Dieter (1999): „*Scheitert das Projekt Künstliche Intelligenz an Gödels Unvollständigkeitstheorien?*“ / in: Kerner, Max und Kegler, Karl (Hrsg.): *Der vernetzte Mensch: Sprache, Arbeit und Kultur in der Informationsgesellschaft* / S. 119-136 / Aachen
- Watson, James D. (1980): „*The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*“ / Atheneum
- Walter, Roland (2003): „*Erdgeschichte*“ / Walter de Gruyter
- Waloschek, Pedro (1996): „*Teilchenzoo*“ / Rohwohlt / Reinbek
- Weber, Max (1996): „*Die protestantische Ethik und der "Geist" des Kapitalismus*“ / Beltz Athenäum Verlag
- Weber, Stefan (2001): „*Das Rätsel des Bewusstseins*“ / Rezension über ein Neurophysiologen Symposium in Luzern in 2001
- Weber, Steven (2004): „*The Success of Open Source*“ / Harvard University Press
- Wefers, Sabine (1997): „*Von Gutenberg zum Internet*“ / Vittorio Klostermann Verlag
- Weinstock, Ulrich (1964): „*Das Problem der Kondratieff-zyklen: Ein Beitrag zur Entwicklung einer Theorie der "langen Wellen"*“ / Duncker & Humblot
- Weizenbaum, Joseph (1978): „*Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft*“ / Suhrkamp / Frankfurt am Main
- Wellner, Jörg (2002): „*Luhmanns Systemtheorie aus der Sicht der verteilten Künstlichen Intelligenz*“ – in: Kron, Thomas (Hrsg.): „*Luhmann modelliert: Sozionische Ansätze zur Simulation von Kommunikationssystemen*“ / VS Verlag
- Wetz, F. (1998): „*Wie das Subjekt sein Ende überlebt: Die Rückkehr des Individuums in Foucaults und Rortys Spätwerk*“ / In: R. Fetz; R. Hagenbüchle; P. Schulz (Hrsg.): „*Geschichte und Vorgeschichte der modernen Subjektivität*“ / Berlin
- Whitehead, A.N. (1929): „*Process and Reality*“ / New York / Macmillan
- Wiener, Norbert (1948): „*Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*“, (Hermann Editions in Paris; Cambridge: MIT Press, Wiley & Sons in NY)
- Wiener, Oswald (1998): „*Eine elementare Einführung in die Theorie der Turingmaschinen*“ / Springer / Wien

- Willke, H. (1991): „*Systemtheorie*“ / Stuttgart
- Willke, Gerhard (1999): „*Die Zukunft unserer Arbeit*“ / Campus Verlag
- Wills, Christopher (1993): „*Das vorauseilende Gehirn. Die Evolution der menschlichen Sonderstellung*“ / FFM / S.Fischer
- Wickert, Johannes (1972): „*Einstein*“ / Rohwolt / Hamburg
- Witten, Edward (1998): „*Magic, Mystery and Matrix*“ / Institute of advanced Physics / Lecture given in January 1998 / Baltimore
- Wittmann, Heinz Günter (1979): „*Ribosomen und Proteinbiosynthese*“ / Westdeutscher Verlag
- Wolf, Stefan (1996): „*Metapher und Kognition – Computermodelle des menschlichen Geistes*“ / in: Schneider, Hans Julius (Hrsg.): „*Metapher, Kognition, künstliche Intelligenz*“ / München
- Wolff, Michael (2004): „*Abhandlungen über die Prinzipien der Logik*“ / Vittorio Klostermann
- Woit, Peter (2006): „*Not Even Wrong: The Failure of String Theory and the Continuing Challenge to Unify the Laws of Physics*“ / Jonathan Cape Verlag / London
- Wheeler, John Archibald (1973): „*From Relativity to Mutability*“ in: Mehra. J. / „*The Physicist's Conception of Nature*“
- Wheeler, J.A. (1990): „Information, physics, quantum: The search for links, In *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*“, W. Zurek, ed., Addison-Wesley.
- Wheeler, John Archibald & Ford, Kenneth (1998): „*Geons, Black Holes, and Quantum Foam: A Life in Physics*“ / New York
- Yudkowsky, Eliezer (2006): „*Creating Friendly AI 1.0*“ / Singularity Institute
- Zell, Andreas (1997): „*Simulation neuronaler Netze*“ /R. Oldenbourg Verlag/ München
- Zeilinger, Anton (2004): „*Einsteins Schleier*“ / C.H. Beck Verlag
- Zeilinger, Anton (2006): „*Science and ultimate reality*“ / Festschrift zu Ehren John Archibald Wheelers / Universität zu Wien
- Zirpel, Michael (2006): „*Vom Logikschaltkreis zur Quantentheorie*“ / Skript zum Hauptseminar im SS 2006
- Zizzi, Paola (2000): „*Emergent consciousness: From the early universe to our mind - General Relativity and Quantum Cosmology*“ / (Padua Observ.) . Jul 2000. 17pp. e-Print Archive: gr-qc/0007006

- Zuse, Konrad / Fredkin, Ed (1970): “*Calculating Space*“ / MIT Technical Translation AZT-70-164-GEMIT / Massachusetts Institute of Technology (Project MAC) / Cambridge, Mass. 02139
- Zweck, Axel (2006): „*Virtuelle Realität - Spiel oder Kultur prägender Faktor?*“ / Herausgeber: Zukünftige Technologien Consulting (ZTC) der VDI Technologiezentrum GmbH

Zeitschriften / Zeitungen:

