

---

Aus dem Institut für Klinische Radiologie

der Ludwig-Maximilians-Universität München

Vorstand: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser

Vergleich der Identifikation hepatischer, perihepatischer sowie abdomineller Gefäße:

Computertomographie

versus

Digitale Subtraktionsangiographie (DSA)

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Klaus Michael Berchtenbreiter

aus Darmstadt

2002

---

**Mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der  
Universität München**

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. T. Helmberger

Mitberichterstatter : Priv. Doz. Dr. C. A. Schirren

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h. c. K. Peter

Tag der mündlichen Prüfung: 28.11.2002

---

**Meiner Frau Emöke**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Zielsetzung der Arbeit .....	2
<b>2 Grundlagen</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Computertomographie und Angiographie im klinischen Einsatz</b> .....	<b>3</b>
2.1.1 Klinisch-radiologische Vorgehensweise bei Patienten mit Lebertumoren.....	3
2.1.2 Therapie von Hepatozellulären Karzinomen (HCC) und Lebermetastasen.....	4
2.1.3 Indikationen für die Digitale-Subtraktionsangiographie .....	5
2.1.4 Einsatz der Computertomographie in der Leberdiagnostik .....	6
2.1.5 Klinische Fragestellungen .....	6
<b>2.2 Leberanatomie</b> .....	<b>7</b>
2.2.1 Lebergefäße .....	7
2.2.2 Leberlappen.....	8
2.2.3 Einteilung der Lebersegmente .....	8
<b>2.3 Anatomie des Tr.coeliacus und seine Varianten</b> .....	<b>9</b>
<b>2.4 Pfortader und Umgehungskreisläufe der Leber</b> .....	<b>11</b>
<b>3 Material und Methoden</b> .....	<b>13</b>
3.1 Patientenauswahl.....	13
3.2 Untersuchungsindikationen der Patienten .....	13
3.3 Alters- und Geschlechtsverteilung des Patientenguts.....	14
3.4 Diagnosen und Verifizierung der radiologischen Diagnose .....	16
3.5 Bildaquisition .....	17
3.6 Auswertung.....	18
3.7 Referenz-Standard .....	20
3.8 Statistik.....	20
3.9 Vergleich der beiden Untersuchungsverfahren.....	20
3.9.1 Qualitative Darstellung der Gefäße, Umgehungskreisläufe.....	21
3.9.2 Varianten des Tr.coeliacus.....	22
3.9.3 Diagnostische Effizienzparameter der Untersuchungsverfahren .....	23
3.9.4 Pathologische Veränderungen.....	24
3.10 Vergleich der Untersucher .....	25
3.10.1 Übereinstimmende Identifikation der Gefäße.....	25
3.10.2 Bewertung der Tr.coeliacus Varianten.....	25
3.10.3 Diagnostische Effizienzparameter .....	25
3.10.4 Übereinstimmende Identifikation befallener Lebersegmente .....	25

<b>4 Ergebnisse</b> .....	<b>26</b>
4.1 Vergleich der Untersuchungsverfahren .....	26
4.1.1 Qualitative Darstellung der Gefäße.....	26
4.1.2 Varianten des Tr.coeliacus.....	35
4.1.3 Diagnostische Effizienzparameter der Untersuchungsverfahren .....	37
4.1.4 Pathologische Veränderungen.....	38
4.2 Vergleich der Untersucher.....	45
4.2.1 Übereinstimmende Identifikation der Gefäße.....	45
4.2.2 Bewertung der Tr.coeliacus Varianten.....	46
4.2.3 Diagnostische Effizienzparameter .....	46
4.2.4 Übereinstimmende Identifikation betroffener Lebersegmente.....	46
<b>5 Diskussion</b> .....	<b>47</b>
5.1 Qualität der Gefäßdarstellung im Abdomen - CT versus Angiographie.....	47
5.1.1 Arterien / Venen.....	48
5.1.2 Identifikation von anatomischen Gefäßvarianten .....	49
5.1.3 Vergleich der diagnostischen Effizienzparameter .....	50
5.1.4 Pathologische Veränderungen.....	52
5.2 Vergleich der Untersucher.....	56
5.2.1 Übereinstimmende Identifikation der Gefäße.....	56
5.2.2 Bewertung der Tr.coeliacus Varianten durch die Untersucher.....	56
5.2.3 Diagnostische Effizienzparameter .....	57
5.2.4 Übereinstimmende Identifikation betroffener Lebersegmente.....	57
<b>6 Zusammenfassung</b> .....	<b>58</b>
<b>7 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>61</b>
<b>8 Curriculum Vitae</b> .....	<b>66</b>
<b>9 Danksagung</b> .....	<b>67</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Anatomie der Leber aus Rohen Topographische Anatomie [69] .....	7
Abbildung 2 - Versorgungsgebiet des Tr.coeliacus nach Sobotta Atlas [66] .....	9
Abbildung 3 - Collateral Pathways aus Abrams Angiography: Vascular and Interventional Radiology [1].....	11
Abbildung 4 - Altersverteilung aller untersuchten Patienten nach Diagnosen aufgeschlüsselt ....	14
Abbildung 5 - Altersverteilung aller untersuchten Patienten .....	15
Abbildung 6 - Altersverteilung für alle HCC Patienten .....	15
Abbildung 7 - Altersverteilung für alle Patienten mit Lebermetastasen .....	15
Abbildung 8 - Auswertungsprotokoll .....	19
Abbildung 9 - Definitionen Treffsicherheit, Sensitivität, Spezifität.....	23
Abbildung 10 - Mittelwert und Standardabweichung für die Bewertung der Gefäße in CT und Angiographie von Untersucher 1.....	27
Abbildung 11 - Mittelwert und Standardabweichung für die Bewertung der Gefäße in CT und Angiographie von Untersucher 2.....	28
Abbildung 12 - Mittelwerte für die Bewertung der Gefäße in CT und Angiographie von beiden Untersuchern .....	29
Abbildung 13 - Direkter Gefäßabgang der A.hepatica com. aus der Aorta .....	36
Abbildung 14 - Tr.coeliacus mit A.lienalis, A.gastrica sin. und A.gastroduodenalis .....	36
Abbildung 15 - Computertomographischer Nachweis einer hyperdensen Leberläsion (1-2 cm) ...	38
Abbildung 16 (a) - Leberangiographie: kein Tumornachweis; Darstellung der arteriellen Leberversorgung vom Tr.coeliacus aus.....	39
Abbildung 16 (b) - Leberangiographie: kein Tumornachweis; Truncus hepatomesentericus.....	39
Abbildung 17 - Truncus coeliacus Verschluß.....	42
Abbildung 18 - Abgang des Tr.coeliacus: Verschluß computertomographisch nicht nachweisbar .....	43

## **Tabellenverzeichnis**

<b>Tabelle 1 - Variationen des Tr.coeliacus .....</b>	<b>10</b>
<b>Tabelle 2 - Parameter Spiral-CT .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabelle 3 - Score System.....</b>	<b>18</b>
<b>Tabelle 4 - Übersicht der Mittelwerte für die Bewertung der Gefäße in CT und Angiographie.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabelle 5 - Detektion der Gefäße.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabelle 6 - Identifikationsrate der Gefäße in der Computertomographie / Angiographie .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabelle 7 - Vierfeldertafeln CT / Angiographie.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabelle 8 - Übersicht Diagnostische Effizienzparameter der Untersuchungsverfahren.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabelle 9 - Umgehungskreisläufe in CT und Angiographie .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabelle 10 - Historischer Überblick über die Identifikationsraten in CT / Angiographie .....</b>	<b>47</b>
<b>Tabelle 11 - Sensitivität HCC CT / Angiographie .....</b>	<b>50</b>
<b>Tabelle 12 - Sensitivität Metastasen CT / Angiographie.....</b>	<b>51</b>

# 1 Einleitung

Einerseits stellt die Digitale Subtraktionsangiographie die Goldstandardmethode zur exakten anatomischen Darstellung des Gefäßstatus dar, andererseits sind alle Informationen über die Gefäße bereits auf axialen CT-Bildern enthalten. Bei immer besseren und neueren CT-Geräten, die auch in der Routine mehr und mehr zur Verfügung stehen, drängt sich die Frage auf, ob es möglich ist, der Digitalen Subtraktionsangiographie (DSA) vergleichbare Informationen über die Gefäße bereits aus axialen CT-Bildern herauszulesen und ob diese Informationen den diagnostischen Anforderungen genügen. In dieser Arbeit ist untersucht worden, inwieweit die Computertomographie in der Lage ist, hepatische, perihepatische und abdominelle Gefäße darzustellen. Hierzu wurde die Qualität der Gefäßdarstellung der beiden Untersuchungsverfahren in der Routinediagnostik einer Universitätsklinik verglichen. Dies wurde in Form einer Querschnittsuntersuchung durchgeführt, um eine realistische Einschätzung der Untersuchungsverfahren im klinischen Alltag zu erreichen.

## 1.1 Zielsetzung der Arbeit

Ziel ist es, die Evaluierung der diagnostischen Aussagekraft der biphasischen kontrastverstärkten Spiral-CT bezüglich der Detektion und Charakterisierung der Oberbauchgefäße unter besonderer Berücksichtigung der Leber im Vergleich zur Digitalen Subtraktionsangiographie als Goldstandardmethode zu untersuchen. Anhand dieser Ergebnisse sollen Aussagen über den Stellenwert der visceralen Angiographie in der modernen Diagnostik von Oberbaucherkrankungen getroffen und ihr Einsatz bei klinischen Fragestellungen überprüft werden.

Die zentrale Frage lautet: Kann in der klinischen Routine Information aus axialen CT-Bildern die konventionelle Angiographie bei der Gefäßdarstellung ersetzen? Diese Frage soll für Arterien und Venen, für anatomische Varianten und für tumorversorgende Gefäße sowie andere pathologische Veränderungen beantwortet werden.

Zur Diskussion stehen die Vor- und Nachteile der beiden Untersuchungsverfahren anhand folgender Fragestellungen:

- 1) Wie gut ist die Qualität der Gefäßdarstellung im Versorgungsgebiet zwischen Tr.coeliacus und A.mesenterica superior bei jedem Untersuchungsverfahren bzw. wie gut ist die Identifikationsrate der Gefäße, und können die Gefäße reproduzierbar erkannt werden?
- 2) Wie gut können anatomische Varianten der hepatischen Vaskularisation und des Tr.coeliacus durch diese beiden Methoden identifiziert werden? Ist diese Identifikation für die klinische Fragestellung ausreichend?
- 3) Wie unterscheiden sich die beiden Untersuchungsverfahren bezüglich der diagnostischen Effizienzparameter?
- 4) Sind pathologische Veränderungen (Lebertumore mit Angaben über ihre Größe sowie betroffene Lebersegmente, tumorversorgende Gefäße, Tumoreinbruch und Thromben in der V.portae, früharterielle Perfusionsphänomene, Tr.coeliacus Stenosen, portosystemische Umgehungskreisläufe) in beiden Untersuchungen identifizierbar?
- 5) Werden vom Tumor befallene Lebersegmente in beiden Untersuchungsverfahren den selben Lebersegmenten zugeordnet und werden sie von den Untersuchern gleich bewertet?

## **2 Grundlagen**

### **2.1 Computertomographie und Angiographie im klinischen Einsatz**

#### **2.1.1 Klinisch-radiologische Vorgehensweise bei Patienten mit Lebertumoren**

Die abdominelle Sonographie bildet zusammen mit der Computertomographie den Schwerpunkt der Diagnostik von Erkrankungen des Oberbauches. Galt die selektive Arteriographie des Truncus coeliacus und der A.mesenterica superior bis in die 70er Jahre als einzige bildgebende und gering treffsichere radiologische Methode bei Erkrankungen der Bauchorgane, so gilt die Computertomographie heute als Methode der Wahl.

Die Digitale Subtraktionsangiographie (DSA) des Abdomens ist als invasive Untersuchung zunächst nicht Methode der ersten Wahl. Das beste Untersuchungsverfahren zur Erfassung der intrahepatischen Ausbreitung von tumorösen Läsionen der Leber, sowie zur Feststellung der Operabilität, ist die kontrastmittel verstärkte Computertomographie, die sowohl während der arteriellen als auch portal-venösen Perfusionsphase aufgenommen wird [40]. Es ist erwiesen, daß gerade die Aufnahme beider, der arteriellen mit der portal-venösen Phase, wichtig ist. Hierdurch wird zwar nicht die Sensitivität erhöht, mit der bösartige Leberläsionen erkannt werden, jedoch erhöht sich die Spezifität, mit der ein Lebertumor charakterisiert wird [33, 38, 64].

Bei der DSA von abdominellen Raumforderungen wird die Perfusion von der arteriellen bis zur parenchymatösen Phase erfaßt. So ist gerade in der früh-arteriellen Phase die Bestimmung von hypervaskularisierten Tumoren möglich während in der späten parenchymatösen Phase hypovaskularisierte Tumoren oder avaskuläre Läsionen besser erkannt werden können [6]. Die DSA wurde insbesondere seit Mitte der 80er Jahre zur routinemäßigen diagnostischen Abklärung von abdominellen Raumforderungen empfohlen [25, 70].

Das Procedere für Patienten, bei denen eine tumorösen Raumforderungen unbekannter Genese in der Leber entweder in der Sonographie oder der Computertomographie entdeckt worden ist, sieht vor, daß diese Patienten dann relativ häufig eine Digitale Subtraktionsangiographie erhalten, weil sie entweder mit kurativer Zielsetzung operiert werden sollen (praeoperative Gefäßdarstellung) [27, 44, 90] oder aber palliativ eine Chemotherapie bzw. –embolisation bekommen (Portimplantation, selektive Chemotherapie bei Lebermetastasen) [2, 41, 44, 46, 67, 72].

## **2.1.2 Therapie von Hepatozellulären Karzinomen (HCC) und Lebermetastasen**

Die chirurgische Behandlung des HCC besteht als einzig kurative Therapie in der radikalen Tumorentfernung oder alternativ in einer Lebertransplantation. Diese Option besteht jedoch nur bei Patienten mit noch nicht fortgeschrittener Krankheit [27]. Palliativ, bei nicht mehr rezidierbarem Tumor, wird wenn möglich eine Transarterielle Chemoembolisation (TACE) mit Doxorubicin oder Epirubicin und Lipidol durchgeführt [41, 67, 72]. Diese Behandlung kann Patienten mit noch offenem portal venösen System und ohne Ausfallerscheinungen der Leber angeboten werden und verlängert die Überlebenszeit der Patienten [41]. Insgesamt ist eine chemotherapeutische Behandlung in 37% der Fälle möglich [67, 72]. Gründe für einen Therapieausschluß sind z.B. Pfortaderverschluß, dekompensierte Leberzirrhose, extrahepatische Metastasierung, diffuse Tumordurchsetzung oder unpassende pathologisch veränderte Gefäßanatomie sowie Ablehnung durch den Patienten [67, 72]. Chemotherapie wird bei kleineren HCC im Intervall von 6 Wochen solange durchgeführt, bis dieses aus technischen und medizinischen Gründen nicht mehr möglich ist (Therapieausschluß) oder aber der komplette zytotoxische Effekt auf den Tumor erreicht ist. Kleinere HCC zeigen eine höhere Empfindlichkeit mit der Möglichkeit der chirurgischen Resektion, während große HCC weniger empfindlich sind, und die Chemoembolisation weniger Nutzen verspricht [67, 72].

Auf die Therapie bei Lebermetastasen wird nur cursorisch eingegangen, da sie immer in Abhängigkeit vom Primärtumor zu erfolgen hat. Bei Kolon-Karzinom Metastasen können isolierte Metastasen durch chirurgische Intervention oder mittels zytostatischer Chemotherapie behandelt werden [56]. Die Indikation zur Resektion wird bei einzelnen Metastasen oder bei Metastasen, die nur auf einen Leberlappen begrenzt sind, gestellt, zumal die Resektion die besten Langzeitergebnisse liefert [74]. Eine zytostatische Chemotherapie kann entweder systemisch oder lokal intrahepatisch angewendet werden. Bei multifokalen Metastasen oder nicht mehr resezierbaren Lebermetastasen kommt eher eine systemische Chemotherapie in Frage [56]. Wenn keine extrahepatische Ausdehnung besteht und wenn keine Resektion mehr möglich ist, eine systemische Chemotherapie nicht durchführbar ist oder nicht anspricht, so kann bei bestimmten Tumoren die lokale intrahepatische Chemotherapie angewendet werden [71]. Die lokale intrahepatische Chemotherapie oder isolierte Perfusion der Leber wird jetzt schon seit vielen Jahren angewendet, um primäre oder sekundäre Lebertumoren zu behandeln. Lebermetastasen des Kolon-Karzinoms repräsentieren eine der besten Indikationen hierfür, und viele Studien haben die selektive intrahepatische Chemotherapie als eine sehr effektive Therapie bestätigt [71].

### 2.1.3 Indikationen für die Digitale-Subtraktionsangiographie

Sonographie und Computertomographie kommen als nicht invasive Untersuchungsverfahren bei der Abklärung abdomineller und hepatischer Erkrankungen in der Regel als erstes zum Einsatz [47, 77, 90]. Galt früher die Angiographie als unabdingbar für die Diagnosestellung von Läsionen in der Leber [84], so dient die Angiographie heute meist als Komplementäruntersuchung.

Bei der präoperativen Abklärung wird eine Angiographie verlangt, um spezifische Hinweise für eine Gefäßbeteiligung, die eine chirurgische Therapie unter Umständen nicht mehr möglich macht, bzw. um Hinweise für eine Gefäßanomalie, die ein modifiziertes chirurgisches Vorgehen nach sich ziehen würde, zu erhalten [99]. Die intraarterielle Angiographie in DSA-Technik ist die Standard-Technik zur Darstellung der Gefäßanatomie.