- Ackerman, Elise (2007): „*We need to prepare for artificial intelligence*“ / Interview mit Peter Thiel / Mercury News: 09/06/2007
- Aharonov Y., and Vaidman, L. (1990): “*Properties of a quantum system during the time interval between two measurements*” / Phys. Rev. A. 41:11
- Atkatz, H. / Pagels H. (1982): „*Origin of the Universe as a Quantum Tunneling Event*“ / in: Physikal Review D / Vol. 25
- Beck, F. and Eccles, J.C. (1992): “*Quantum aspects of brain activity and the role of consciousness*” / Proc. Natl. Acad. Sci. USA 89(23):1135711361
- Bekenstein, Jakob (2003): „*Das Holografische Universum*“ / Spektrum der Wissenschaft / 09 – 2003
- Bousso, Raphael (2002): “*The holographic principle*”. Reviews of Modern Physics 74
- Bomfleur, Birgit (1. Mai 2003): “*Quanten.de Newsletter*“ / ScienceUp Sturm und Bomfleur GbR / Camerloherstr. 19 / D-85737 Ismaning
- Brout, R. / Englert, F. / Gunzig, E. (1978): „*The Creation of the Universe as a Quantum Phenomenon*“ / in: Annals of Physics / Vol. 115
- Dayhoff, J., Hameroff, S., Lahoz-Beltra, R., and Swenberg, C.E. (1994): “*Cytoskeletal involvement in neuronal learning: a review.*” / European Biophysics Journal 23:79-83
- Dänzer, Dieter / (31.03.2007) Chefredakteur der „Agrartechnik“ / „*Situationsbericht zur deutschen Landwirtschaft*“
- Einstein, Albert (1905): “*Zur Elektrodynamik bewegter Körper*” / Fachblatt: „*Annalen der Physik*“ / veröffentlicht im Jahre 1905
- Everett, H. (1957): “*Relative state formulation of quantum mechanics. In Quantum Theory and Measurement*” / J.A. Wheeler and W.H. Zurek (eds.) Princeton University Press, 1983; originally in *Reviews of Modern Physics*
- Fröhlich, H. (1975): “*The extraordinary dielectric properties of biological materials and the action of enzymes*”. Proc. Natl. Acad. Sci. 72, 4211-4215

- Gödel, Kurt (1931): „Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I“ / publiziert 1931 in „Monatshefte für Mathematik und Physik“, v. 38
- Gouma, P. und Sberveglieri, G. (2004): „Novel Materials and Applications of Electronic Noses and Tongues“/ in: *Materials Research Society (MRS) Bulletin*, Oktober (2004), 696–699
- Hagan S., Hameroff S., Tuszynski J. (2002): “Quantum computation in brain microtubules? Decoherence and biological feasibility” / *Physical Reviews E*, 65, 061901
- Hameroff, S.R., and Penrose, R. (1996): “Conscious events as orchestrated spacetime selections” / *Journal of Consciousness Studies* 3(1)
- Hameroff, S., Nip, A., Porter, M., & Tuszynski, J. (2002): “Conduction pathways in microtubules, biological quantum computation and microtubules” / *Biosystems* 64(13)
- Hameroff, Stuart / Tuszynski Jack (2004): „ Quantum states in proteins and protein assemblies: The essence of life?“ / Proceedings of SPIE Conference on Fluctuations and Noise, Canary Islands, June 2004
- Hillebrandt, Wolfgang (2005) vom Max-Planck-Institut für Astrophysik im Interview mit SPIEGEL ONLINE (24.11.2005)
- Jackson, F. (1982): “Epiphenomenal qualia”/ *Philosophical Quarterly* 32:127
- Küster, Yvonne (19.10.2006): „Wirtschaft droht Expertenmangel“ / *Financial Times Deutschland*
- Latour, Bruno (1996): “On Actor Network Theory. A Few Clarifications” / in: *Soziale Welt* 47
- Lauck, L. Vasconcellos, A.R. ,Luzzi, R. (1992): “On Fröhlich’s coherent effects in biological systems: Influence of carriers and high order dissipative effects”. *J. Theor. Biol*, 158, 1-13
- Lee Smolin (2004): *Quanten der Raumzeit*, in: *Spektrum der Wissenschaft* (März 2004)
- Levine, J. (1983): “Materialism and qualia: the explanatory gap.” / *Pacific Philosophical Quarterly* 64:354-361
- Lloyd, Seth (2000): “Ultimate Laptop” / *New York Times* / 5. September, 2000
- Lloyd, Seth (2000): "Ultimate Physical Limits to Computation" / *Nature* / (vol. 406, no. 6788, 31 August 2000
- Lloyd, Seth (2002): „Interview mit „Nanomagazine“ zum „Orch-Or“ Modell von Penrose & Hameroff“