Sie kann als Komplementäruntersuchung die entscheidenden diagnostischen Hinweise einer abberanten Blutversorgung der Leber oder pathologisch veränderter hämodynamischer Flußverhältnisse geben. So kann eine Hyperdensität des Leberparenchyms in der Computertomographie allein durch eine Variante der arteriellen Blutversorgung der Leber bedingt sein [47], während eine Hypodensität Ausdruck einer Minderperfusion des Lebergewebes sein kann, wie es bei nodulärer Regeneration, veränderten hämodynamischen Flußverhältnissen (Leberzirrhose) oder durch Kompression (Raumforderung) von Lebergewebe vorkommt [47].

Nach Literaturangaben sind einige Informationen, wie z.B. der Nachweis von kleineren tumorversorgenden Gefäßen [77, 84, 86] und pathologischen Gefäßen [19, 77], nur durch die Angiographie zu erhalten.

Die DSA als invasiver Eingriff ist für den Patienten belastender und birgt das Risiko von Komplikationen. Die Indikation wird deshalb zurückhaltend gestellt, und es wird zunächst weniger invasiven Untersuchungsverfahren der Vorzug gegeben. In der Literatur werden als Komplikation retroperitoneale Blutungen nach Punktion der Arteria femoralis [48], das Aneurysma spurium [21], postinterventionelle Infektionen [3] und subintimale Kontrastmittelinjektion mit Verschuß des Tr.coeliacus oder der Leberarterien [36] angegeben. Diese Komplikationen sind mit modernen Kathetermaterialien und Punktions-Sondierungstechnik jedoch zu vernachlässigen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die DSA zur präoperativen Gefäßdarstellung, als Komplementäruntersuchung zur Sicherung der Diagnose und für die Vorbereitung zur Port-Katheterimplantation und der Intervention selbst (Chemotherapie bzw. –embolisation) indiziert ist.

### **2.1.4 Einsatz der Computertomographie in der Leberdiagnostik**

Die Computertomographie gilt als die Goldstandardmethode der Oberbauch-Leber- und allgemeinen Abdomendiagnostik. Bei geeigneter Wahl des Scanprotokolls ist eine detaillierte Darstellung der Abdominalorgane während unterschiedlicher Perfusionsphasen möglich. Bei der Leber mit ihrer doppelt angelegten Gefäßversorgung kann die Trennung der arteriellen und portalvenösen Perfusionsphase zur Läsionsdetektion und -charakterisierung entscheidend sein [33, 39, 64]. Die Computertomographie ist jedoch nicht nur in der Lage parenchymatöse Perfusionsphänomene zu zeigen, sondern aufgrund der hohen Auflösung in der Schichtebene auch kleinste Strukturen, abhängig von ihrem Kontrastverhalten, darzustellen (z.B. Gefäße). Die Computertomographie ist in der Erkennung und Abgrenzung sowie in der Lokalisation und Feststellung der Ausdehnung von Lebertumoren besser als die DSA [47, 77, 90].

### **2.1.5 Klinische Fragestellungen**

Es gilt zu prüfen, ob für einige Routinefragestellungen die CT-Bilder bei der Darstellung des Gefäßstatus im Versorgungsgebiet zwischen Tr.coeliacus und A.mesenterica superior ausreichend sind.

Beschränkt sich die klinische Fragestellung auf die Gefäßanatomie im Bereich des Tr.coeliacus und der A.mesenterica superior, so könnte unter Umständen die Computertomographie alleine ausreichend sein, und es wäre unter Umständen möglich, praeoperativ auf die Angiographie zu verzichten. Sollen aber zusätzlich eine Stenose des Tr.coeliacus oder kleinere Gefäße wie abberante und akzessorische lebersorgende Gefäße beurteilt werden, so kann noch nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob eine weniger invasive Untersuchung mit der Computertomographie ausreichend ist.

Bezüglich interventioneller angiologischer Eingriffe (Chemotherapie bzw. –embolisation) sind vor allem die Flußverhältnisse von Interesse. Da mit der Computertomographie nicht die Richtung des Blutflusses ermittelt werden kann, kommt hier nur die Angiographie als Untersuchungsverfahren in Frage.

## 2.2 Leberanatomie

### 2.2.1 Lebergefäße

Die Leber hat vier Gefäßsysteme: Zwei die Blut zuführen, ein Blut abführendes und ein das Sekret der Leber drainierendes System. Zu den zuführenden Systemen gehört zum einen die arterielle-Versorgung über die Leberarterien und zum anderen die portalvenöse-Versorgung über die V.portae, die sich durch den Zusammenfluß von drei größeren Venen, nämlich der V.linalis, der V.mesenterica superior und -inferior bildet. Die Arterien der Leber (A.hepatica dex. und -sinistra) stammen aus Ästen der A.hepatica propria, die von der A.hepatica communis und damit vom Tr.coeliacus kommt. Das abführende System wird durch die Vv.hepaticae gebildet und führt Blut über die V.cava inferior ab. Der linke Leberlappen wird dabei nur von der linken Lebervene drainiert [12]. Das Sekret der Leber wird über intra- und extrahepatische Gallengänge zum Duodenum drainiert. Intrahepatisch verlaufen Gallengänge, Leberarterien und Äste der V.portae gemeinsam und teilen sich entsprechend den Segmenten auf, extrahepatisch verlaufen sie im Lig.hepatoduodenale (Abbildung 1).

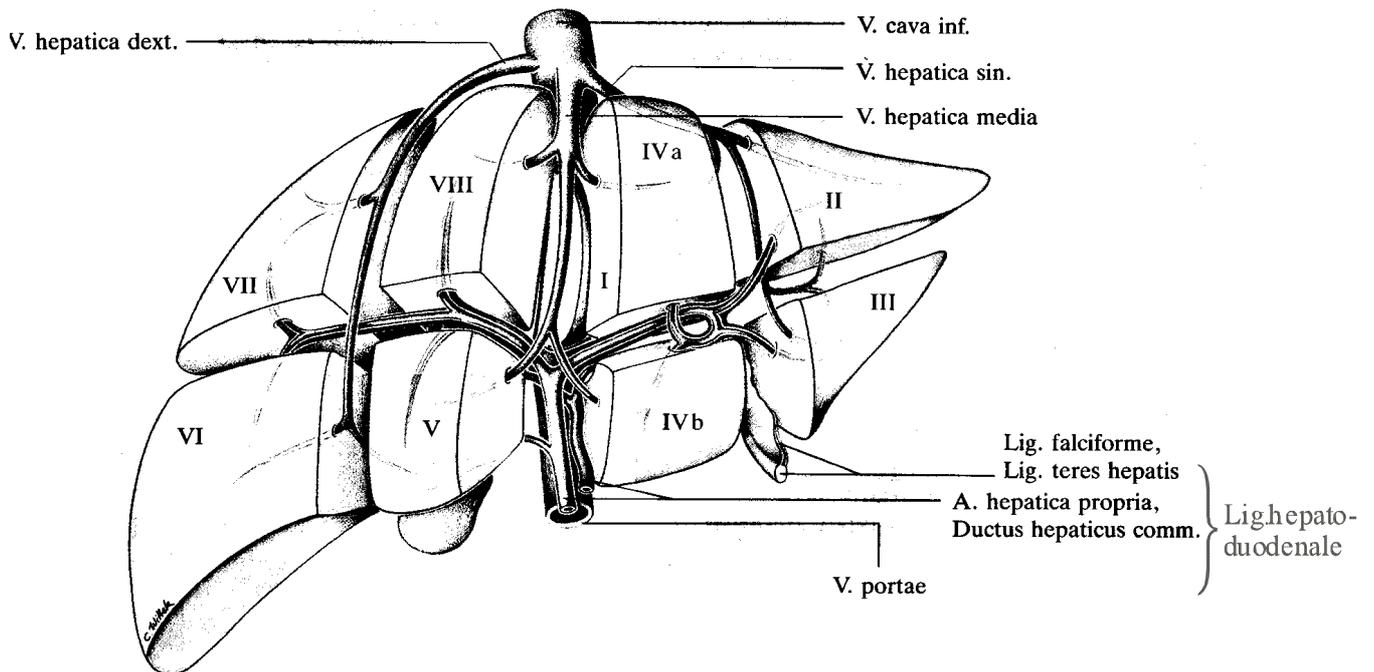


Abbildung 1 - Anatomie der Leber aus Rohen Topographische Anatomie [69]

## 2.2.2 Leberlappen

An der Unterseite der Leber (Facies visceralis) lagern sich Gallenblase (Vesica fellea) und die V.cava inferior tief in das Lebergewebe ein. Dadurch entsteht die rechte Leberfissur (Fissura sagittalis dex.), die funktionell als die Grenze zwischen rechtem und linkem Leberlappen angesehen wird, wobei der linke Lappen den Lobus quadratus (vorne) und Lobus caudatus (hinten) mit umfaßt. Anatomisch werden die Leberlappen durch das Lig.falciforme, an dessen Unterrand die obliterierte V.umbilicalis (Lig.teres hepatis) zu finden ist, und das Lig.venosum, den Rest des Ductus venosus (Arantii), der während der Embryonalzeit eine Anastomose zwischen V.cava inferior und V.portae darstellte, getrennt. Diese beiden Bänder bilden die linke Leberfissur (Fissura sagittalis sin.), wodurch zusammen mit der Leberpforte und der rechten Leberfissur die sogenannte H-Figur entsteht [69].

## 2.2.3 Einteilung der Lebersegmente

Die Hauptstämme der V.portae haben jeweils ihr eigenes Versorgungsgebiet und anastomosieren kaum miteinander. Die Äste der Lebervenen verlaufen nicht mit den Pfortaderästen zusammen, so daß eine charakteristische Gefäßarchitektur entsteht, die die Grundlage der Segmentgliederung bildet. Die Hauptstämme der Lebervenen verlaufen dabei zwischen den Segmenten, die Äste der Pfortader dagegen jeweils im Zentrum der Segmente (Abbildung 1). Die Vv.hepaticae münden unmittelbar unter dem Zwerchfell in die V.cava inferior ein. Meist sind drei Venenstämme vorhanden, die im wesentlichen die Anordnung der Segmentgruppen bestimmen.

Ursprünglich wurde die Leber in vier Segmente eingeteilt. Ein anteriores und posteriores Segment des rechten Lappens und ein mediales und laterales Segment des linken Lappens. Diese Einteilung ist prinzipiell auch heute noch richtig, jedoch wurde sie mittlerweile weiter verfeinert. In der Praxis wird vor allem die Einteilung nach Couinaud bevorzugt [12]. Couinaud's Einteilung unterstreicht die entwicklungsgeschichtliche Entstehung der Leber aus einem posterioren und anterioren Anteil. Ohne allzu genau auf die Entwicklungsgeschichte eingehen zu wollen, entstehen aus dem anterioren Anteil Segment II und III des linken Leberlappens, und aus dem posterioren Anteil alle übrigen Segmente [17].

Nach der klinisch akzeptierten Einteilung von Couinaud unterscheidet man 8 Segmente, von denen lediglich die Segmente II und III auf den **anatomisch** linken Leberlappen entfallen. Geht man von der **funktionellen** Gliederung aus, die Grenze zwischen rechtem und linkem Leberlappen wird durch eine imaginäre Linie von der V.cava inferior zur Gallenblase gegeben, so gehören zum funktionellen linken Leberlappen [11, 78] die Segmente I,II,III,IV und zum rechten die Segmente V,VI,VII, und VIII [11]. Das Segment I umfaßt den Lobus caudatus, der meist direkt durch eine oder zwei Vv.lobi caudati zu V.cava inferior drainiert wird. Segment IV kann noch in IVa und IVb unterteilt werden.

Da die einzelnen Segmente in gewisser Hinsicht zirkulatorisch isolierbare Funktionseinheiten darstellen, können sie als solche reseziert werden. Die Segmentgliederung hat daher für die Leberchirurgie eine große Bedeutung erlangt, ohne die die Segment- und Subsegmentresektion nicht möglich wäre.

Für die radiologische Bestimmung eines Lebersegments orientiert man sich an der Aufzweigungsebene der Pfortader und ihren weiteren Verzweigungen. Unterscheiden lassen sich die einzelnen Segmente der Leber durch die Pfortaderäste zweiter Ordnung, die in das Zentrum der einzelnen Lebersegmente ziehen. Die intersegmental gelegenen Lebervenen sammeln sich kranial in drei Stämmen, der rechten, der mittlern und der linken Hauptvene, die die Leber in vier Sektoren unterteilen. Diese werden horizontal durch die Aufzweigungseben der Pfortader in jeweils ein kraniales und kaudales Segment untergliedert [15].

### 2.3 Anatomie des Tr.coeliacus und seine Varianten

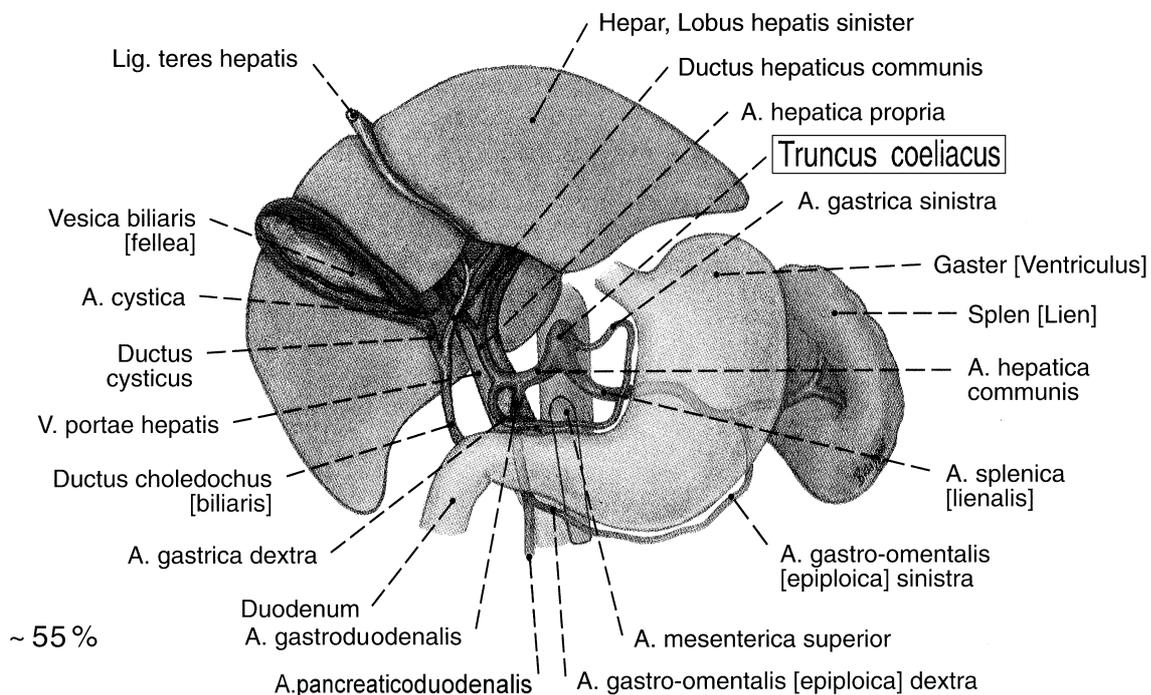


Abbildung 2 - Versorgungsgebiet des Tr.coeliacus nach Sobotta Atlas [66]

Tabelle 1 – Variationen des Tr.coeliacus

Standard Klassifikation (nach Michels) sowie Angabe der prozentualen Häufigkeit nach Michels [53] und nach Covey [13]

Typ	Variante	prozentuale Häufigkeit (anatomisch)	
		nach Michels 1966 n = 200	nach Covey 2002 n = 600
I	Normale Anatomie	55,0%	61,3%
II	Abberante HS aus der GS	10,0%	3,8%
III	Abberante HD aus der MS	11,0%	8,7%
IV	Abberante HS aus der GS und eine abberante HD aus der MS, mittlere A.hepatica aus dem Tr.coeliacus	1,0%	0,5%
V	Normale Anatomie + akzessorische HS aus der GS	8,0%	10,7%
VI	Normale Anatomie + akzessorische HD aus der MS	7,0%	1,5%
VII	Normale Anatomie + akzessorische HS aus der GS und akzessorische HD aus MS	1,0%	1,0%
VIII	Kombination einer abberanten HD und einer akzessorischen HS oder umgekehrt, Kombination einer abberanten HS und einer akzessorischen HD	2,0%	3,0%
IX	HC entspringt der MS	4,5%	2,0%
X	HC entspringt der GS	0,5%	0%
keine Einteilung	HC separater Gefäßabgang aus Aorta	keine Einteilung	2,0%
	gedoppelte A.hepatica - eine oder beide Arterien entspringen der Aorta oder dem Tr.coeliacus	keine Einteilung	3,7%
	A.hepatica propria aus der MS und A.gastroduodenalis aus der Aorta	keine Einteilung	0,3%
	Rest	keine Einteilung	1,5%

Legende:

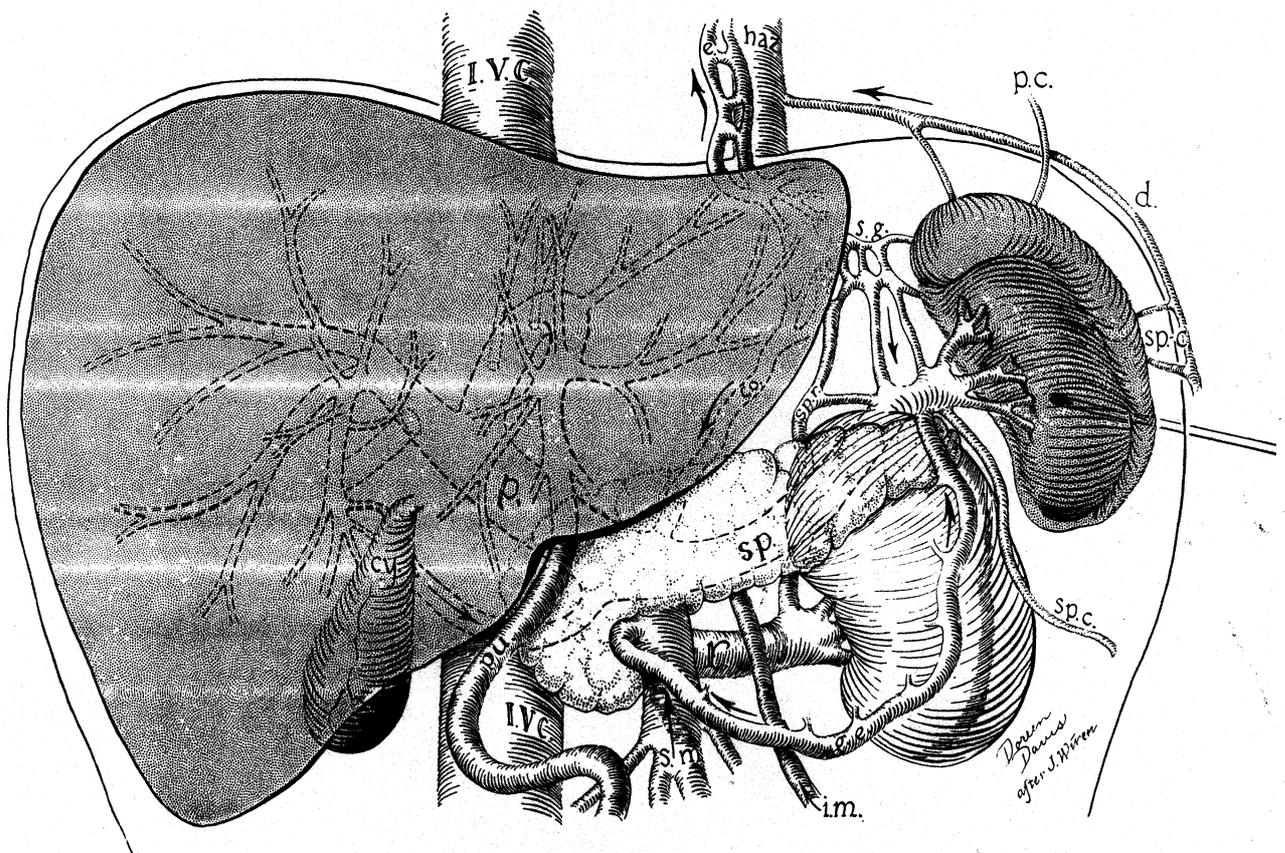
HD=A.hepatica dex., HS=A.hepatica sin., HC=A.hepatica com., MS=A.mesenterica sup., GS=A.gastrica sin.

Covey et al. beschreibt in 7,5 % aller Fälle Gefäßvarianten, die nicht nach Michels Standard Klassifikation eingeteilt werden können.

In den meisten Fällen 55% [53] bzw. 61% [13] liegt die "Normale Anatomie" des Tr.coeliacus vor. Bei den Leberarterien findet sich eine A.hepatica dextra, eine A.hepatica sinistra und oft eine mittlere A.hepatica. Abberante rechte oder linke Leberarterien entspringen nicht der A.hepatica propria, sondern stammen von einem anderen Gefäß, z.B. von der A.gastrica sin. bei einer abberanten linken- bzw. von der A.mesenterica sup. bei einer abberanten rechten Leberarterie. Akzessorische Leberarterien sind zusätzlich Leberarterien neben der normal bestehenden rechten und linken Leberarterie.

Leberarterien sind Endstromarterien, d.h. das zu versorgende Gebiet wird nur von einer Leberarterie versorgt, und weist keine Anastomosen auf.

## 2.4 Pfortader und Umgehungskreisläufe der Leber



p. = portal vein, I.V.C. = inferior vena cava, r. = left renal vein

Abbildung 3 - Collateral Pathways aus Abrams Angiography: Vascular and Interventional Radiology [1]

### Legende zu Abbildung 3

Zuflüsse zur V.portae (portal vein):

- 1) sp. = splenic vein
- 2) s.m. = superior mesenteric vein
- 3) i.m. = inferior mesenteric vein

Umgehungskreisläufe nach Abrams [1] :

- 1) co. = coronary vein
- 2) e. = esophageal veins
- 3) s.g. = short gastric veins
- 4) g.e. = gastroepiploic vein
- 5) pu. = paraumbilical vein
- 6) cy. = cystic vein
- 7) sp .r. = connections between the splenic vein and the left renal vein
- 8) sp.c. = collateral veins connecting the spleen and hepatodistal part of the splenic vein to systemic veins in the lateral wall
- 9) d. = diaphragmatic veins
- 10) p.c. = pericardial veins
- 11) haz. = hemiazygos vein

Das Pfortadersystem grenzt im Bereich des Ösophagus, des Rektums, der vorderen Bauchwand und retroperitoneal an die Kapillarnetze des Kavasystems. Bei Stauungen im Pfortadersystem (z.B. Leberzirrhose, Tumor, Pfortaderthromben) kann das Blut über diese Kollateralen in den Kreislauf zurückgeführt werden.

Bei Patienten mit Verschuß der Pfortader konnte in 71% der Fälle "short gastric veins" und "coronary veins" nachgewiesen werden [49]. In Studien wurden vor allem häufig "esophageal veins", "short gastric veins" und die "paraumbilical vein" beschrieben [5, 31, 49]. Wachsberg [95] nennt "pericardial veins" als mögliche zusätzliche Ursache für Blutungen sowohl intraoperativ als auch bei Punktionen der Leber.

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Patientenauswahl

Die Krankenakten aller Patienten, die zwischen Januar 1996 und Juli 1997 am Institut für Radiologische Diagnostik im Universitätsklinikum München Großhadern, sowohl eine Computertomographie des Abdomens, als auch eine Angiographie der Abdominal Organe erhalten hatten, wurden gesichtet.

Dabei ließen sich aus insgesamt ca. 20.000 CT-Untersuchungen und Angiographien 58 Patienten ermitteln, die ein vergleichbares, vollständiges arteriell portalvenöses Computertomogramm und Angiogramm der Leber hatten.

In der hier vorliegenden Studie wurden nur solche Patienten mit aufgenommen, bei denen die Angiographie und die Computertomographie nicht mehr als 2 Wochen auseinander lagen. Dieses enge Zeitfenster von 2 Wochen erklärt die relativ kleine Fallzahl von 58 Patienten. Für den Vergleich der beiden Untersuchungsmethoden ist es unbedingt notwendig, daß diese den pathologisch anatomischen Status etwa zum selben Zeitpunkt erheben, da sonst krankheits- und therapieabhängig zu unterschiedlichen Zeitpunkten unterschiedliche Stadien der Krankheit bewertet werden würden. So sind Post-Chemoembolisationsbedingte Veränderungen möglich, wie z.B. veränderte hämodynamische Flußverhältnisse nach Intervention [87] oder die Ausbildung einer arteteriellen Kollateral-Versorgung der Leber im Verlauf der Chemotherapie [76].

#### 3.2 Untersuchungsindikationen der Patienten

Die Indikation dafür, daß die Patienten nach der Computertomographie auch angiographisch untersucht wurden, war bei 23 Patienten mit HCC der regelmäßige Zyklus einer Chemoembolisation. Zwei Patienten (der eine bei Z.n. Lebertransplantation bzw. der andere bei Z.n. transjugulärem intrahepatischen Portosystemischen Shunt (TIPS) bei Ösophagusvarizen) hatten die Angiographie postoperativ erhalten. Bei den restlichen Patienten ist alleine der Computertomographie-Vorbefund und die exakte Abklärung der Diagnose sowie die Frage nach Resektabilität maßgeblich für die Durchführung einer Angiographie gewesen.

Anzahl der Patienten Indikation für die Angiographie

33	CT-Vorbefund, Abklärung der Diagnose, Frage nach Operabilität
23	HCC, regelmäßiger Zyklus der Chemoembolisation
1	Z.n. TIPPS bei Ösophagusvarizen
1	Z.n. Leber-TX

### 3.3 Alters- und Geschlechtsverteilung des Patientenguts

Insgesamt wurden 58 Patienten in die Studie aufgenommen. Davon waren 42 männlich und 16 weiblich (Abbildung 4, 5-7). Das Durchschnittsalter lag in Übereinstimmung mit der Literatur [75] bei 63 Jahren, wobei unsere Grafik deutlich eine Häufung der Fälle im 5 bis 7 Lebensjahrzehnt zeigt [4, 16, 23, 55].

Das diagnosespezifische Durchschnittsalter errechnet sich mit 63 Jahren für die HCC-Patienten und mit 64 Jahren für die Patienten mit Lebermetastasen. Der Häufigkeitsgipfel für beide Erkrankungen lag im 6. Lebensjahrzehnt. Ein Unterschied zwischen Männern und Frauen lag nicht vor.

#### Anzahl der Fälle

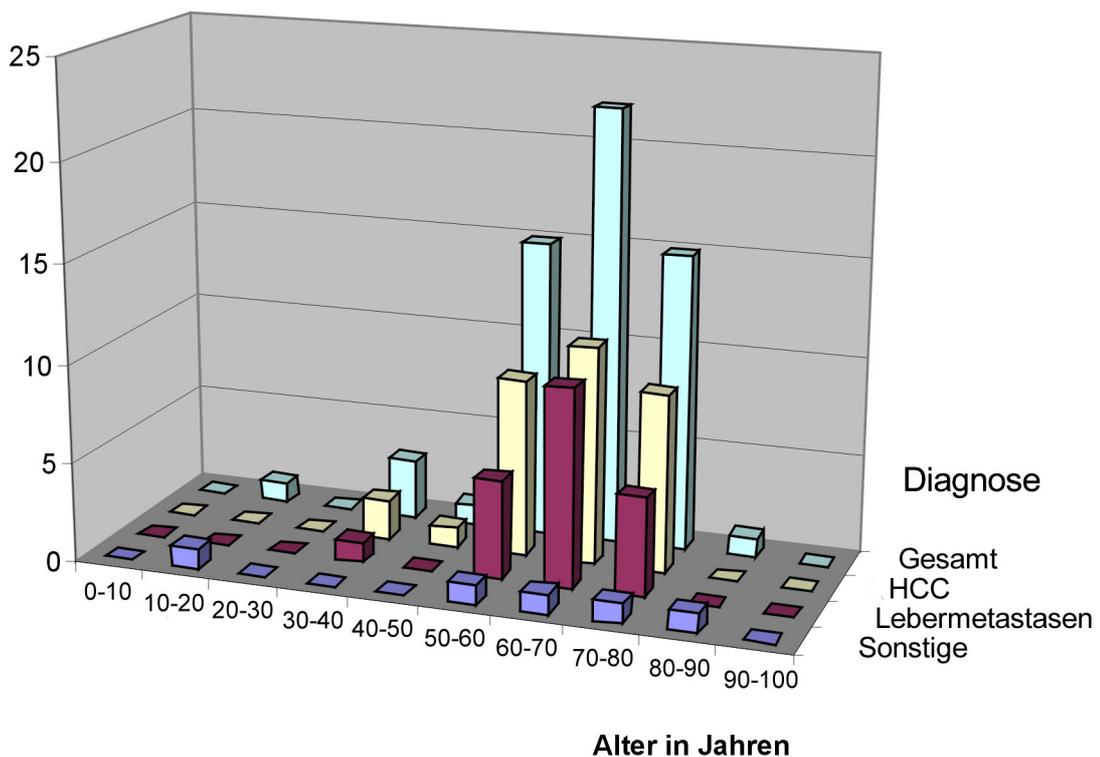


Abbildung 4 – Altersverteilung aller untersuchten Patienten nach Diagnosen aufgeschlüsselt

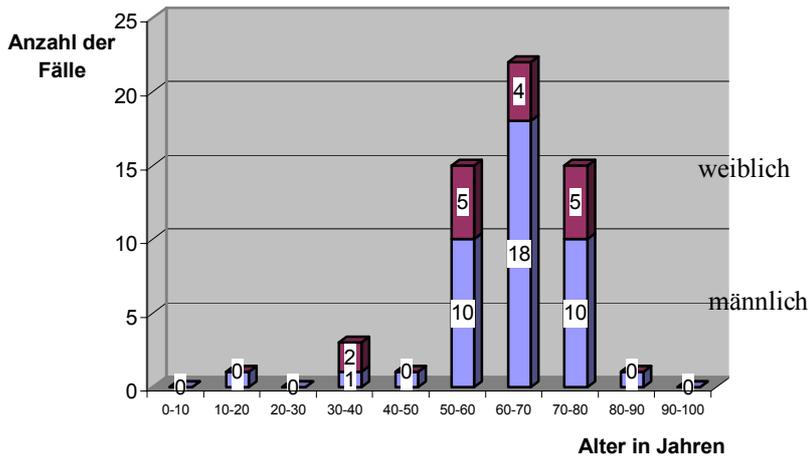


Abbildung 5 – Altersverteilung aller untersuchten Patienten

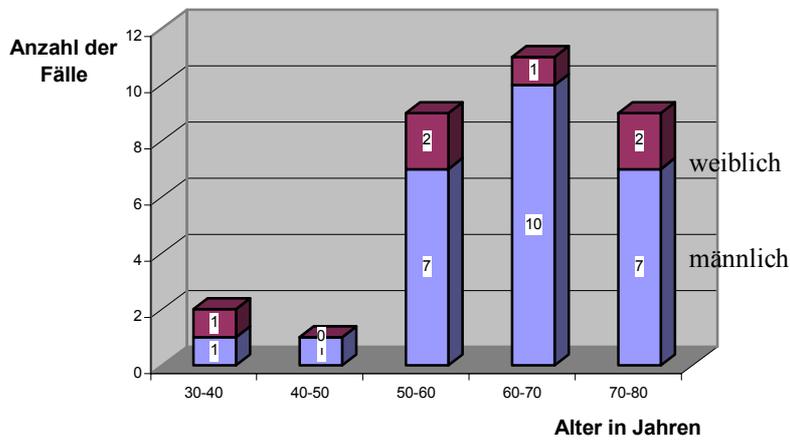


Abbildung 6 – Altersverteilung für alle HCC Patienten

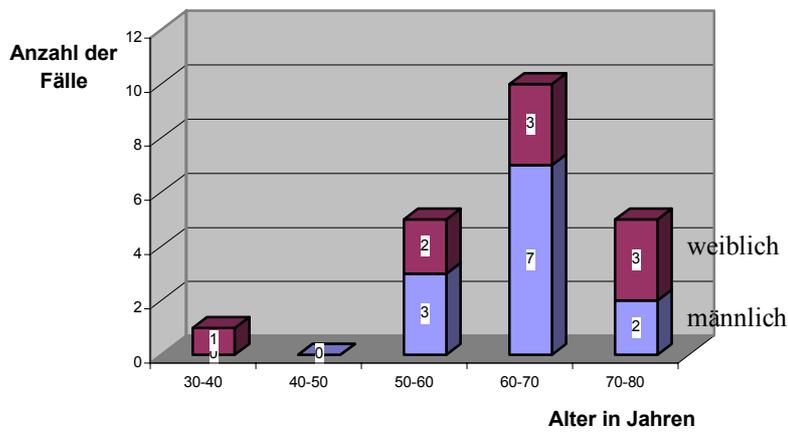


Abbildung 7 - Altersverteilung für alle Patienten mit Lebermetastasen

### 3.4 Diagnosen und Verifizierung der radiologischen Diagnose

#### Diagnosen

Es fanden sich 32 Patienten mit der Diagnose HCC. 21 Patienten hatten Metastasen und bei 5 Patienten lagen sonstige nicht maligne Diagnosen vor (Leberzirrhose, Leberadenom, entzündlicher Prozeß unbekannter Genese, kavernoöses Hämangiom, Durchblutungsstörung bei atypischer Gefäßversorgung). D.h. in unserem Patientengut finden sich 53 Patienten mit einer bösartigen Grunderkrankung.

#### Verifizierung der radiologischen Diagnose

Von jedem Patienten standen jeweils ein arterielles und portalvenöses Computertomogramm und die entsprechende Angiographie zur Verfügung, sowie die Krankengeschichte aus der Chirurgischen Klinik, die histologischen Befunde aus dem Institut für Pathologie (bei Biopsie oder Z.n. OP) und die entsprechenden Tumormarker wie AFP und CEA aus dem Institut für Klinische Chemie der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Die Überprüfung der durch Computertomogramm und Angiogramm gestellten Diagnosen wurde anhand der histologischen Untersuchung, durch den klinischen Verlauf (Krankenakte) und Operationsberichte, sowie durch klinisch relevante Befunde (z.B. Tumormarker) und der im Arztbrief bei Aufnahme oder Entlassung bzw. Tod und Sektion des behandelten Patienten angegebenen Diagnosen, oder durch mehrere der genannten Kriterien vorgenommen. Bei Patienten, die bereits radiologische Voruntersuchungen hatten, bzw. die wiederholt zur Chemoembolisation kamen, wurden auch Befunde aus dem Radiologischen Informations- und Dokumentationssystem zur Verifizierung herangezogen.

Soweit möglich wurden die Diagnosen anhand eines histologischen Befundes verifiziert. In den Fällen, in denen dieser nicht vorhanden war, wurde anhand der gesamten Krankenakte die Diagnose gesichert (einweisender Arztbrief, Entlassungsbrief, Radiologisches Informationssystem). In nur wenigen Fällen war der Klinische Verlauf oder die Operation zur Festlegung der Diagnose entscheidend.