- Lloyd, Seth (2006): „Interview des „Wired“ Magazin mit Seth Lloyd“ / Ausgabe vom 14.03.2006
- Maldacena, Juan (2006): „Das Holografische Universum“ /Spektrum der Wissenschaft März 2006
- Nieuwenhuizen, P. von (1978): „Supergravity and the Unification of the Laws of Physics“ / in: Scientific American (February Edition)
- Rauchhaupt, Ulf (05/2006): „In anderen Dimensionen“ / FAZ Artikel in der Sparte Hochenergiephysik
- Seidel, Hans – Stiftung (1954): „Politische Studien: Monatshefte der Hochschule für politische Wissenschaften München“ / Isar Verlag
- Smolin, Lee (2004): „Quanten der Raumzeit“ / Fachbeitrag im Spektrum der Wissenschaft / Ausgabe März
- Susskind, Leonard (1995): "The world as a hologram" / hep-th/9409089, J. Math. Phys. 36 pp 6377-6396
- Tae-gyu, Kim (01-16-2006): „ Police, Army Robots to Debut in 5 Years“ / The Korea Times
- 't Hooft, G. (1993): "Dimensional reduction in quantum gravity" / arXiv:gr-qc/9310026v1
- Tryon, E.P. (1973): „Is the Universe a Vacuum Fluctuation?“ / in Nature, Vol. 246
- Vaas, Rüdiger (2006): „Ist uns das All auf den Leib geschneidert?“/ Bild der Wissenschaft Nr. 8 2006
- Vattimo, Gianni (1987): „Ideologie oder Ethik. Von Marx zum schwachen Denken" (1987/88 Aufsatz in den Nürnberger Blättern, Nr. 7)
- Wesson, Paul S. (1999): „Space-Time-Matter: Modern Kaluza-Klein Theory“ / World Scientific
- Wheeler, John Archibald & Tegmark, Max (01/ 2003) „100 Jahre Quantentheorie“ / Spektrum der Wissenschaft Dossier: „Vom Quant zum Kosmos“
- Witten, Edward (05-1996): „Reflections on the Fate of Spacetime“ / Physics Today

Elektronische Publikationen / Datenbanken und Internetquellen – in Reihenfolge der Erscheinung:

- <http://www.uni-frankfurt.de/forschung/profil/gr/neuro/>
- <http://idw-online.de/pages/de/news1330>
- <http://www.netzwelt.de/lexikon/Hopfield-Netz.html>
- www.quarks.de/dyn/pics/12643-12827-2-kap6_1.jpg
- <http://www.dfki.de/web/research/iupr.de.html>
- <http://www.netzwelt.de/lexikon/Expertensystem.html>
- http://de.moneybee.net/was_moneybee_ist.asp
- http://www.chartinvestment.de/High_Quality_Links/Charttechnik/charttechnik.html
- <http://www.dartmouth.edu/~psych/people/faculty/tse/TseDeutsch.doc>
- <http://www.unibw-muenchen.de/campus/ET1/Datenverarbeitung/Lehre/neuronal.html>
- <http://ei.cs.vt.edu/~history/VonNeumann.html>
- <http://www.iht.tuwien.ac.at/firawm03/german/default.html>
- <http://www.eventus-traders.com/>
- <http://www.cse.unsw.edu.au/~achim/Research/Philosophie/node15.html>
- <http://www.iupr.org/>
- <http://www.dfki.de/web/index.de.html>
- http://www.fh-landshut.de/~harasim/knn/knn_startseite.htm
- http://www.sanskritreader.de/Inhalt/ocr_details_zeichenerkennung.htm
- www.ti.uni-bielefeld.de/html/people/froeben/talks/agti/merkmalsextraktion.pdf
- <http://www.application-systems.de/ilisten/>
- <http://www.markus-hofmann.de/neuronal.html>
- <http://fuzzy.cs.uni-magdeburg.de/books/nnfuzzy/contents.html>
- <http://www.neuroinformatik.ruhr-uni-bochum.de/ini/ALL/PUBLICATIONS/IRINI/irinis98.html>
- http://www.edge.org/3rd_culture/biocomp05/biocomp05_index.html
- http://www.geist-oder-materie.de/Informatik/KI/KI_Praxis/ki_praxis.html
- <http://www.wissensgesellschaft.org/>
- <http://www.frc.ri.cmu.edu/~hpm/project.archive/general.articles/1998/SimConEx.98.html>
- <http://www.sil.org/linguistics/GlossaryOfLinguisticTerms/WhatIsAPhoneme.htm>
- <http://www.kurzweilai.net/index.html?flash=1>
- <http://kai.iks-jena.de/miniwahr/carnivore.html>
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/55174>
- <http://www.de.nec.de/productdetail.php/id/1071>
- <http://www.celera.com/>
- <http://folding.stanford.edu/>
- <http://folding.stanford.edu/faq.html#project.supercomputer>
- http://www.medizininfo.de/kopfundseele/alzheimer/intelligenz_definition.shtml
- <http://www.iicm.edu/greif/node5.html>
- <http://plato.stanford.edu/entries/turing-test/>
- <http://www.foresight.org/>
- <http://www.turing.org.uk/philosophy/lecture1.html>
- <http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/102/33/11629>
- http://www.edge.org/3rd_culture/lloyd06/lloyd06_index.html
- http://www.scientific-computing.com/scwmarapr03review_neurosolutions.html
- <http://www.netzwelt.de/lexikon/Brute-Force-Methode.html>
- <http://www.golem.de/0508/39814.html>