#### Sicherung der Diagnose durch

45 %  $\cong$  26/58 Histologie

44 %  $\cong$  25/58 Diagnose bekannt aus Krankenakte

12 %  $\cong$  7/58 Klinischen Verlauf / Operation

### 3.5 Bildaquisition

#### Computertomographie

Die Patienten wurden mit einem Spiral-Computertomograph "Somatom Plus 4" der Firma Siemens untersucht. Das verwendete jodhaltige nicht ionische Kontrastmittel wurde mit 0,7 ml/kg und einem Flow von 3 ml/s verabreicht und ein biphasischer Scan des Abdomens durchgeführt.

Tabelle 2 – Parameter Spiral-CT

Kollimation	8 mm
Vorschub	12 mm
Rotationszeit	1 s
Spannung/Strom	120 KV , 240 mAs
Projektions- / Rekonstruktionsalgorithmus	Weichteilkernel AB 50
rekonstruierte Schichtdicke	8 mm
Weichteil-Fensterung	Center: 50 HU, Wide: 250 HU

#### Angiographie

Die angiographische Darstellung der Abdominal- und Lebergefäße erfolgte mit dem Durchleuchtungssystem "Intergris V3000 Vesion 13" der Firma Philips Medical System. Die Durchleuchtung (3 Pulse/s) wurde am liegenden Patienten mit Hilfe eines jodhaltigen nicht ionischen Röntgen-Kontrastmittel in DSA Technik durchgeführt. Als erstes erfolgte in Lokalanästhesie die Punktion der A.femoralis communis in Seldinger Technik und Einlage einer 4 Fr Schleuse. Anschließend wurde unter Durchleuchtung der 4 Fr Pigtail-Katheter mittels Führungsdraht (0,035 inch, 180 cm) in Höhe BWK 12 plaziert, um eine Übersichtsdarstellung (a.p.-Projektion) der Aorta abdominalis mit 30 ml Kontrastmittel und Flow 10 ml/s über einer Hochdruckspritze vorzunehmen. Die Bilder wurden mit eine Bildfrequenz von 0,5/s aufgenommen (Matrix 1024<sup>2</sup>). Nach dieser Übersichtsdarstellung erfolgte die Einwechslung eines 4 Fr Cobara Katheters. Damit wurde als nächstes die selektive Sondierung des Tr.coeliacus vorgenommen (Handinjektion 10 ml Kontrastmittel). Die weitere selektive Darstellung der Truncusgefäße wurde in a.p-Projektion durchgeführt. Nach Rückziehen des Katheters in die Aorta und erneuter selektiver Sondierung der A.mesenterica superior wurde die mesenteriale Perfusion bis hin zur portal-venösen Kontrastierungsphase mit einer erneuten Kontrastmittelinjektion dargestellt. Von den Bilderserien werden nur einzelne Bilder dokumentiert und auf einer Laserprinter ausgedruckt.

### 3.6 Auswertung

Das gesamte Bildmaterial wurde von zwei Untersuchern beurteilt, die unabhängig voneinander die Computertomographie und die Angiographie ohne Kenntnis von Vorbefunden oder klinischer Angaben anhand des Auswertbogens (Abbildung 8) für jede Untersuchung getrennt bewerteten. Dabei wurden zuerst die CT- und dann die Angiographie-Bilder eines Patienten bewertet. Die einzelnen Patientenbilder wurden den Untersuchern in zufälliger Reihenfolge vorgelegt.

Die Auswerter hatten folgende Parameter zu beurteilen:

- das Erkennen der arteriellen und venösen Gefäßstrukturen im Abdomen
  - Arteriell: der Tr.coeliacus mit seinen Abgängen sowie das Versorgungsgebiet zwischen Tr.coeliacus und A.mesenterica sup.; die Varianten des Tr.coeliacus sowie die arterielle Versorgung der Leber
  - Venös: die V.portae mit ihren Zuflüssen und sofern vorhanden Umgehungskreisläufe der Leber
- Pathologische Veränderungen
  - Lebertumore mit Angaben über ihre Größe, tumorversorgende Gefäße, sowie befallene Lebersegmente
  - Tumoreinbruch und Thromben in der V.portae
- die radiologische Haupt-Diagnose und sonstige Neben-Diagnosen

Zur Anwendung kam ein 5-stufiges Score System, damit die Klassifizierung der Befunde auf einer Skala von 1-5 möglichst differenziert vorgenommen werden konnte.

Tabelle 3 – Score System

Score	Skala für das Erkennen der Gefäße	Skala für den Verdacht auf Tumor bzw. Thrombus
1	deutlich erkennbar / sehr gut abgrenzbar	sicherer Nachweis für einen...
2	gut erkennbar / abgrenzbar	wahrscheinlicher Nachweis...
3	Teilweise erkennbar / abgrenzbar	eher kein Anhalt für...
4	nicht erkennbar / diagnostisch nicht verwertbar	sicher kein Nachweis für...
5	nicht dokumentiert	nicht dokumentiert

Varianten des Tr.coeliacus und der A.hepaticae wurden gemäß eines Schlüssels auf dem Auswertbogen angegeben, der nach der Standardklassifikation Varianten des Tr.coeliacus von Michels [53] erstellt wurde (siehe Tabelle 1).

# Angio/CT

Tr.coeliacus	A.hepatica communis	
	A.hepatica propria	
	A.lienalis	
	A.gastrica sinistra	
	Variante des Tr.coeliacus	*
	Variante der A.hepaticae	**

A.pancreaticoduodenalis

A.mesenterica sup.

Intrahepatische Hauptäste	A.hepatica dex.	
	A.hepatica sin.	
	evtl. mittlere A.hepatica	

Verdacht Tu.	
Anzahl Tu.	
Segmente 1-8	
Tumorgroße (in cm)	
Anzahl großer tumorversorgender Gefäße	
Früharterielle Perfusionsphänomene, evtl. Beschreibung	

V.portae	V.portae	
	V.lienalis	
	V.mesenterica sup.	
	V.mesenterica inf.	

Verdacht auf Thromben	
evtl. Begründung:	
keine Kontrastierung	
Umspülung des Thrombus mit KM	
Tumoreinbruch	

Flußumkehr ?	
Arterieller Typ oder portal venöser Typ	

Umgehungskreisläufe	co.=coronary vein	
	e.=esophageal veins	
	s.g.=short gastric vein	
	g.e.=gastroepiploic vein	
	pu.=paraumbilical vein	
c.y.=cystic vein		

Sp.r. = Conections between the splenic vein and the left renal vein	
Sp.c. = Collateral veins connecting the splen and the hepatodistal part of the splenic vein to systemic veins in the lateral abdominal wall	
d. = diaphragmatic veins	
p.c. = pericardial veins	
Haz. = hemiazygos vein	

Angio vom:  
 Vollständig  ja  nein  
 Pat.Nr.:  
 Name:  
 Vorname  
 Geb.Datum

\* Varianten des Tr.coeliacus

1)	Normal Anatomie	
2)	Tr.hepatomesentericus=HD, aHD, oder HC aus der MS	
	und vollständiger Tr.coeliacus ein Tr.splenogastricus	
3)	Tr.hepatogastricus, wenn Tr.splenomesentericus =A.splenicus aus der MS	
4)	Tr.hepatosplenomesentericus =A.splenicus und HC aus der MS	
5)	Tr.coeliacomesentericus =gemeinsamer Ursprung von Tr.coeliacus und MS	
6)	Akzessorische HD aus dem Tr.coeliacus	
7)	Sonstige	

\*\* Varianten der A.hepaticae

1)	Normale Anatomie	
2)	HD	aus der MS
3)	abberante HD	aus der MS
4)	HS	aus der MS
	aberrante HS	aus der GS
5)	HD	aus der MS
	und HS	aus der GS
6)	abberante HD und abberante HS	
7)	Frühe Aufzweigung der HC, R.dex. und R.sin. direkt aus dem Truncus	
8)	abberante HD mit akzessorischer HS oder abberante HS mit akzessorischer HD	
9)	HC	aus der MS
10)	HC	aus der GS
11)	HC	aus der Aorta
12)	Sonstige	

HD = A.hepatica dex., HS = A.hepatica sin., HC = A.hepatica com., MS = A.mesenterica sup., GS = A.gastrica sin.

## Gefäße

- 1) deutlich erkennbar, sehr gut abgrenzbar
- 2) gut erkennbar/abgrenzbar
- 3) teilweise erkennbar/abgrenzbar
- 4) nicht erkennbar/diagnostisch nicht verwertbar

## Verdacht Tumor/Thrombus

- 1) sicherer Nachweis für einen ...
- 2) wahrscheinlich Nachweis
- 3) eher kein Anhalt für
- 4) sicher kein Nachweis für einen ...

Verdachtsdiagnose: \_\_\_\_\_

Untersucher: \_\_\_\_\_

Abbildung 8 – Auswertungsprotokoll

### **3.7 Referenz-Standard**

Zur Definition des Referenzstandards wurde das gesamte Bildmaterial zusammen mit klinischen und pathologischen Informationen vorgelegt. Es wurde eine definitive Diagnose konstituiert und die vorhandene Situation eindeutig charakterisiert. Um die Auswertung beider Reader zu überprüfen, wurde ein Konsensus-Reading definiert.

### **3.8 Statistik**

Die Auswertung der Daten wurde an einem PC mittels des Statistikprogrammes SPSS und in Rücksprache mit einem Statistiker am Institut für Biomedizin und Epidemiologie der Ludwig-Maximilians-Universität ausgewertet. Neben Häufigkeiten, Prozentwerten, Mittelwerten und Standardabweichungen wurden die Treffsicherheit, Sensitivität und Spezifität der beiden Untersuchungsverfahren berechnet.

Mit dem Wilcoxon-Test [73] wurde die Gleichheit der Verteilungen beider Untersucher auf einem Signifikanzniveau von 5% getestet, damit die für beide Untersucher berechneten Mittelwerte der Gefäße nicht nur innerhalb eines Untersuchers, sondern auch zwischen den Untersuchern verglichen werden konnten. Mittelwerte für die Bewertung der Gefäße von beiden Untersuchern (Abbildung 12) wurden berechnet und die Untersuchungsverfahren verglichen.

Anmerkung: Bei einigen Verteilungen konnte der Nachweis auf Gleichheit nicht mit dem Wilcoxon-Test erbracht werden, da in diesen Fällen die Voraussetzungen des Tests (Symmetrie um den Median) nicht erfüllt waren. Diese Verteilungen waren aber statistisch eindeutig bei beiden Untersuchern gleich um einen Wert verteilt (Assymmetrie), so daß sicher die Gleichheit der Verteilungen (nach Durchsicht der Werte von Hand) gegeben ist.

Die für jedes Gefäß ermittelte Häufigkeit der Detektion (Tabelle 6 - Identifikationsrate der Gefäße) wurde mit dem modifizierten Vorzeichentest nach McNemar [73] auf einen signifikanten Unterschied in Computertomographie und Angiographie geprüft (Signifikanzniveau 5 %). Bei Identifikationsraten, für die sich ein signifikanter Unterschied der Untersuchungsverfahren ergab, wurde dies angegeben.

### **3.9 Vergleich der beiden Untersuchungsverfahren**

Die Untersuchungsverfahren wurden anhand folgender Punkte verglichen.

- 1) Qualitative Darstellung der Gefäße
- 2) Varianten des Tr.coeliacus
- 3) Diagnostische Effizienzparameter
- 4) Pathologische Veränderungen

Der Intra-Reader-Vergleich als Vergleich innerhalb eines Untersuchers ermöglicht es, die eine Untersuchungsmethode mit der anderen zu vergleichen. Die Untersuchungsmethoden lassen sich anhand der Mittelwerte und der Identifikationsrate, die für jedes Gefäß berechnet wurden, innerhalb eines Untersuchers vergleichen. Mit Hilfe des Wilcoxon-Tests wurde gezeigt, daß dieser Vergleich nicht nur innerhalb eines Untersuchers möglich ist, sondern noch besser für beide Untersucher zusammen angestellt werden kann. Anhand der Mittelwerte für die Bewertung der Gefäße von beiden Untersuchern (Abbildung 12) werden die Untersuchungsverfahren verglichen.

Um jedoch wirklich den Unterschied zwischen den Untersuchungsmethoden herauszuarbeiten, wurden die Daten auf die zwei Kategorien "erkannt" und "nicht erkannt" reduziert (Tabelle 5 – Detektion der Gefäße "Vergleich der Untersuchungsverfahren"). Dies ist notwendig, da ein alleiniger Vergleich der Mittelwerte für das Erkennen der Gefäße nicht zeigt, wie oft beispielsweise eine Methode ganz versagt hat, das betreffende Gefäß darzustellen, bzw. wie oft die andere Methode einfach besser gewesen ist. Die Identifikationsrate gibt die prozentuale Häufigkeit von "erkannt" zu allen Bewertungen an. Die Identifikationsrate der Gefäße für die Computertomographie und die Angiographie wurde ermittelt und in der Tabelle 6 angegeben. Anhand der Identifikationsrate werden die Untersuchungsmethoden verglichen.

### **3.9.1 Qualitative Darstellung der Gefäße, Umgehungskreisläufe**

Der Vergleich wie gut die Darstellung der Gefäße in der Computertomographie bzw. in der Angiographie ist, wird sowohl anhand der Mittelwerte für die Bewertung der Gefäße von beiden Untersuchern (Abbildung 12), als auch anhand der Identifikationsraten (Tabelle 6), die für alle Gefäße berechnet wurden, vorgenommen. Bei der Bewertung der Qualität, mit der ein Gefäß dargestellt wird, muß man zwischen Identifikationsrate und Mittelwert der Bewertung unterscheiden. Im Mittelwert kommt zusätzlich das subjektive Empfinden der Untersucher zum Ausdruck. In der Identifikationsrate steckt nur die Information, ob das Gefäß überhaupt erkennbar war oder nicht.

Für jedes Gefäß, das von den Untersuchern in der Computertomographie und in der Angiographie bewertet worden ist, wurde jeweils Mittelwert und Standardabweichung der abgegebenen Bewertungen berechnet. Wie gut sich die einzelnen Gefäße subjektiv für jeden Untersucher darstellen, kann anhand der Mittelwerte direkt verglichen werden.

Für jedes Gefäß wurde ermittelt, wie oft dieses in der Computertomographie und Angiographie erkannt wurde (Identifikationsrate). Die Untersuchungsverfahren können anhand der Identifikationsrate direkt miteinander verglichen werden. Bei Identifikationsraten, für die sich ein signifikanter Unterschied ergab, wurde dies angegeben. Die Identifikationsrate ist die Häufigkeit, mit der ein Gefäß erkannt wurde. Eine Identifikationsrate von beispielsweise 94% besagt, daß in 94% aller Fälle dieses Gefäß in dieser Untersuchung zu erkennen gewesen ist. Das Untersuchungsverfahren mit der höheren Identifikationsrate ist dem Untersuchungsverfahren mit der niedrigeren Identifikationsrate überlegen.

Eine höhere Identifikationsrate bedeutet, daß die Qualität und die Zuverlässigkeit der Abbildung dieser Untersuchungsmethode besser ist, weil es mit dem anderen Untersuchungsverfahren nicht gelungen ist, das entsprechende Gefäß genauso oft abzubilden. Entsprechendes gilt für den Vergleich der Mittelwerte bei der Bewertung der Gefäße. In den Mittelwerten ist jedoch noch das subjektive Empfinden der Untersucher enthalten, da die Bewertung qualitativ erfolgt.

Aufgrund der geringen Fallzahl wurden die Umgehungskreisläufe an eigener Stelle im Ergebnisteil ausschließlich deskriptiv abgehandelt.

### **3.9.2 Varianten des Tr.coeliacus**

Varianten des Tr.coeliacus kommen häufig vor. In der Literatur wird die "Normale Anatomie" des Tr.coeliacus mit nur 55% [53] bzw. 61% [13] der Fälle angegeben, in 39% bis 45% der Fälle liegen also Varianten vor. Die einzelnen Varianten sind jedoch selten und ihr Vorkommen liegt im Bereich weniger Prozent (Tabelle 1 – Variationen des Tr.coeliacus). Aufgrund der hier vorliegenden Fallzahl kann keine vollständige Auswertung bis zur Angabe der Häufigkeiten für einzelne Varianten erwartet werden, es werden aber die gemachten Beobachtungen deskriptiv abgehandelt. Es wird verglichen, in welcher Untersuchung und wie oft Varianten richtig bzw. falsch befundet wurden. Ein Vergleich der Varianten, die von den Untersuchern mit den Untersuchungsverfahren entdeckt wurden, mit dem Goldstandard aus der Angiographie beim Konsensusreading, läßt eine Beurteilung der Untersuchungsverfahren bei der Darstellung der Tr.coeliacus-Varianten zu.

Gefäßvarianten, die nicht durch die Klassifikation nach Michels erfaßt wurden, wurden gezählt.

### 3.9.3 Diagnostische Effizienzparameter der Untersuchungsverfahren

Vierfeldertafeln für die Diagnosen HCC und Metastasen (Tabelle 7) werden für jedes der Untersuchungsverfahren bei beiden Untersuchern erstellt. Aus diesen Daten werden die Diagnostischen Effizienzparameter der Untersuchungsverfahren für beide Untersucher berechnet (Tabelle 8).

Unter der Treffsicherheit versteht sich der prozentuale Anteil aller richtigen Diagnosen an allen gestellten Diagnosen.

Die Sensitivität als Maß für die Fähigkeit wirklich erkrankte Personen aufzudecken, errechnet sich als prozentualer Anteil der richtig-positiven Diagnosen bezogen auf alle pathologischen Fälle.