- <http://www.academicchess.com/Focus/DeepBlue/Deepbluebiomatch.shtml>
- <http://www.iicm.edu/greif/node10.html>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Reed's_law
- <http://www.jurpc.de/aufsatz/19990187.htm>
- <http://www.wired.com/wired/archive/13.02/brain.html>
- <http://www.petscaninfo.com/>
- <http://www.kurzweilai.net/index.html?flash=1>
- <http://www.dartmouth.edu/~ai50/homepage.html>
- <http://www.informatik.ku-eichstaett.de/studium/skripte/ss05/einf3/vor7.ppt>
- <http://www.matheprisma.uni-wuppertal.de/Module/Turing/>
- <http://www.top500.org/>
- <http://science.orf.at/science/news/55726>
- <http://informatik.techniktoday.de/Church-Turing-These>
- www.google.de
- <http://www.application-systems.de/ilisten/>
- www.amazon.de
- <http://www.politikforum.de/forum/archive/12/2003/08/3/34528>
- <http://europa.eu.int/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/05/1150&format=HTML&aged=0&language=de&guiLanguage=en>
- <http://www.zeit.de/software/patente/index>
- <http://www.opensource.org/>
- <http://www.muenchen.de/Rathaus/referate/dir/limux/89256/>
- <http://www.uni-potsdam.de/db/elog/html/modules.php?name=News&file=article&sid=6186>
- <http://ai-depot.com/Polls/984.html>
- http://de.wikipedia.org/wiki/Letzte_Meile
- http://www.brandenburg.de/sixcms/detail.php?id=89914&_siteid=13
- <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=262918&tmp=34428>
- <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/5/5249/1.html>
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/64733>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/DSL>
- <http://www.hhi.fraunhofer.de/german/index.html>
- <http://futurezone.orf.at/hardcore/stories/97102/>
- <http://www.hhi.fraunhofer.de/german/im/profile/>
- <http://futurezone.orf.at/it/stories/97332/>
- <http://www.theorie.physik.uni-muenchen.de/~wgv/sinsee/mpg.htm>
- <http://www.uni-stuttgart.de/aktuelles/presse/1997/54.html>
- <http://www.golem.de/0110/16268.html>
- <http://www.top500.org/ORSC/2004/>
- <http://www.setigermany.de/>
- <http://folding.stanford.edu/>
- <http://seticlassic.ssl.berkeley.edu/totals.html>
- <http://www.uni-protokolle.de/nachrichten/id/92862/>
- <http://www.badw.de>
- <http://www.iicm.edu/greif/node10.html>
- <http://office.microsoft.com/de-de/default.aspx>
- <http://www.mysql.de/>
- <http://www.adobe.de/products/photoshop/main.html>
- <http://www.newtek.com/>
- <http://www.arcon-software.com/>
- <http://www.apple.com/finalcutstudio/finalcutpro/>

- <http://webrum.uni-mannheim.de/sowi/elff/SciSoft.html>
- <http://www.sap.com/germany/index.epx>
- <http://goethe.ira.uka.de/fsynth/publications/postscript/KuEi96.ps>
- http://www.educat.hu-berlin.de/mv/logische_operatoren.html
- http://www.matheboard.de/lexikon/Mathematische_Logik_definition.htm
- http://www.edge.org/3rd_culture/foreman05/foreman05_index.html
- http://www.edge.org/3rd_culture/foreman05/foreman05_index.html
- http://de.wikipedia.org/wiki/Humberto_Maturana
- http://www.informatik.uni-oldenburg.de/forschung/bericht3/parallele_systeme.html
- <http://www.heise.de/ct/01/23/028/>
- <http://www.isit.fhg.de/german/litho/profile.html>
- <http://www.nyu.edu/gsas/dept/philo/faculty/block/papers/ExplanatoryGap.html>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Sprungtemperatur>
- <http://www.datev.de/>
- http://www.webagency.de/infopool/strategie/sematische_suche.htm
- <http://www.semanticweb.org/>
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/48662>
- <http://www.blizzard.com/war3/>
- <http://www.quake.de/apache2-default/>
- <http://www.unrealtournament.com/>
- http://userpage.fu-berlin.de/~medienfo/hp/Spiele/Homepage_Computerspiele.html
- <http://www.golem.de/0501/35779.html>
- http://www.sueddeutsche.de/_cl3/computer/artikel/220/85135/
- <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=268222&tmp=59517>
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/60402>
- <http://www.worldsites-schweiz.ch/internet-umsatz.htm>
- <http://www.gc-germany.de/>
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/63043>
- <http://www.wissenschaft-im-dialog.de/sg.php4?ID=141>
- <http://www.vdi.de/>
- http://www.tu-ilmnau.de/site/ifmk/Das_Fachgebiet.1213.0.html
- <http://www.welt.de/data/2005/08/16/760702.html>
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/69221>
- <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=270936&tmp=75754>
- <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=273236&tmp=20669>
- http://www.operating-system.org/betriebssystem/_german/fa-microsoft.htm
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/61959>
- <http://www.linux.de/>
- <http://www.unix.org/>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/BitTorrent>
- <http://www.jamba.de/>
- <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=275806&tmp=25092>
- http://www.wissensnavigator.com/interface2/knowledge/applications/client_server/
- <http://www.vnunet.com/vnunet/news/2148869/korea-plans-police-robots>
- www.google.de
- http://www.edge.org/3rd_culture/foreman05/foreman05_index.html
- <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=261369&tmp=15717>
- <http://www.powerpage.org/cgi-bin/WebObjects/powerpage.woa/wa/story?newsID=14732>
- <http://www.computerwoche.de/index.cfm?pageid=254&artid=76493&linktype=nl>
- <http://www.zdnet.de/news/tkomm/0,39023151,39133899,00.htm>