Die Fähigkeit, gesunde Probanden wirklich als solche zu erkennen, prüft die Spezifität als prozentualer Anteil richtig-negativer Diagnosen an der Summe der richtig-negativen sowie der falsch-positiven Ergebnisse. Da unser Patientengut ausschließlich aus schwer kranken Patienten besteht und kein Patient als gesund eingestuft werden kann, könnte auf die Angabe einer Spezifität verzichtet werden. Dennoch berechnen wir sie, da sie hilft, die Sensitivität richtig zu interpretieren.

$$\text{Treffsicherheit} = \frac{\text{richtig positiv} + \text{richtig negativ}}{\text{richtig positiv} + \text{richtig negativ} + \text{falsch positiv} + \text{falsch negativ}} = \frac{A + D}{A + D + B + C}$$

$$\text{Sensitivität} = \frac{\text{richtig positiv}}{\text{richtig positiv} + \text{falsch negativ}} = \frac{A}{A + C}$$

$$\text{Spezifität} = \frac{\text{richtig negativ}}{\text{richtig negativ} + \text{falsch positiv}} = \frac{D}{D + B}$$

		Tatsächliche Situation	
		krank	gesund
endgültige Diagnose	krank	A richtig positiv	B falsch positiv
	gesund	C falsch negativ	D richtig negativ

Abbildung 9 - Definitionen Treffsicherheit, Sensitivität, Spezifität

Um eventuelle Unterschiede der Untersuchungsverfahren bezüglich einer spezifischen Diagnose erkennen zu können, wurde neben der Gesamt-Sensitivität für beide Diagnosen zusammen, auch die spezifische Sensitivität für jeweils HCC und Metastase berechnet. Die Metastasen werden aufgrund der geringen Fallzahl von 21 nicht noch weiter nach ihrer Artdiagnose unterschieden, da die Fallzahl sonst zu niedrig ist, um eine aussagekräftige Sensitivität zu berechnen.

### **3.9.4 Pathologische Veränderungen**

#### **3.9.4.1 Tumorgröße und Lokalisation betroffener Segmente**

##### **Tumorgröße**

Bei der Tumorgröße interessierte, ob sie in beiden Untersuchungsverfahren gleich bewertet wurde und ob gerade kleinere Tumore in der Größe 2 cm durch beide Untersuchungsverfahren erfaßt wurden.

##### **Lokalisation betroffener Segmente**

Es wurde untersucht, wie oft und in welchem Untersuchungsverfahren eine abweichende Segmentzuordnung für einen pathologischen Prozeß erfolgte, und wie oft durch die falsche Angabe eines Lebersegmentes ein lappenüberschreitender Prozess wurde.

Zur Abschätzung der Genauigkeit, mit der befallene Lebersegmente in den Untersuchungsverfahren angegeben werden konnten, wurde ermittelt, wieviel Prozent der Lebersegmente von beiden Untersuchern in der Computertomographie bzw. in der Angiographie gleich befundet wurden. Gleiche Segmente wurden gezählt, und ihr prozentualer Anteil an den insgesamt von beiden angegebenen Lebersegmenten ermittelt.

#### **3.9.4.2 Tumorversorgende Gefäße**

Es wurde untersucht, wie oft tumorversorgende Gefäße in jedem der Untersuchungsverfahren entdeckt wurden. Außerdem wurde geprüft, ob eine Korrelation zwischen der Tumorgröße und der Anzahl an Tumorgefäßen und dem Auftreten an früharteriellen Perfusionsphänomenen festgestellt werden konnte.

#### **3.9.4.3 Tumoreinbruch und Thromben in der V.portae**

Die Untersuchungsverfahren wurden anhand der Angaben verglichen, die von den Untersuchern gemacht wurden. Aufgrund der geringen Fallzahl ist nur ein beschreibender Vergleich möglich.

#### **3.9.4.4 Früharterielle Perfusionsphänomene**

Bei Auftreten von Früharteriellen Perfusionsphänomenen wurde verglichen, wie oft diese mit der einen bzw. mit der anderen Untersuchung nachgewiesen werden konnten und bei welchen Diagnosen sie beschrieben wurden.

#### **3.9.4.5 Tr.coeliacus Stenose**

Bei Patienten, die eine Stenose des Tr.coeliacus hatten, wurde verglichen, ob in beiden Untersuchungsmethoden die Stenosen entdeckt werden konnten.

### **3.9.4.6 Umgehungskreisläufe**

Es wurde untersucht, bei welchen Patienten, wie oft und welche Umgehungskreisläufe in den Untersuchungsverfahren erkannt werden konnten.

## **3.10 Vergleich der Untersucher**

Die Untersucher werden anhand folgender Punkte verglichen.

- 1) Übereinstimmende Identifikation der Gefäße
- 2) Bewertung der Tr.coeliacus Varianten
- 3) Diagnostische Effizienzparameter
- 4) Übereinstimmende Identifikation betroffener Lebersegmente

### **3.10.1 Übereinstimmende Identifikation der Gefäße**

Die Tabelle 5 – Detektion der Gefäße “Vergleich der Untersucher“ wurde erstellt, um herauszufinden, wie oft jedes Gefäß von beiden Untersuchern in der Computertomographie bzw. in der Angiographie übereinstimmend erkannt wurde, bzw. welche Gefäße besonders unterschiedlich bewertet wurden.

### **3.10.2 Bewertung der Tr.coeliacus Varianten**

Die Ergebnisse für die einzelnen Untersucher wurden anhand der von ihnen festgestellten Gefäßvariationen mit dem Goldstandard aus der Angiographie beim Konsensusreading verglichen.

### **3.10.3 Diagnostische Effizienzparameter**

Die Untersucher wurden anhand der diagnostischen Effizienzparameter, die bei ihnen für die Untersuchungsverfahren berechnet wurden, verglichen.

### **3.10.4 Übereinstimmende Identifikation befallener Lebersegmente**

Für jeden Untersucher wurde bestimmt, wie groß der Prozentsatz mit CT und Angiographie an gleich befundenen Lebersegmenten ist. Lebersegmente, die in beiden Untersuchungen übereinstimmend angegeben wurden, wurden gezählt und ihr prozentualer Anteil an allen von einem Untersucher angegebenen Segmenten ermittelt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Vergleich der Untersuchungsverfahren

#### 4.1.1 Qualitative Darstellung der Gefäße

Wie gut jeweils mit der Computertomographie und der Angiographie die Gefäße dargestellt wurden, kann anhand der Mittelwerte für die Bewertung der Gefäße von beiden Untersuchern (Abbildung 12) direkt verglichen werden. In Abbildung 12 ist ersichtlich, wie gut beide Untersucher im Durchschnitt die einzelnen Gefäße in der Computertomographie und in der Angiographie erkannt haben. Die Mittelwerte von beiden Untersuchern sind angegeben. Sie wurden aus den Mittelwerten für die Bewertung der Gefäße von Untersucher 1 und von Untersucher 2 (Abbildung 10 und 11) errechnet. Alle den Diagrammen aus Abbildung 10 bis 12 zugrundeliegenden Werte sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Die Mittelwerte sind auf der im Kapitel 3.6 "Auswertung" erläuterten Erkennen-Skala dargestellt. Gefäße, die mit dem Wert 4 bewertet wurden, wurden nicht als solche erkannt !

Betrachten wir die Mittelwerte aus dem Diagramm (Abbildung 12), so war die Angiographie bei den **Arterien** immer besser als die Computertomographie. Am größten war dieser Unterschied bei der A.gastrica sinistra und den intrahepatischen Gefäßen (A.hepatica dextra,-sinistra und mittlere A.hepatica ). Der Mittelwert für die Bewertung der A.gastrica sinistra in der Angiographie war 1,7 und in der Computertomographie 2,9. Die A.hepatica dex. und -sin. wurde mit 2,7 und 2,8 in der Computertomographie wesentlich schlechter als in der Angiographie 1,2 und 1,2 erkannt. Der Tr.coeliacus und die A.mesenterica superior wurden im Mittel jeweils mit 1,0 in beiden Untersuchungsverfahren gleich bewertet.

Bei den **Venen** ist es umgekehrt. Hier waren die Mittelwerte für die Bewertung der Gefäße in der Computertomographie besser als die der Angiographie. In der Computertomographie erreichte die V.portae 1,6 und die V.lienalis 1,8 während sie in der Angiographie beide mit 2,1 bewertet wurden. Die V.mesenterica sup. wurde mit 1,5 in der Computertomographie und mit 2,6 in der Angiographie bewertet.

Vergleichen wir die Computertomographie und die Angiographie anhand der Mittelwerte, so wurden im einzelnen schlecht (Mittelwert > 2,5) erkannt:

in der Computertomographie:

A.gastrica sinistra  
alle intrahepatischen Gefäße

in der Angiographie:

V.mesenterica inferior  
V.mesenterica superior, und  
die mittlere A.hepatica

Gefäße, die mit dem Wert 4 bewertet wurden, wurden nicht als solche erkannt!

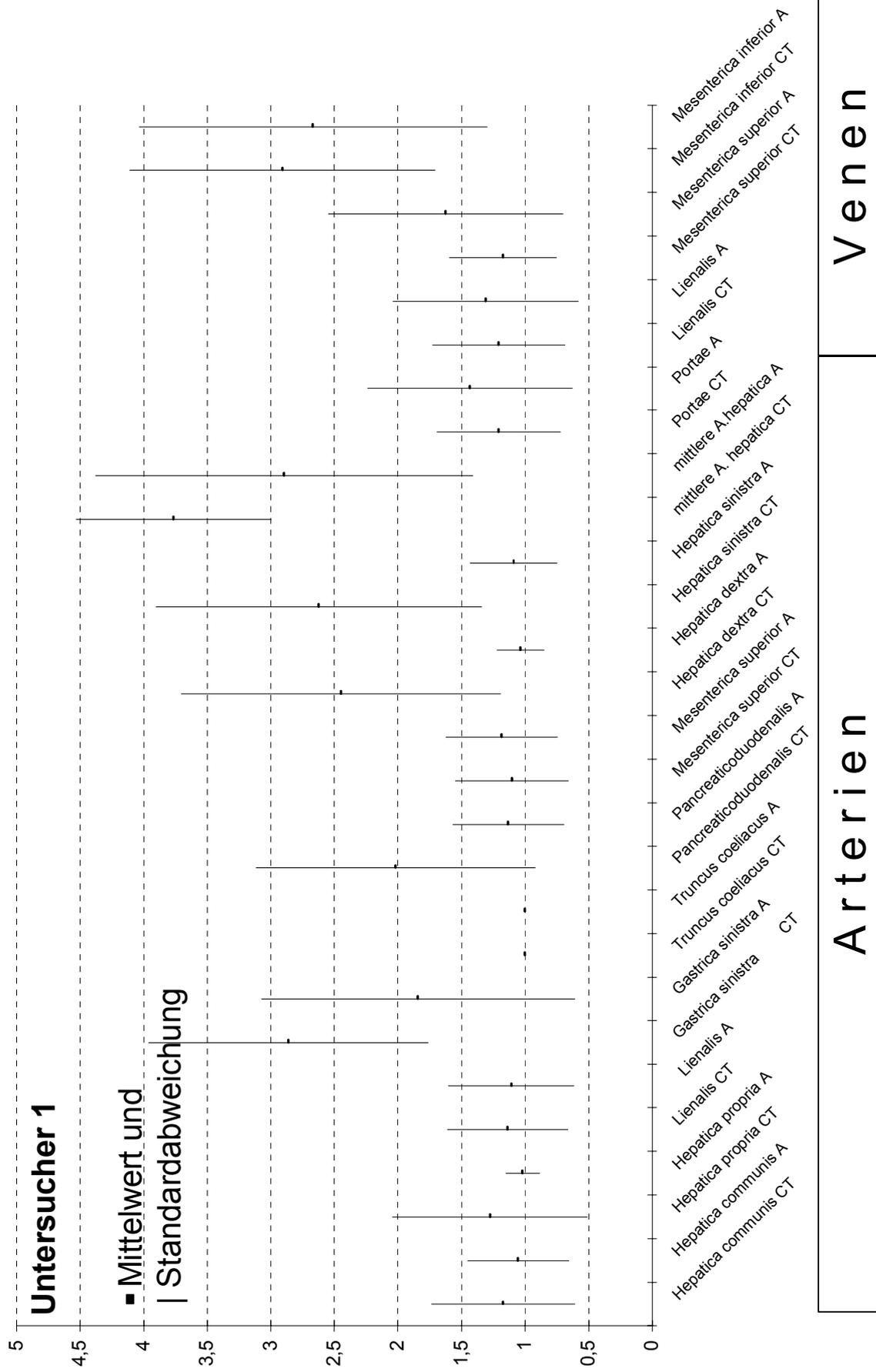
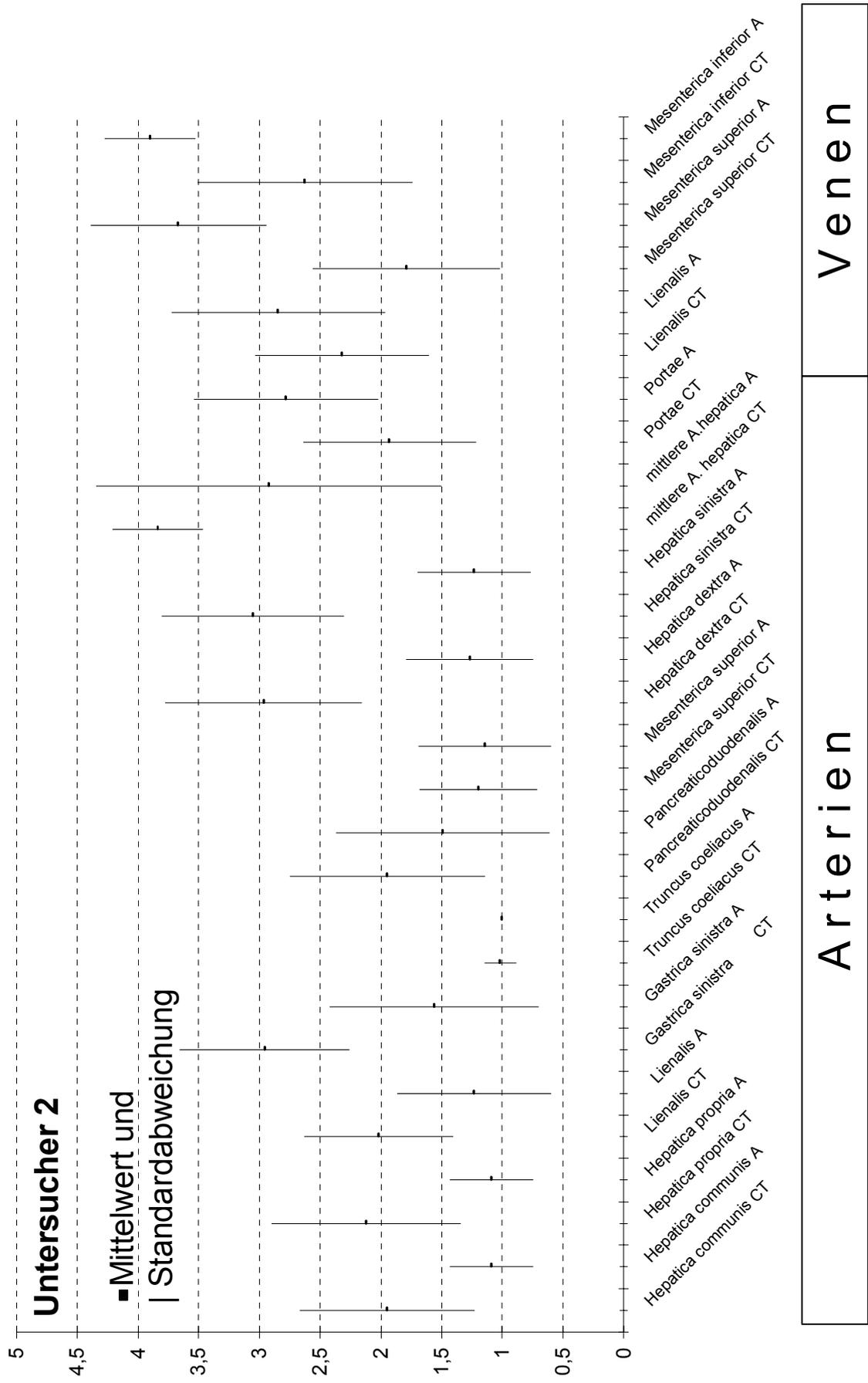


Abbildung 10 – Mittelwert und Standardabweichung für die Bewertung der Gefäße in CT und Angiographie von Untersucher 1

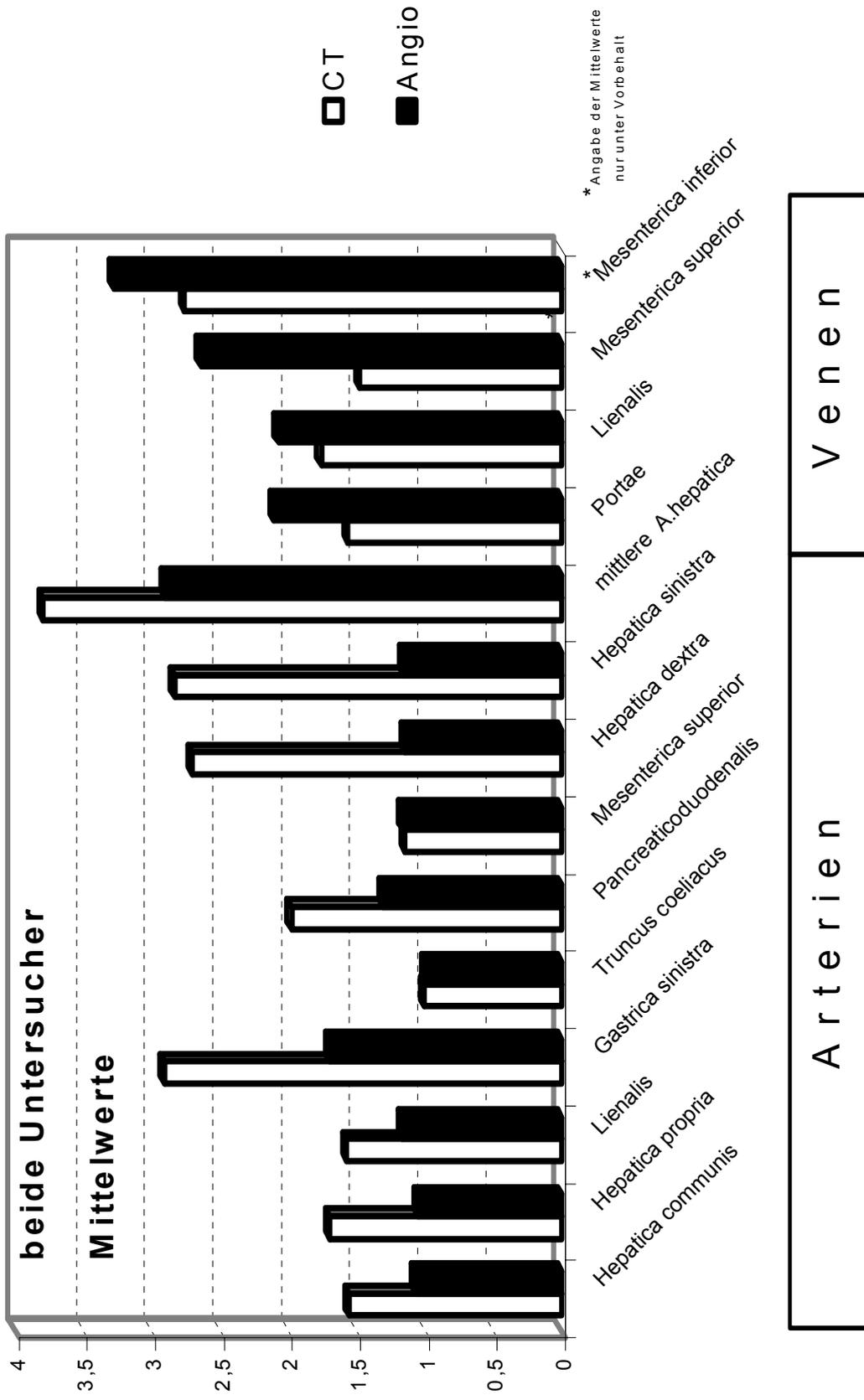
Gefäße, die mit dem Wert 4 bewertet wurden, wurden nicht als solche erkannt !



Arterien	Venen
----------	-------

Abbildung 11 – Mittelwert und Standardabweichung für die Bewertung der Gefäße in CT und Angiographie von Untersucher 2

Gefäße, die mit dem Wert 4 bewertet wurden, wurden nicht als solche erkannt !



V e n e n

A r t e r i e n

Abbildung 12 – Mittelwerte für die Bewertung der Gefäße in CT und Angiographie von beiden Untersuchern

Tabelle 4 – Übersicht der Mittelwerte für die Bewertung der Gefäße in CT und Angiographie

			beide Untersucher		Untersucher 1			Untersucher 2		
			Mittelwert	Mittelwert	Standardabweichung	N = Anzahl der Bewertungen	Mittelwert	Standardabweichung	N = Anzahl der Bewertungen	
Arterien	Hepatica communis	CT	1,6	1,2	0,57	58	1,9	0,72	57	
		A	1,1	1,1	0,40	56	1,1	0,35	56	
	Hepatica propria	CT	1,7	1,3	0,77	58	2,1	0,78	57	
		A	1,1	1,0	0,13	55	1,1	0,35	56	
	Lienalis	CT	1,6	1,1	0,48	58	2,0	0,61	57	
		A	1,2	1,1	0,50	55	1,2	0,63	56	
	Gastrica sinistra	CT	2,9	2,9	1,10	58	3,0	0,70	46	
		A	1,7	1,8	1,23	50	1,6	0,86	50	
	Truncus coeliacus	CT	1,0	1,0	0,00	58	1,0	0,13	58	
		A	1,0	1,0	0,00	57	1,0	0,00	57	
	Pankreatoduodenalis	CT	2,0	2,0	1,10	58	1,9	0,80	55	
		A	1,3	1,1	0,44	53	1,5	0,88	51	
	Mesenterica superior	CT	1,1	1,1	0,45	58	1,2	0,48	56	
		A	1,2	1,2	0,44	51	1,1	0,55	52	
	Hepatica dextra	CT	2,7	2,4	1,26	58	3,0	0,81	56	
		A	1,2	1,0	0,19	57	1,3	0,52	56	
Hepatica sinistra	CT	2,8	2,6	1,28	58	3,1	0,75	56		
	A	1,2	1,1	0,35	56	1,2	0,47	56		
mittlere A.hepatica	CT	3,8	3,8	0,77	21	3,8	0,37	43		
	A	2,9	2,9	1,49	19	2,9	1,42	32		
Venen	Portae	CT	1,6	1,2	0,49	58	1,9	0,71	56	
		A	2,1	1,4	0,81	46	2,8	0,76	46	
	Lienalis	CT	1,8	1,2	0,52	58	2,3	0,72	56	
		A	2,1	1,3	0,73	39	2,8	0,88	46	
	Mesenterica superior	CT	1,5	1,2	0,42	58	1,8	0,77	57	
		A	2,6	1,6	0,92	24	3,7	0,72	21	
	Mesenterica inferior	CT	2,8	2,9	1,20	54	2,6	0,89	50	
		A	3,3	2,7	1,37	12	3,9	0,37	14	

Tabelle 5 – Detektion der Gefäße

Gefäße	Vergleich der Untersuchungsverfahren				Vergleich der Untersucher			
	Untersucher	Untersuchungsverfahren	nicht erkannt	erkannt	Untersuchungsverfahren	übereinstimmen erkannt	unterschiedlich bewertet	
Arterien	A.hepatica communis	Untersucher 1	CT	1	57	CT	57	0
			Angio	1	55			
	Untersucher 2	CT	0	57	Angio	55	1	
		Angio	0	56				
	A.hepatica propria	Untersucher 1	CT	3	55	CT	54	3
			Angio	0	55			
		Untersucher 2	CT	1	56	Angio	54	3
			Angio	0	56			
A.lienalis	Untersucher 1	CT	1	57	CT	56	2	
		Angio	1	54				
	Untersucher 2	CT	0	57	Angio	53	5	
		Angio	1	55				
A.gastrica sinistra	Untersucher 1	CT	22	36	CT	26	23	
		Angio	11	39				
	Untersucher 2	CT	7	39	Angio	39	9	
		Angio	2	48				
Truncus coeliacus	Untersucher 1	CT	0	58	CT	58	0	
		Angio	0	57				
	Untersucher 2	CT	0	58	Angio	57	0	
		Angio	0	57				
A.pankreatico-duodenalis	Untersucher 1	CT	9	49	CT	47	9	
		Angio	0	53				
	Untersucher 2	CT	1	54	Angio	46	9	
		Angio	3	48				
A.mesenterica superior	Untersucher 1	CT	1	57	CT	56	1	
		Angio	0	51				
	Untersucher 2	CT	0	56	Angio	51	0	
		Angio	1	51				

Tabelle 5 - Detektion der Gefäße

Gefäße	Untersucher	Vergleich der Untersuchungsverfahren			Vergleich der Untersucher			
		Untersuchungsverfahren	nicht erkannt	erkannt	Untersuchungsverfahren	übereinstimmen erkannt	unterschiedlich bewertet	
Arterien	A. hepatica dextra	Untersucher 1	CT	18	40	CT	30	24
		Angio	0	57				
	Untersucher 2	CT	12	44	Angio	56	1	
		Angio	0	56				
	A. hepatica sinistra	Untersucher 1	CT	23	35	CT	26	26
			Angio	0	56			
Untersucher 2		CT	13	43	Angio	55	2	
		Angio	0	56				
mittlere A. hepatica	Untersucher 1	CT	19	2	CT	0	9	
		Angio	12	7				
	Untersucher 2	CT	36	7	Angio	5	5	
		Angio	24	8				
V. portae	Untersucher 1	CT	0	58	CT	54	4	
		Angio	2	44				
	Untersucher 2	CT	2	54	Angio	35	11	
		Angio	9	37				
V. lienalis	Untersucher 1	CT	0	58	CT	54	4	
		Angio	1	38				
	Untersucher 2	CT	2	54	Angio	28	24	
		Angio	4	42				
V. mesenterica superior	Untersucher 1	CT	0	58	CT	54	4	
		Angio	2	22				
	Untersucher 2	CT	3	54	Angio	14	12	
		Angio	3	18				
V. mesenterica inferior	Untersucher 1	CT	25	29	CT	21	8	
		Angio	5	7				
	Untersucher 2	CT	29	21	Angio	1	14	
		Angio	6	8				
Venen	V. mesenterica superior	CT	0	58	CT	54	4	
		Angio	2	22				
	V. mesenterica inferior	CT	25	29	CT	21	8	
		Angio	5	7				
V. lienalis	CT	2	54	Angio	28	24		
	Angio	4	42					
V. portae	CT	0	58	CT	54	4		
	Angio	2	44					
A. hepatica dextra	CT	18	40	CT	30	24		
	Angio	0	57					
A. hepatica sinistra	CT	23	35	CT	26	26		
	Angio	0	56					
mittlere A. hepatica	CT	19	2	CT	0	9		
	Angio	12	7					
V. mesenterica superior	CT	0	58	CT	54	4		
	Angio	2	22					
V. mesenterica inferior	CT	25	29	CT	21	8		
	Angio	5	7					
V. lienalis	CT	2	54	Angio	28	24		
	Angio	4	42					
V. portae	CT	0	58	CT	54	4		
	Angio	2	44					
A. hepatica dextra	CT	18	40	CT	30	24		
	Angio	0	57					
A. hepatica sinistra	CT	23	35	CT	26	26		
	Angio	0	56					
mittlere A. hepatica	CT	19	2	CT	0	9		
	Angio	12	7					
V. mesenterica superior	CT	0	58	CT	54	4		
	Angio	2	22					
V. mesenterica inferior	CT	25	29	CT	21	8		
	Angio	5	7					
V. lienalis	CT	2	54	Angio	28	24		
	Angio	4	42					
V. portae	CT	0	58	CT	54	4		
	Angio	2	44					

Um den Unterschied der beiden Untersuchungsverfahren nicht nur anhand eines Vergleichs der Mittelwerte auf der von uns festgelegten Erkennens-Skala zu zeigen, sondern um auch eine absolute Bewertung der Untersuchungsmethoden vornehmen zu können, wurden die Daten auf die zwei Kategorien "erkannt" und "nicht erkannt" reduziert (Tabelle 5 – Detektion der Gefäße "Vergleich der Untersuchungsverfahren"). Aus diesen Daten wurde die Identifikationsrate der Gefäße (Tabelle 6) berechnet und die beiden Untersuchungsverfahren direkt miteinander verglichen.

Der direkte Vergleich zeigt, mit welcher Untersuchungsmethode wie oft jedes Gefäße prozentual erkannt werden konnte (Identifikationsrate) und welches Untersuchungsverfahren qualitativ besser war.

Tabelle 6 – Identifikationsrate der Gefäße in der Computertomographie / Angiographie

Identifikationsrate		CT	Angio	nach McNemar signifikanter Unterschied (p<0,05)
Arterien	A.hepatica communis	98%	95%	-
	A.hepatica propria	95%	95%	-
	A.lienalis	98%	93%	-
	A.gastrica sinistra	37%	67%	-
	Truncus coeliacus	100%	100%	-
	A.pancreaticoduodenalis	84%	91%	-
	A.mesenterica superior	98%	88%	-
	A.hepatica dextra	31%	98%	+
	A.hepatica sinistra	39%	96%	+
	mittlere A.hepatica	3%	12%	-
Venen	V.Portae	100%	75%	+
	V.lienalis	100%	65%	+
	V.mesenterica superior	100%	37%	+
	V.mesenterica inferior	50%	12%	-

Betrachten wir die Identifikationsrate sowohl für die Computertomographie als auch die Angiographie aus der vorhergehenden Tabelle, so war bei den **Arterien** die Identifikationsrate der Angiographie besser oder zumindest vergleichbar gut, wie die der Computertomographie. Größere Unterschiede wurden bei den kleineren arteriellen Gefäßen wie beispielsweise bei den intrahepatischen Gefäßen (A.hepatica dextra und – sin.) festgestellt. Hier war die Identifikationsrate mit 98 % bzw. 96 % in der Angiographie erheblich besser als in der Computertomographie (31 % bzw. 39 %). Dieser Unterschied war nach McNemar signifikant (p<0,05).

In der Angiographie wurden Arterien häufiger erkannt als in der Computertomographie. Berücksichtigt man, daß die Identifikationsrate zu kleineren Gefäßen hin (A.hepatica dextra und –sin.) in der Computertomographie stärker abnahm als in der Angiographie, so zeigt dies, daß der Unterschied bei den kleinen Gefäßen am größten war. Für die kleinen Gefäße (A.hepatica dex. und –sin.) ergab sich ein nach McNemar signifikanter ( $p < 0,05$ ) Unterschied der Untersuchungsverfahren.

**D.h. die Angiographie war bei den Arterien das qualitativ bessere Untersuchungsverfahren, und dies um so mehr je kleiner die Gefäße sind!**

Die Identifikationsrate der Angiographie war bei den **Venen** immer niedriger als die der Computertomographie. Die V.portae, V.lienalis, V.mesenterica superior konnten in der Computertomographie zu 100 % identifiziert werden, während die Identifikationsrate in der Angiographie nur 75 %, 65 % und 37 % betrug. Für diese Gefäße war der Unterschied nach McNemar signifikant ( $p < 0,05$ ). Die V.mesenterica inf. wurde in der Computertomographie mit einer Identifikationsrate von 50 % besser als in der Angiographie (12 %) erkannt. In der Computertomographie wurden häufiger Venen erkannt als in der Angiographie.

**Die Computertomographie war bei den Venen qualitativ das bessere Verfahren!**

#### 4.1.2 Varianten des Tr.coeliacus

In unserem Patientengut fanden sich unter 58 Patienten 15 mit anatomischen Gefäßvariationen. Es fanden sich 8 Fälle mit Varianten des Tr.coeliacus und 15 Fälle mit Varianten der A.hepaticae. Nach unserem Auswerteschema schlossen Varianten des Tr.coeliacus Varianten der A.hepaticae mit ein.

Von insgesamt 8 Varianten des Tr.coeliacus wurden von Untersucher 1 nicht eine einzige Variante durch die Computertomographie richtig erkannt, hingegen alle 8 Varianten durch die Angiographie. Untersucher 2 erkannte durch die Computertomographie 2 der 8 Varianten und durch die Angiographie 5 der 8 Varianten.

Von 15 Varianten der A.hepaticae konnte Untersucher 1 in der Computertomographie 5 richtig beurteilen, in der Angiographie wurden alle 15 richtig bewertet. Untersucher 2 erfaßte in der Computertomographie 5 von 15 Varianten, und in der Angiographie nur 8.

Varianten des Tr.coeliacus und der A.hepaticae wurden von beiden Untersuchern nur eindeutig in der Angiographie erkannt. Es gab keinen Fall, in dem mit Hilfe der Information aus der Computertomographie eine zusätzliche Variante festgestellt wurde. Die sichere richtige Identifikation aller Varianten war nur in der Angiographie möglich.

Bei der Auswertung der Gefäßvarianten stellten wir fest, daß in 5 von insgesamt 23 (= 8 + 15) Varianten des Tr.coeliacus **und** der A.hepaticae unser Untersuchungsschema nicht ausreichte, um diese Variationen zu erfassen. Abbildung 13 und 14 zeigen als Beispiel die angiographischen Bilder eines Patienten.