- http://www.pro-physik.de/Phy/External/PhyH/1,,2-10-0-0-1-display_in_frame-0-0-.00.html?recordId=6984&table=NEWS
- <http://www.faz.net/s/RubE2C6E0BCC2F04DD787CDC274993E94C1/Doc~EDD22CC49F359416D86502F378F9FFACF~ATpl~Ecommon~Scontent.html>
- <http://msc.caltech.edu/KISupport/index.html>
- <http://books.google.com/>
- <http://www.mediensprache.net/de/news/show/200510221668.aspx>
- <http://www.heute.de/ZDFheute/inhalt/11/0,3672,2279627,00.html>
- http://www.edge.org/3rd_culture/dyson05/dyson05_index.html
- <http://www.google.com/press/pressrel/pressrelease39.html>
- www.amazon.com
- <http://www.intel.com/research/silicon/mooreslaw.htm>
- <http://www.intel.com/technology/silicon/mooreslaw/eml02031.htm>
- http://news.com.com/Intel+expands+core+concept+for+chips/2100-1006_3-5494714.html
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/57065>
- <http://www.physikon.de/exp/36wstoff/08spi.htm>
- <http://www.quantencomputer.de/>
- http://www.physnet.uni-hamburg.de/hp/brandes/myqubit_fb.htm
- <http://www.qubit.org/>
- <http://www.eetimes.de/semi/news/showArticle.jhtml?articleID=28700108>
- <http://www.wave-report.com/tutorials/oled.htm>
- http://www.weltderphysik.de/forschung/quellen/maxplanckforschung/2003-2/chipsundneuronen/index_print.html
- <http://www.biochem.mpg.de/mnphys/>
- http://www.nobelpreisboerse.de/stockdata.aspx?stk_id=238
- <http://www.news.uiuc.edu/news/05/0411transistor.html>
- http://www.intel.com/corporate/pressroom/emea/deu/archive/mappen/intel_entwickelt_architektur_fur_teraHertz_dec_011.htm
- <http://www.zdnet.de/news/hardware/0,39023109,2099832,00.htm>
- http://www.theregister.co.uk/2001/12/03/ibm_amd_unveil_terahertz_transistor/
- <http://www.blu-ray.com/>
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/60523>
- <http://www.uni-muenster.de/Physik/AP/Denz/index.html>
- <http://www.it-news.cc/index.php?type=article&ID=1601>
- <http://www.netzwelt.de/news/69761-holographiedvd-mehr-als-ein-terabyte.html>
- <http://www.intel.com/research/platform/terascale/teraflops.htm>
- <http://www.intel.com/technology/computing/htt/>
- <http://multicore.amd.com/Global/>
- http://www-5.ibm.com/de/pressroom/presseinfos/2004/041129_2.html
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Multicore-Prozessor>
- <http://www.the-cell-chip.de/>
- <http://futurezone.orf.at/hardcore/stories/89027/>
- <http://www.heise.de/ct/04/26/018/>
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/77986/from/rss09>
- www.oracle-10g.de/down/RAC2_Clusterarchitekturen.pdf
- <http://ch.sun.com/d/sunnews/success/executives/3bets.html>
- <http://www.apple.com/powermac/dualcore.html>
- <http://www.tcf.vt.edu/index.html>
- <http://www.tcf.vt.edu/systemX.html>
- <http://www.apple.com/powermac/>

- <http://www.apple.com/powermac/dualcore.html>
- <http://www.tcf.vt.edu/systemX.html>
- <http://www.top500.org/upcoming.php>
- <http://www.forbes.com/markets/feeds/afx/2005/06/22/afx2107265.html>
- <http://www.top500.org/sublist/System.php?id=7605>
- <http://www.singinst.org/>
- <http://www.zeitverein.com/>
- <http://www.egs.edu/faculty/baudrillard/baudrillard-das-perfekte-verbrechen.html>
- www.uni-muenster.de/Physik.DP/lit/PhysikBiologie/Tiere.pdf
- http://de.wikipedia.org/wiki/Reedsches_Gesetz
- <http://www.reed.com/Papers/GFN/reedslaw.html>
- <http://www.meb.uni-bonn.de/epileptologie/aktion/dekade/faszination/faszination.htm>
- http://de.wikipedia.org/wiki/Henry_Ford
- <http://www-306.ibm.com/e-business/ondemand/us/campaign/helpdesk.shtml>
- <http://citeseer.ist.psu.edu/pfeifer88artificial.html>
- http://news.nationalgeographic.com/news/2005/06/0610_050610_robot.html
- http://ed-02.ams.eng.osaka-u.ac.jp/lab/development/Humanoid/ReplieeQ1/ReplieeQ1_eng.htm
- <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=263128>
- http://www.bmbf.de/pub/kosmos_gehirn.pdf
- <http://biologie.naturtoday.de/Allometrie>
- <http://www.cognition.iig.uni-freiburg.de/.../allometrie.htm>
- <http://www.computer-champ.de/stud/mitschriften/CNS2.pdf>
- www.stat.uni-muenchen.de/~strimmer/publications/lmu-einsichten2005.pdf
- <http://www.uni-bielefeld.de/idm/neuro/protokoll-02.html>
- <http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/pub66.html>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Weizenkornlegende>
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/19112>
- <http://www.supercomp.de/isc2005/index.php?s=default>
- <http://bluebrainproject.epfl.ch/>
- <http://bmi.epfl.ch/index.html>
- http://www.palais-jalta.de/texte/Interview_Singer.rtf
- <http://www.mpa-garching.mpg.de/galform/gadget/index.shtml#papers>
- <http://www.mpa-garching.mpg.de/galform/gadget/clusters.shtml>
- <http://www.es.jamstec.go.jp/esc/jp/index.html>
- <http://www.top500.org/>
- http://domino.research.ibm.com/comm/pr.nsf/pages/rsc.bluegene_2004.html
- http://de.wikipedia.org/wiki/Earth_Simulator
- <http://www.top500.org/sublist/System.php?id=7605>
- <http://futurezone.orf.at/futurezone.orf?read=detail&id=276716>
- <http://www.top500.org/upcoming.php>
- <http://www.top500.org/sublist/Site.php?id=2101>
- <http://idw-online.de/pages/de/news89231>
- <http://www.gridforum.org/>
- <http://www.clustercomp.org/>
- <http://www.es.jamstec.go.jp/esc/research/HolisticAlgo/index.en.html>
- <http://www.heise.de/tr/artikel/print/59831>
- <http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0113.html?m%3D8>
- http://money.cnn.com/2006/07/26/magazines/fortune/futureoftech_quantum.fortune/index.htm
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Information>

- <http://www.quantenwelt.de/quantenmechanik/wellenfunktion/kopenhagen.html>
- <http://plato.stanford.edu/entries/qt-consciousness/>
- <http://www.chemgapedia.de/vsengine/printvlu/vsc/de/ch/13/vlu/daten/neuronaleetze/einfuehrung.vlu.html>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Claude_E._Shannon
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Atom>
- <http://www.its.caltech.edu/~feynman/plenty.html>
- http://www.discovery.de/mikrokosmos_mensch/nanotopia/rastertunnelmikroskop/manipulation.shtml
- <http://www.imperial.ac.uk/P6807.htm>
- <http://physique.ref.ac/holophysique/francais/micro-macro.htm>
- http://www.entropysite.com/students_approach.html
- <http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/pub66.html>
- http://de.wikipedia.org/wiki/Perpetuum_Mobile
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Lichtgeschwindigkeit>
- http://www.ar-tiste.com/qcomp_onion/jan2002/UltimateLaptop.htm
- <http://cerncourier.com/main/article/44/9/22>
- <http://lhc.web.cern.ch/lhc/>
- www.stmwfk.bayern.de/downloads/aviso/2003_1_aviso_38-47.pdf
- <http://www.uhrzeit.org/atomuhr.html>
- http://www.edge.org/3rd_culture/lloyd/lloyd_index.html
- <http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0643.html>
- <http://public.web.cern.ch/Public/Content/Chapters/Spotlight/SpotlightOlympics-en.html>
- <http://nobelprize.org/chemistry/laureates/1908/rutherford-bio.html>
- <http://public.web.cern.ch/Public/Content/Chapters/AboutCERN/CERNFuture/WhatLHC/WhatLHC-en.html>
- <http://www.desy.de/html/home/index.html>
- <http://public.web.cern.ch/Public/Content/Chapters/AboutCERN/WhoWorksThere/WhoWorks-en.html>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Wirkungsquantum>
- <http://kworkquark.net/nachrichten/grid/wissensdurst2.html>
- <http://www.uniterra.de/rutherford/ele092.htm>
- <http://www.wissenschaft-online.de/abo/ticker/342616>
- www.waloschek.de/pedro/tis/zoofol99.pdf
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Quantenchromodynamik>
- <http://public.web.cern.ch/Public/Content/Chapters/AboutCERN/WhyStudyPrtcles/StandardModel/StandardModel-en.html>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Grand_unification_theory
- http://de.wikipedia.org/wiki/Äther_%28Physik%29
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Michelson-Morley-Versuch>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/M-Theorie>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Kaluza-Klein-Theorie>
- http://www.mpe.mpg.de/~amueller/astro_sl_rel.html
- <http://www.spiegel.de/wissenschaft/weltraum/0,1518,386648,00.html>
- <http://www.nature.com/news/2006/060424/full/4401094a.html>
- http://www.kurzweilai.net/news/frame.html?main=/news/news_single.html?id%3D5515
- http://www.metanexus.net/metanexus_online/show_article2.asp?id=5574
- <http://plato.stanford.edu/entries/qt-consciousness/#3.3>
- <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/4/4767/1.html>

- http://webinfo.campus.lmu.de/view_event.cfm?ev=118792&sort=type&invoke=ps&invokeID=42561&cl=16
- <http://www.consciousness.arizona.edu/>
- <http://www.quantumconsciousness.org/>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Quantenchromodynamik>
- <http://arxiv.org/abs/gr-qc/0007006>
- <http://www.quantumconsciousness.org/springer.htm>
- <http://www.quantenwelt.de/quantenmechanik/wellenfunktion/kopenhagen.html>
- http://nachrichten.cfug.de/presse/detail/IEDM_2004_Infineon_praesentiert_neue_TunnelFeldeffektTransistoren_fuer_skalierbare_und_stromsparende_Prozesse_in_StandardSiliziumTechnologie.html
- <http://www.cip.physik.uni-muenchen.de/~milq/kap10/k102p01.html>
- www.quantum.at
- http://www.metanexus.net/ultimate_reality/zeilinger.pdf
- <http://arxiv.org/abs/gr-qc/9310026>
- <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/9/9662/1.html>
- <http://lhc.web.cern.ch/lhc/>
- <http://www.ligo.caltech.edu/>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_entanglement
- http://www.neugalu.ch/d_bienn_2007.html#9
- http://en.wikipedia.org/wiki/Orch-OR#The_Orch_OR_model%23The_Orch_OR_model
- http://www.nanomagazine.com/i.php?id=2002_11_17
- <http://www.neugalu.ch/>
- <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/4/4853/1.html>
- <http://friesian.com/kay.htm>
- <http://particleadventure.org/particleadventure/german/frameless/topquark.html>
- www.einstein-website.de/z_physics/AEWisPub-04.pdf
- <http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0643.html>
- <http://www.sns.ias.edu/~witten/papers/mmm.pdf>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/M-branes>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/D-branes>
- <http://bluebrainproject.epfl.ch/>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Gravitation>
- http://loop_quantengravitation.know-library.net/
- <http://www.quanten.de/quantengravitation.php>
- www.schaepf.de/schiefer-turm/in.html
- www.teilchen.at
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Planck-Einheiten>
- <http://www.faz.net/s/Rub163D8A6908014952B0FB3DB178F372D4/Doc~EE2DED00B95E7411A245EBFB25E2E9B0~ATpl~Ecommon~Scontent.html>
- http://de.wikipedia.org/wiki/Panta_rhei
- http://de.wikipedia.org/wiki/Deep_Blue
- <http://www.es.jamstec.go.jp/esc/eng/>
- <http://www.es.jamstec.go.jp/esc/research/Holistic/index.en.html>
- http://de.wikipedia.org/wiki/Laplace'scher_Dämon
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Bit>
- <http://www.qubit.org/phpscripts/places.php>
- <http://www.wired.com/wired/archive/14.03/play.html?pg=4>
- <http://www.damtp.cam.ac.uk/user/gr/public/holo/>
- http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1999/thooft-autobio.html