Folgende 5 Varianten konnten nicht durch die Standardklassifikation nach Michels eingeteilt werden:

- 1) Direkter Gefäßabgang der A.hepatica com. aus der Aorta (Abbildung 13 und 14); Häufigkeit 2% [13]
- 2) Akzessorische A.hepatica sin. aus der A.lienalis
- 3) Der Fall einer doppelt angelegten A.hepatica. Nach Definition gibt es dann keine A.hepatica com. und die A.gastroduodenalis geht entweder von der rechten oder linken A.hepatica ab. Häufigkeit 3,7% [13]
- 4) Frühe Aufzweigung der A.hepatica dex. und –sin. direkt vom Tr.coeliacus aus
- 5) Frühe Aufzweigung der A.hepatica dex. in einen anterioren und posterioren Anteil

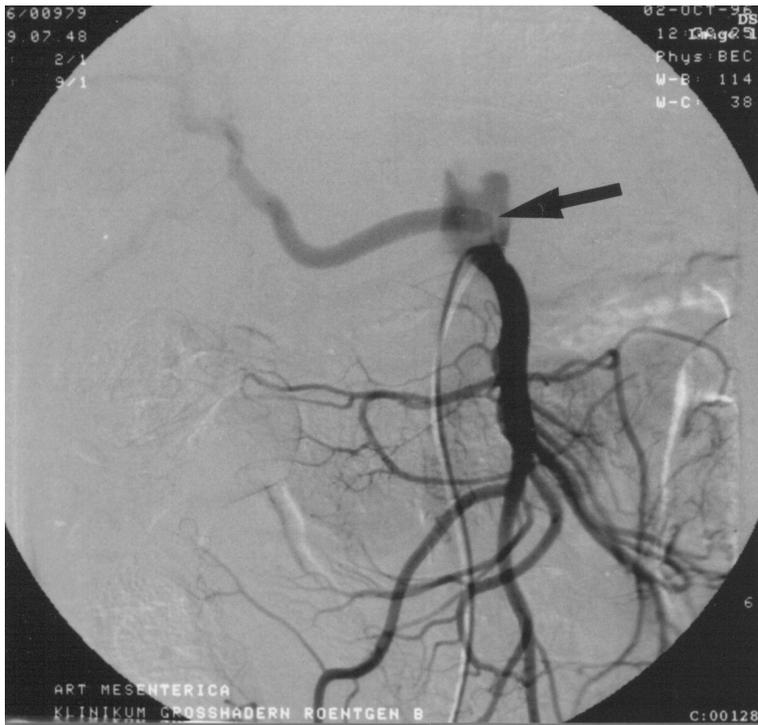


Abbildung 13 – Direkter Gefäßabgang der A.hepatica com. aus der Aorta

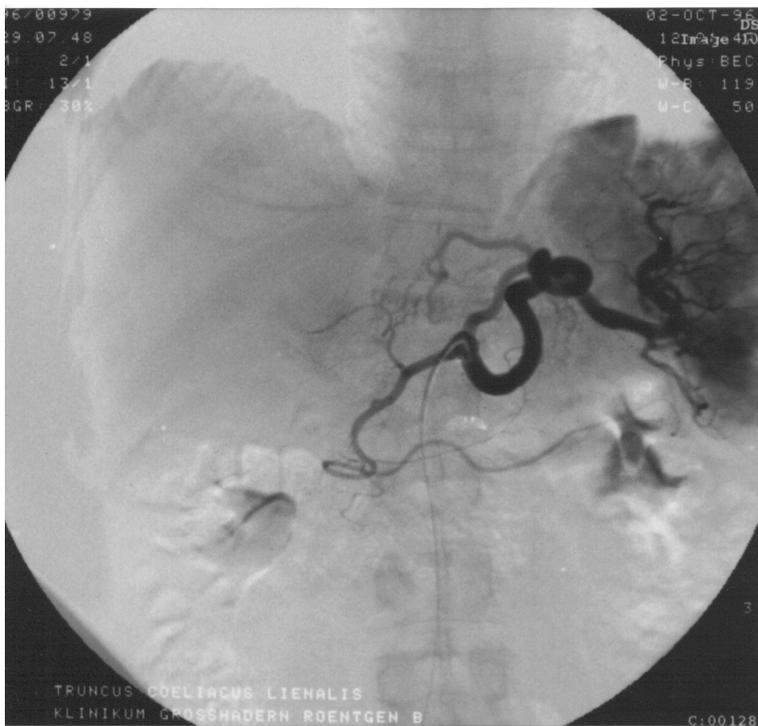


Abbildung 14 – Tr.coeliacus mit A.lienalis, A.gastrica sin. und A.gastroduodenalis

### 4.1.3 Diagnostische Effizienzparameter der Untersuchungsverfahren

Tabelle 7 – Vierfeldertafeln CT / Angiographie

		Untersucher 1				Untersucher 2			
		r+	f+	f-	r-	r+	f+	f-	r-
HCC	CT	23	6	9	20	30	18	2	8
	Angio	17	2	15	24	28	12	4	14
Metastasen	CT	19	8	2	29	11	6	10	31
	Angio	10	4	11	33	10	5	11	11

r + = richtig positiv                      f + = falsch positiv  
 r - = richtig negativ                      f - = falsch negativ

Aus Tabelle 7 wurden die diagnostische Treffsicherheit, die Gesamt-Sensitivität für HCC und Metastasen zusammen, die spezifische Sensitivität für HCC bzw. für Metastasen sowie die dazugehörige Spezifität berechnet (Tabelle 8).

Tabelle 8 – Übersicht Diagnostische Effizienzparameter der Untersuchungsverfahren

		Untersucher 1		Untersucher 2	
diagnostische Treffsicherheit	CT	75,9%		74,1%	
	Angio	51,7%		68,0%	
Sensitivität <sub>HCC</sub>	CT	71,8%	76,9%	93,7%	30,1%
	Angio	53,1%	92,3%	87,5%	53,8%
Sensitivität <sub>Metastasen</sub>	CT	90,5%	78,3%	52,4%	83,7%
	Angio	47,6%	89,2%	47,6%	68,7%
Gesamt-Sensitivität HCC + Metastasen	CT	79,2%	77,7%	77,4%	61,9%
	Angio	50,9%	90,5%	71,7%	59,5%
		Spezifität		Spezifität	

## 4.1.4 Pathologische Veränderungen

### 4.1.4.1 Tumorgröße und Lokalisation betroffener Segmente

#### Tumorgröße

Bis auf 14 Fälle, die von Untersucher 2 in der Angiographie falsch befundet wurden, waren alle Angaben über die Tumorgröße in beiden Untersuchungsverfahren bei beiden Untersuchern gleich. Das Konsensus-Reading zeigte, daß Untersucher 2 14 mal falsch einen Tumor mit Größenangabe in der Angiographie angab, obwohl kein Tumor in der Angiographie zu erkennen ist. Es wurde aber in allen 14 Fällen ein Tumor in der Computertomographie von beiden Untersuchern mit ähnlicher Größe beschrieben. Die definitiv gesicherte Diagnose war in allen 14 Fällen ein HCC bzw. eine Metastase.

Insgesamt gab es bei einer Tumorgröße von 2 cm nur 3 Patienten mit einem solitären fokalen Leberbefall. In allen drei Fällen konnte die Diagnose nur mit Hilfe der Computertomographie gestellt werden! Die Läsionen wurden nicht in der Angiographie festgestellt. Bei einem Patienten (Pat.-Nr. 34) wurde von Untersucher 2 ein 1 bis 2 cm großer Tumor in der Computertomographie übersehen. Untersucher 1 stellte aufgrund der Computertomographie die richtige Diagnose einer hypovaskularisierten Metastase. Abbildung 15 zeigt die Abdomen-Computertomographie und Abbildung 16 (a,b) die angiographischen Bilder.

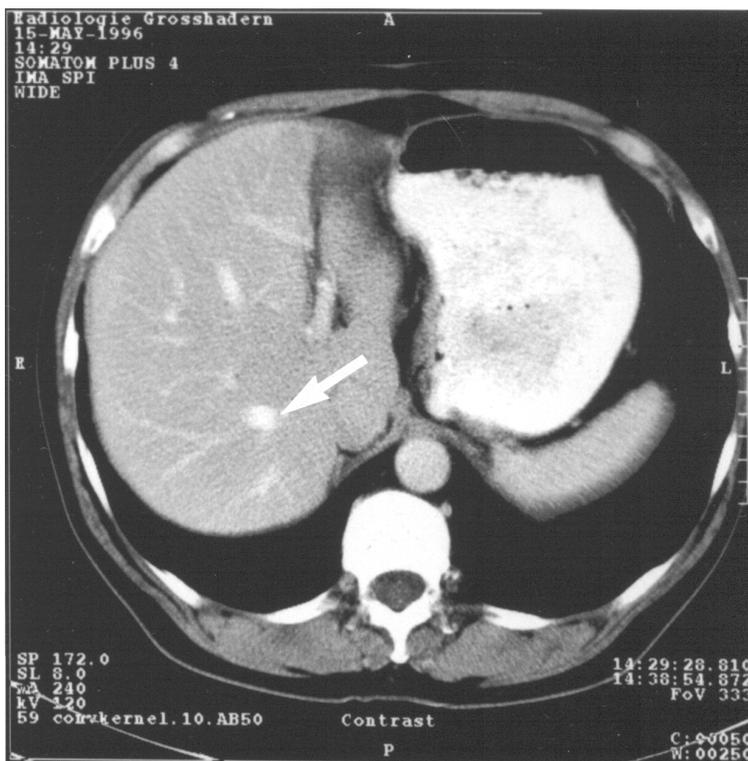


Abbildung 15 – Computertomographischer Nachweis einer hyperdensen Leberläsion (1-2 cm) in der portalvenösen Phase (weißer Pfeil)

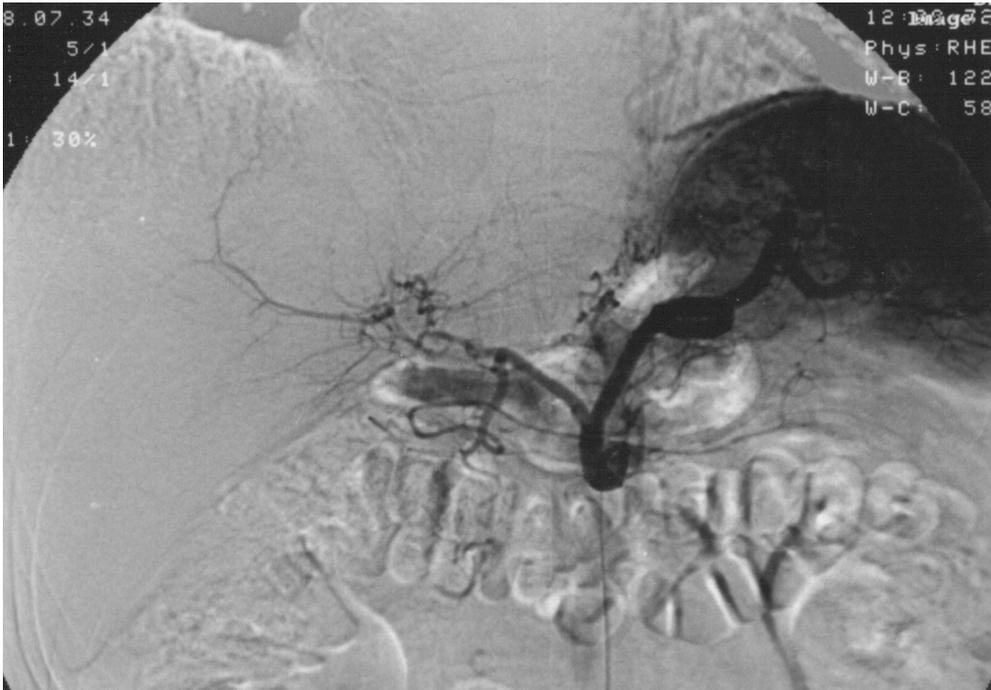


Abbildung 16 (a) – Leberangiographie: kein Tumornachweis; Darstellung der arteriellen Leberversorgung vom Tr.coeliacus aus

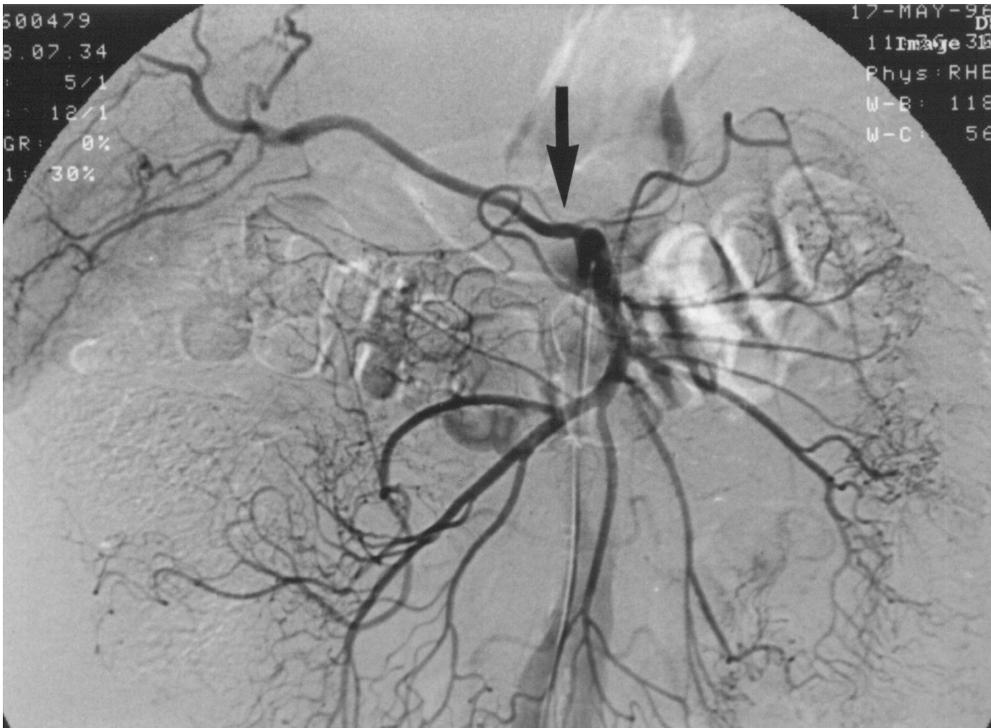


Abbildung 16 (b) – Leberangiographie: kein Tumornachweis; Truncus hepatomesentericus (Pfeil zeigt eine abberante A.hepatica dex. aus der A.mesenterica sup.)

Im Konsensusreading wurde deutlich, daß unterschiedliche Größenangaben der Leberläsion oft auf unterschiedlichen Interpretationen des Befundes beruhen. Beispielsweise wurde bei Patient 18 die Tumorgröße als der Tumor und das durch ihn bedingt gestört perfundierte Areal interpretiert. Untersucher 1 gab aber hier nur die Größe des Tumors selbst an. Bei multiplem Organbefall der Leber konnte oft auch nicht sicher unterschieden werden, ob 2 Tumoren noch getrennt sind oder bereits ineinander übergehen, weshalb unterschiedliche Größenangaben vorlagen.

In der Computertomographie konnte bei 53 von 53 pathologischen Fällen, fast doppelt so oft wie in der Angiographie (27 Fälle), Angaben über die Tumorgröße gemacht werden.

### **Lokalisation betroffener Segmente**

In der Computertomographie wurde von Untersucher 2 in 3 Fällen, und bei einem von diesen Fällen auch in der Angiographie, durch die nicht korrekte Angabe der betroffenen Segmente ein zusätzlich den Leberlappen überschreitender Prozeß befundet. Bei Untersucher 1 kam es zu keiner Segmentangabe, die fälschlicherweise das Tumorstaging lappenüberschreitend hätte werden lassen.

Computertomographisch wurden 309 betroffene Lebersegmente beschrieben, angiographisch nur 205. In der Computertomographie wurden bis zu ein Drittel mehr befallene Lebersegmente festgestellt. Dies sind 104 befallene Segmente, die bei 53 Patienten mit bösartiger Grunderkrankung nicht in der Angiographie erkannt werden konnten.

In der Computertomographie wurden 70 % (=218/309) der Segmente gleich befundet, in der Angiographie nur 38 % (78/205). Dies sind 32 % mehr Lebersegmente, die in der Computertomographie von beiden Untersuchern gleich beschrieben werden konnten. Die Angabe der Lokalisation betroffener Segmente war in der Computertomographie genauer und einfacher.

#### **4.1.4.2 Tumorversorgende Gefäße**

In je 23 Fällen wurden in der Computertomographie und der Angiographie Tumorgefäße beschrieben. Nur in 15 Fällen wurden übereinstimmend in beiden Untersuchungen Tumorgefäße erkannt.

Von den 23 Fällen in der Computertomographie wurden 3 Fälle mit multiplen Tumorgefäßen beschrieben, 6 mal die Vaskularisation als diffus bewertet und 23 Gefäße als Tumorgefäße gedeutet. Von den 23 Fällen in der Angiographie wurde ein Fall mit multiplen Tumorgefäßen beschreiben, 14 mal die Vaskularisation als diffus bewertet und 25 Gefäße als Tumorgefäß erkannt.

In der Angiographie wurden mehr Tumorgefäße erkannt als in der Computertomographie. Eine Korrelation zwischen Tumorgröße und Anzahl an tumorversorgenden Gefäßen konnte nicht hergestellt werden.

#### **4.1.4.3 Tumoreinbruch und Thromben in der V.portae**

##### **Tumoreinbruch**

Mit beiden Untersuchungsverfahren zusammen wurde bei 8 von 53 Patienten mit maligner Grunderkrankung ein Tumoreinbruch in die Venen der V.portae diagnostiziert. Bei 6 Patienten wurde ein Tumoreinbruch in der Computertomographie und bei 7 Patienten in der Angiographie festgestellt. Übereinstimmend wurde dies bei 5 Patienten in beiden Untersuchungsverfahren erkannt. Bei den übrigen 3 Patienten wurde einmal in der Computertomographie und zweimal in der Angiographie der Tumoreinbruch festgestellt. Bei 6 von 8 Patienten, bei denen ein Tumoreinbruch festgestellt worden war, wurde in der Computertomographie auch eine Thrombose erkannt. Bei einem der übrigen 2 Patienten wurde in der Angiographie die Thrombose gesehen.

##### **Thromben**

Thromben in der V.portae und ihrer Aufzweigungen wurden in der Computertomographie bei 11 Patienten festgestellt, übereinstimmend davon in der Angiographie bei 4 Patienten. Dreimal wurde eine Thrombose in der Angiographie nicht beschrieben und bei den übrigen 4 Patienten war die portal-venöse Phase in der Angiographie nicht gut genug dokumentiert.

#### **4.1.4.4 Früharterielle Perfusionsphänomene**

Perfusionsanomalien in der frühen arteriellen Phase konnten in 25 Fällen erkannt werden. 21 mal in der Computertomographie, 10 mal in der Angiographie und 9 mal wurden sie in beiden Untersuchungen beschrieben.

19 von 32 HCC-Patienten hatten früharterielle Perfusionsphänomene. Von den restlichen 6 Patienten mit früharteriellen Perfusionsanomalien, hatten vier Metastasen eines Adeno-Karzinoms des Kolons, einer eine Metastase eines Mamma-Karzinoms und einer ein Leber-Hämangiom, wobei 5 eine Variante der arteriellen Leberversorgung hatten.