- <http://arxiv.org/abs/hep-th/9409089>
- <http://cogprints.org/1479/>
- <http://arxiv.org/abs/cond-mat/9710259>
- http://www.metanexus.net/metanexus_online/show_article2.asp?id=5574
- <http://quantinger.blogspot.com/>
- http://3quarksdaily.blogs.com/3quarksdaily/2006/08/the_new_einstei.html
- http://www.culture.com.au/brain_proj/CONTENT/LOCK_FRB.HTM
- http://www.union-investment.de/fonds/infoservice/infomaterialunion/edeb9040bf01cc2069724536d44cb09e.0.0/lep_uni21jahrhundert.pdf
- http://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_der_Eisenbahn#Erste_.C3.B6ffentliche_Bahnen_mit_maschinellem_Betrieb
- http://www.entdecker-und-eroberer.de/erfinder_thomas_alva_edison.shtml
- http://www.dwc-net.de/trends_visionen/trends_visionen_infineon.php
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/64069/>
- <http://www.tecchannel.de/news/themen/business/412414/>
- <http://www.rockwelltrading.com/>
- <http://www.trading-house.net>
- <http://www.moneybee.de>
- http://de.moneybee.net/ueber_rechenleistung.asp
- <http://www.wow-europe.com/de/>
- <http://www.stuttgarter-zeitung.de/stz/page/detail.php/916564>
- <http://www.capurro.de/hermeneu.html>
- <http://cba.mit.edu/>
- <http://www.capurro.de/inszenierung.html>
- <http://www.landwirtschaft-pro-mensch.de/sro.php?redid=15669>
- www.t-online.de/flatrate
- <http://www.tdh.de/content/index.htm>
- <http://www.innovations-report.de/html/berichte/gesellschaftswissenschaften/bericht-23666.html>
- <http://laptop.media.mit.edu/>
- <http://laptop.org/>
- <http://www.quanta.com.tw/Quanta/english/about/qmap.aspx>
- <http://web.media.mit.edu/~nicholas/>
- http://www.itu.int/wsis/documents/doc_multi.asp?lang=en&id=1161|0
- <http://research.microsoft.com/barc/mediapresence/MyLifeBits.aspx>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Politeia>
- <http://books.google.de/>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Kyklos>
- <http://www.wissensgesellschaft.org/>
- <http://www.singinst.org/CFAI/>
- <http://www.research.ibm.com/journal/sj/402/allen.html>
- http://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html
- <http://www.iter.org/>
- <http://lhc.web.cern.ch/lhc/>
- http://www.esa.int/esaHS/ESAQHA0VMOC_iss_0.html
- <http://www.ipp.mpg.de/ippcms/de/pr/forschung/iter/stand/index.html>
- <http://www.apolloprojekt.de/>
- <http://www.zeit.de/2005/23/siemens>
- <http://www.zdnet.de/news/software/0,39023144,39144263,00.htm>
- http://www.edge.org/3rd_culture/dyson05/dyson05_index.html

- <http://www.eetimes.com/news/semi/showArticle.jhtml;jsessionid=NVLBBOFFEZ514QSNDL0SKH0CJUNN2JVN?articleID=10810357>
- <http://sl4.org/archive/0206/4447.html>
- <http://www.digitaldivide.org/>
- <http://ed.sjtu.edu.cn/rank/2005/ARWU2005TOP500list.htm>
- <http://www.eu-kommission.de/html/presse/pressemeldung.asp?meldung=6531>
- <http://www.tagesschau.de/aktuell/meldungen/0,1185,OID5129496,00.html>
- <http://www.stern.de/computer-technik/561422.html?nv=redir>
- http://www.edge.org/3rd_culture/kelly06/kelly06_index.html
- <http://times.hankooki.com/lpage/200601/kt2006011617112710160.htm>
- <http://www.quarks.de/dyn/12571.phtml>
- <http://www.zeit.de/online/2006/36/gammelfleisch-skandal>
- http://www.incx.nec.co.jp/robot/english/robotcenter_e.html
- <http://futurezone.orf.at/produkte/stories/134123/>
- <http://www.wissenschaft.de/wissen/news/256530.html>
- <http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/Medizin/HNO/ci/ci.htm>
- <http://www.wissenschaft.de/wissen/news/212448.html>
- <http://www.golem.de/0403/30220.html>
- <http://www.honda.co.jp/robot/>
- http://www.innovations-report.de/html/berichte/interdisziplinaere_forschung/bericht-56887.html
- http://www.innovations-report.de/html/berichte/interdisziplinaere_forschung/bericht-56887.html
- <http://www.sueddeutsche.de/wissen/artikel/38/64973/>
- http://www.visualcomplexity.com/vc/project_details.cfm?id=70&index=10&domain=Internet
- http://www.pewinternet.org/PPF/r/188/report_display.asp
- <http://www.math.ucsd.edu/~llu/graphs/shot22.html>
- http://www.nytimes.com/imagepages/2006/08/14/science/20060815_SCILL_GRAPHIC.html
- <http://www.william-shakespeare.de/forscher.html>
- <http://www.n-tv.de/678004.html>
- <http://www.capurro.de/inszenierung.html>
- http://www.innovations-report.de/html/berichte/interdisziplinaere_forschung/bericht-56887.html
- <http://www.capurro.de/vattimo.htm#I.%20Moderne>
- www.iitb.fraunhofer.de/servlet/is/1635/FryFuzzyDo99.pdf
- www.uni-giessen.de/~gd1272/akbp/Elite-Tagung_2005-04-06.pdf
- <http://www.faz.net/s/RubC8BA5576CDEE4A05AF8DFEC92E288D64/Doc~E7E5F03B1A2C242B298BC7EB39F097447~ATpl~Ecommon~Scontent.html>
- http://www.innovations-report.de/html/berichte/bildung_wissenschaft/bericht-29547.html
- <http://www.netzeitung.de/wirtschaft/261383.html>
- <http://www.bildunginbayern.de/jsp/>
- http://www.innovations-report.de/html/berichte/bildung_wissenschaft/bericht-29547.html
- <http://www.pro-physik.de/Phy/leadArticle.do?laid=9142>
- <http://www.zdnet.de/news/hardware/0,39023109,2100952,00.htm?l>
- http://www.iccas.de/ressource/lectures/MPuSS_WS0607/Folien/VL01_Einfuehrung.pdf
- <http://www.qualitative-research.net/organizations/2/or-ps-d.htm>

- <http://www.es.jamstec.go.jp/esc/research/AtmOcn/index.en.html>
- <http://www.tecchannel.de/news/themen/technologie/432070/index.html>
- http://www.sciencepolicystudies.de/dok/explorationsstudie_computersimulationen/Computersimulation-1.pdf

Glossar physikalischer Größen und Maße:¹¹²⁴

| Dimension | Benennung | Symbol |
|-------------|-----------|--------|
| Länge | Meter | m |
| Masse | Gramm | g |
| Zeit | Sekunde | s |
| Stromstärke | Ampere | A |
| Temperatur | Kelvin | K |
| Stoffmenge | Mol | mol |
| Lichtstärke | Candela | cd |

Von diesen Einheiten werden Vielfache und Teile in 10er Einheiten gebildet, wobei die sprachliche Bezeichnung in 1000er Schritten vorgenommen wird. Es sind dies:

| Potenz | Abkürzung | Bezeichnung | Erklärung |
|-----------|-------------|--------------|--------------------------------------|
| 10**18 | Exa E | Trillionen | gr. exa: über alles |
| 10**15 | Peta P | Billiarden | gr. petanünnein: alles umfassen |
| 10**12 | Tera T | Billionen | gr. to teras: ungeheuer groß |
| 10**9 | Giga G | Milliarden | gr. ho gigas: riesige Zahl |
| 10**6 | Mega M | Millionen | gr. megas: große Zahl |
| 10**3 | Kilo k | Tausend | gr. chilioi: tausend |
| 10**0 | | | |
| 10**(-3) | Milli m | Tausendstel | lat. millesimus: der tausendste Teil |
| 10**(-6) | Mikro μ | Millionstel | gr. mikros: klein, unbedeutend |
| 10**(-9) | Nano n | Milliardstel | gr. ho nanos: zwerghaft klein |
| 10**(-12) | Piko p | Billionstel | ital. pico: sehr klein |
| 10**(-15) | Femto f | Billiardstel | dän.-norw. femten: 15 |
| 10**(-18) | Atto a | Trillionstel | dän.-norw. atten: 18 |

¹¹²⁴

http://www.uni-koeln.de/rrzk/kompass/69/wmwork/www/k69_17.html

Name : Michael Daum

Anschrift : Schwanthaler Str. 113 / App. 520
80339 München

Telefon : 089 / 69 39 85 18
Handy : 0171 / 12 17 340

e-mail : michaeldaum@mac.com

Geburtsdatum : 05. August 1976 in Schwalmstadt- Ziegenhain

Schulbildung : 1983-1987 Besuch der Grundschule in Schwalmstadt-Ziegenhain
1987-1989 Besuch der Carl-Bantzer-Schule in Ziegenhain
1989-1996 Besuch des Gymnasiums Schwalmshule in Treysa

Schulabschluss : Abitur im Mai 1996 / Leistungskurse : Physik und Biologie

Studium : 1997 – 98 / Studium der Physik, Informatik, Mathematik - an der
Philipps – Universität - Marburg
: 1998 – 2002 / Politik, Philosophie, Soziologie in Marburg
: 2002 – 2008 / Fortsetzung des Studiums an der LMU München
: Magisterarbeit Juni 2004 / Thema: „Die Evolution der Informations -
technologie als Initiator gesellschaftlicher Transformation“ / Note 1
: Dissertation Juli 2008 : „Künstliche Intelligenz“ / Magna cum Laude

Fremdsprachen : Englisch fließend, 5 Jahre Französisch, Italienisch Kenntnisse

Besondere Kenntnisse : Computerprofi, Netzwerkadministration, Web Design,
Datenbank Programmierung, Microsoft & Unix Systeme
Erwerb des Zertifikats „Apple Produkt Professional“ 2002
bis 2008.

Praktika : 1.) Februar bis März 2001 - Junior - Redakteur bei der
Hessisch - Niedersächsischen - Allgemeinen Tageszeitung
2.) Oktober bis Dezember 2001 – Online-Redakteur bei dem
Internet- Provider und Portal AOL und CompuServe

Arbeitgeber : 1.) 2003 – 2004 - freier Mitarbeiter in der Alphaklinik München
beschäftigt als Systemadministrator / Datenbankprogrammierer
2.) 2005 Cancom AG / Key Account Manager
3.) 2006 Gravis GmbH / Apple Spezialist
4.) 2007 Apple Deutschland GmbH / Apple Solution Consultant
5.) 2008 – 2009 / Apple Retail Deutschland GmbH / Apple Genius

Hobbys : Informationstechnologie, Sport, Reisen, Freunde, ...