Früharterielle Perfusionsphänomene waren in unserer Studie in 24 von 25 Patienten mit einem bösartigen Leberbefall korreliert.

#### 4.1.4.5 Tr.coeliacus Stenose

Eine Stenose des Tr.coeliacus wurde in der Angiographie bei 6 Patienten festgestellt, in der Computertomographie nur bei einem Patienten. Nur dieser eine Patient ist in beiden Untersuchungen gleich beurteilt worden. In der Computertomographie konnte bei den restlichen 5 Patienten eine Stenose des Tr.coeliacus nicht festgestellt werden. Ein in der Angiographie als hochgradige Abgangsstenose beurteilter Befund, der eine weitere detaillierte Beurteilung nicht zuließ, ist in der Computertomographie als anatomische Variante eines Tr.coeliacomesentericus (gemeinsamer Abgang von Tr.coeliacus und A.mesenterica superior) bewertet worden. Weitere pathologische Veränderungen bei Tr.coeliacus Stenose bzw. Verschuß (Abbildung 17 und 18) wie die Strömungsumkehr in der A.pankreaticoduodenalis oder in einem anderen Fall kollaterale Gefäße der A.lienalis, wurden nur in der Angiographie erkannt.

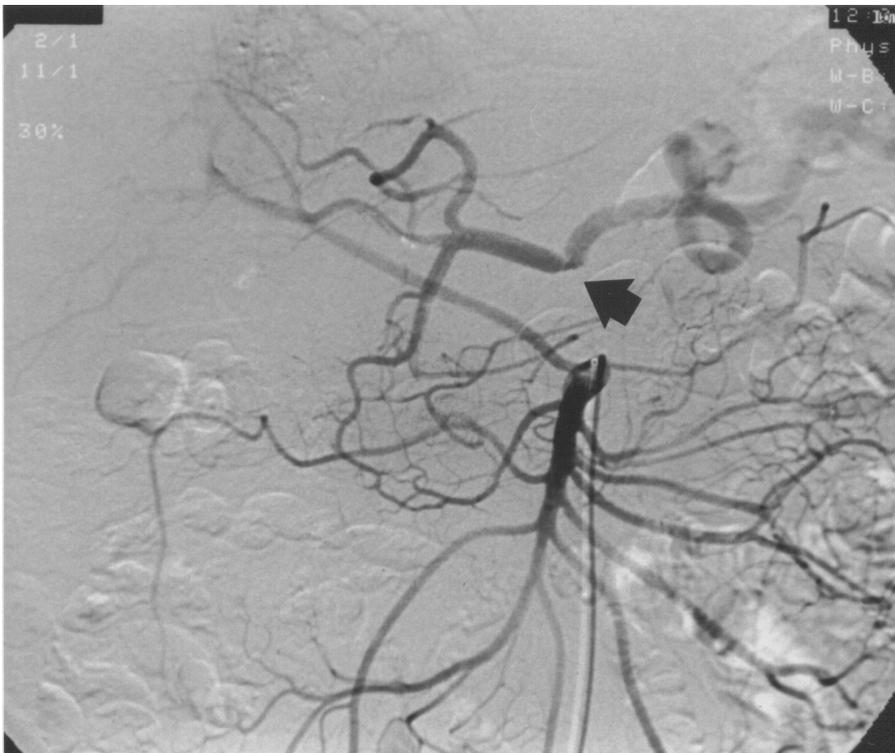


Abbildung 17 – Truncus coeliacus Verschuß

Der Pfeil zeigt den Verschuß des Tr.coeliacus, die arterielle Blutversorgung der Leber erfolgt retrograd über die A.pankreaticoduodenalis und antegrad über eine abberante A.hepatica dex. aus A.mesenterica superior.

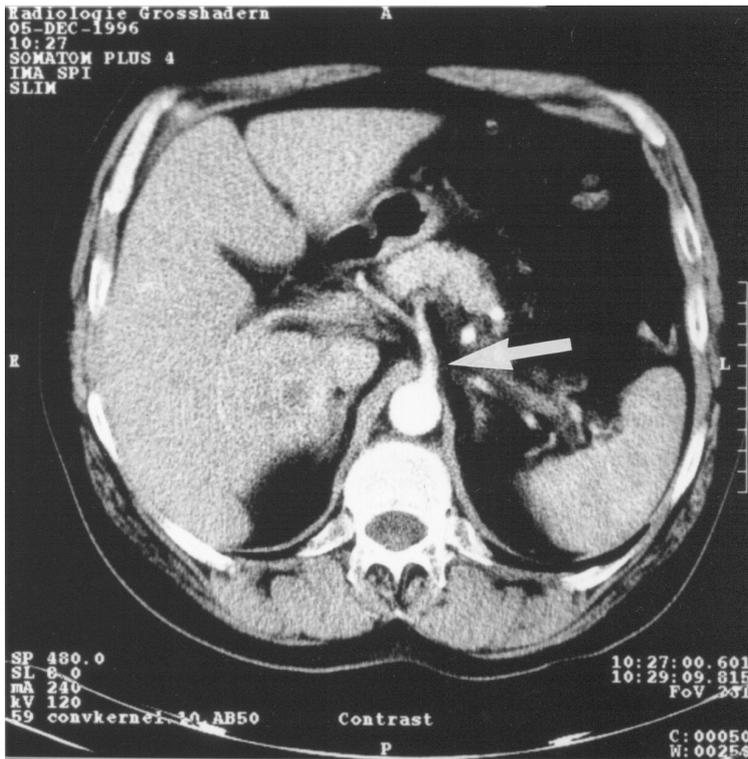


Abbildung 18 – Abgang des Tr.coeliacus: Verschluss computertomographisch nicht nachweisbar

#### 4.1.4.6 Umgehungskreisläufe

Umgehungskreisläufe sind bei 14 von 53 Patienten mit maligner Grunderkrankung beschrieben worden. Mit beiden Untersuchungsverfahren konnte insgesamt 32 mal ein Umgehungskreislauf beschrieben werden. In der Computertomographie wurde 24 mal und in der Angiographie nur 8 mal ein Umgehungskreislauf festgestellt. Nur 5 von 32 Umgehungskreisläufen (Tabelle 9) wurden in beiden Untersuchungen gleich bewertet. Durch die Computertomographie alleine wurden somit 19 (=24-5) beschrieben, die Angiographie beschrieb 3 mal Umgehungskreisläufe, die in der Computertomographie nicht erkannt wurden.

Von den 14 Patienten mit Umgehungskreisläufen hatten 12 ein HCC, 1 Patient hatte ein differenziertes Adeno-Karzinom des Kolons mit Leberzirrhose und bei einem Patienten wurde histologisch eine kleinknotige Zirrhose ohne Anhalt für Malignität gesichert.

Tabelle 9 – Umgehungskreisläufe in CT und Angiographie

	CT	Angio	übereinstimmend
co.=coronary vein	1		
e.=esophageal veins	2		
s.g.=short gastric vein	10	5	3
g.e.=gastroepiploic vein	3	2	1
pu.=paraumbilical vein	1		
c.y.=cystic vein			
Sp.r. = Conections between the splenic vein and the left renal vein	4	1	1
Sp.c. = Collateral veins connecting the splen and the hepatodistal part of the splenic vein to systemic veins in the lateral abdominal wall	3		
d. = diaphragmatic veins			
p.c. = pericardial veins			
Haz. = hemiazygos vein			

## 4.2 Vergleich der Untersucher

### 4.2.1 Übereinstimmende Identifikation der Gefäße

Bei den großen **Arterien** (bis auf A.gastrica) war die Übereinstimmung der Untersucher in der Bewertung für CT bzw. Angiographie praktisch immer gegeben. Von den Arterien besonders häufig nicht übereinstimmend identifiziert wurden die A.gastrica sinistra und die intrahepatischen Arterien. Die A.gastrica sinistra wurde in der Computertomographie 23 mal und in der Angiographie 9 mal von den Untersuchern unterschiedlich beurteilt. Bei den kleinen intrahepatischen Arterien war dieser Unterschied noch größer. Die A.hepatica dextra wurde 24 mal unterschiedlich in der Computertomographie bewertet, während sie in der Angiographie nur 1 mal unterschiedlich beurteilt wurde (Tabelle 5 – Detektion der Gefäße “Vergleich der Untersucher”).

In der Angiographie wurden die A.gastrica sinistra und die kleinen intrahepatischen Arterien mit einer größeren Übereinstimmung und einer besseren Identifikationsrate (Tabelle 6) erkannt als in der Computertomographie. Alle übrigen Arterien wurden in Computertomographie und Angiographie mit fast vollkommener Übereinstimmung von beiden Untersuchern identifiziert.

Bei den **Venen** fällt dieser Vergleich der Untersucher zu Gunsten der Computertomographie aus. In der Computertomographie wurden Venen mit größerer Übereinstimmung (Tabelle 5 – Detektion der Gefäße “Vergleich der Untersucher”) und besserer Identifikationsrate (Tabelle 6) als in der Angiographie erkannt.

Die V.portae wurde 54 mal in der Computertomographie und nur 35 mal in der Angiographie übereinstimmend identifiziert. In der Computertomographie wurde sie 4 mal und in der Angiographie 11 mal unterschiedlich beurteilt. Bei der V.lienalis und der V.mesenterica sup. und -inf. ist dieser Unterschied zwischen Computertomographie und Angiographie noch deutlicher.

Große Arterien und Venen wurden mit größerer Übereinstimmung von den Untersuchern in beiden Untersuchungsverfahren identifiziert als die kleinen Gefäße. Es werden mehr Gefäße übereinstimmend erkannt und weniger Gefäße unterschiedlich beurteilt.

#### **4.2.2 Bewertung der Tr.coeliacus Varianten**

Untersucher 1 konnte bei allen 15 Patienten die anatomische Gefäßanomalie richtig erkennen. Bei Untersucher 2 waren es immerhin 6 Patienten, die genau gleich bewertet wurden, 2 weitere bei denen eine anatomische Variante erkannt wurde, die exakte Beurteilung aber nicht vollständig war. Und bei den restlichen 7 Patienten erkannte Untersucher 2 die anatomische Variante nicht.

Die Gefäßvarianten wurden in der Angiographie mit größerer Übereinstimmung bewertet als in der Computertomographie. Die richtige Beurteilung der Gefäßanatomie war nur in der Angiographie möglich. In keinem Fall ist eine zusätzliche Gefäßvariation in der Computertomographie entdeckt worden. In allen 15 Fällen wurden die anatomischen Gefäßanomalien nur in der Angiographie sicher erkannt.

#### **4.2.3 Diagnostische Effizienzparameter**

Betrachten wir noch einmal die Tabelle 8 mit der Übersicht über die Diagnostischen Effizienzparameter. Untersucher 2 und 1 waren mit einer Gesamt-Sensitivität von 77,4 % bzw. 79,2 % gleich gut in der Computertomographie. In der Angiographie ist Untersucher 2 mit einer Sensitivität von 71,7 % besser als Untersucher 1 (nur 50,9 %). In beiden Untersuchungsverfahren hat Untersucher 1 eine bessere Spezifität als Untersucher 2. Besonders in der Angiographie erreicht er mit 90,5 % eine sehr viel höhere Spezifität als Untersucher 2 (59,5 %).

#### **4.2.4 Übereinstimmende Identifikation betroffener Lebersegmente**

Untersucher 2 hat 67 % aller pathologisch betroffener Lebersegmente sowohl in der Computertomographie als auch in der Angiographie übereinstimmend beschrieben, während es bei Untersucher 1 nur 56 % waren. Der Prozentsatz an Lebersegmenten, die in Computertomographie und Angiographie gleich befundet wurden, liegt je nach Untersucher zwischen 56 % und 67 %.

## 5 Diskussion

### 5.1 Qualität der Gefäßdarstellung im Abdomen – CT versus Angiographie

Bisher wurden die Computertomographie und die Angiographie bezüglich der Detektion und Charakterisierung der Oberbauchgefäße noch nie systematisch verglichen.

In der Literatur finden sich nur wenige Angaben über die Identifikationsrate (Tabelle 10), mit der abdominelle Gefäße im Versorgungsgebiet des Tr.coeliacus und der A.mesenterica sup. in der Computertomographie und in der Angiographie erkannt werden konnten [5, 19, 81].

Tabelle 10 - Historischer Überblick über die Identifikationsraten in CT / Angiographie

#### Identifikationsrate

Author / Jahr		unsere Studie 1999		Freund 1996		Sponza 1993		Aspestrand 1992	
Anzahl Patienten = n		n = 58		n = 22		n = 100		n = 25	
Untersuchungsverfahren		CT	Angio	CT	Angio	CT	Angio	CT	Angio
Arterien	A.hepatica communis	98%	95%	100%	100%	100%		100%	100%
	A.hepatica propria	95%	95%			40%		72%	100%
	A.lienalis	98%	93%	100%	100%	97%			
	A.gastrica sinistra	37%	67%	100%	100%	82%			
	Truncus coeliacus	100%	100%			100%			
	A.pancreaticoduodenalis	84%	91%			70%			
	A.mesenterica superior	98%	88%	100%	100%	100%			
	A.hepatica dextra	31%	98%			53%			
	A.hepatica sinistra	39%	96%			39%			
	mittlere A.hepatica	3%	12%						
Venen	V.Portae	100%	75%	100%	100%			96%	96%
	V.lienalis	100%	65%	100%	100%			91%	91%
	V.mesenterica superior	100%	37%	100%	100%			96%	96%
	V.mesenterica inferior	50%	12%						

Einige Autoren [19, 30, 37] geben die Identifikationsrate des Tr.coeliacus, der A.mesenterica superior und der A.lienalis mit 100% in beiden Untersuchungsverfahren an. Die A.mesenterica sup. wurde in der Angiographie nur in 88 % der Fälle identifiziert. Da jedoch nur in 51 Fällen die A.mesenterica sup. vollständig dokumentiert war, liegt die eigentliche Detektionsrate bei 100 % und entspricht damit den Daten, die in der Literatur mitgeteilt werden. Für die Identifikationsrate war es möglich, einen Vergleich mit der Literatur (Tabelle 10) vorzunehmen, während es bei den von uns berechneten Mittelwerten für die Bewertung der Gefäße keine vergleichbare Literatur gab.

## 5.1.1 Arterien / Venen

### Arterien

Die Angiographie war bei den Arterien immer ein wenig besser als die Computertomographie. Dies gilt sowohl für die Mittelwerte, als auch für die Identifikationsrate. Alle Arterien wurden folglich in der Angiographie qualitativ besser beurteilt und wurden außerdem öfter als mit der Computertomographie erkannt.

Besonders deutlich war das bessere Abschneiden der Angiographie bei der A.gastrica sinistra und den kleinen intrahepatischen Gefäßen. In der Angiographie hatte die A.gastrica sinistra eine mittlere Bewertung von 1,7 und eine Identifikationsrate von 67%, in der Computertomographie war der Mittelwert für die Bewertung nur 2,9 und die Identifikationsrate betrug nur 37 %. Bei den intrahepatischen Gefäßen (A.hepatica dex. und –sin.) war dieser Unterschied der Untersuchungsmethoden noch größer. Die Identifikationsrate in der Angiographie lag zwischen 98 % und 96 % mit einem Mittelwert von je 1,2 , während die A.hepatica dex. und -sin. in der Computertomographie nur zu 31 % und 39 % mit einem Mittelwert von 2,7 und 2,8 identifiziert wurden. Für die intrahepatischen Gefäße (A.hepatica dex. und –sin.) war der Unterschied der Untersuchungsverfahren nach McNemar signifikant ( $p < 0,05$ ). Es zeigte sich, je kleiner die Arterien waren, desto besser wurde die Angiographie gegenüber der Computertomographie [19]. Nur in der Angiographie wurden kleine arterielle Gefäße wie die A.hepatica dex. und –sin. sicher erkannt. Größere Arterien, wie die A.hepatica communis und die A.pankreaticoduodenalis, die weiter zentral liegen, wurden in der Computertomographie nur selten abweichend von der Angiographie beurteilt. Wie erwartet, wurden die großen Arterien wie der Tr.coeliacus, die A.mesenterica sup. und die A.lienalis in beiden Untersuchungsverfahren identisch bewertet. Die Identifikationsrate und die Mittelwerte waren gleich.

Die A.gastrica sin. (CT / Angio - Identifikationsrate 37 % / 67 %) wurde im Vergleich zu den beiden anderen Gefäßabgängen des Tr.coeliacus, der A.hepatica communis (98% / 95%) und der A.lienalis (98% / 93%) schlechter identifiziert. Die Größe des Gefäßdurchmessers kann nicht der Grund für die schlechte Identifikationsrate der A.gastrica sinistra in der Computertomographie sein, denn selbst kleinere Gefäße, die noch weiter peripher sind, wie z.B. die A.pankreaticoduodenalis (84% / 91%) , wurden häufiger identifiziert. Es läßt sich vermuten, daß sich die schlechte Identifikationsrate der A.gastrica sinistra ursächlich auf die topographische Lage und die transversale Schnittbildgebung der Computertomographie zurückführen läßt. Als Grund muß die große Lagevariabilität der A.gastrica sin. angenommen werden. Der Gefäßabgang der A.gastrica sinistra variiert von der Aorta, über den Truncus selbst bis hin zur Trifurcation des Truncus [93].

### Venen

Wie schon im Ergebnisteil gezeigt, verhält es sich bei den Venen umgekehrt. Sowohl die Identifikationsrate als auch die Mittelwerte zeigen, daß Venen in der Computertomographie besser erkannt und öfter als in der Angiographie identifiziert wurden. Für die großen Venen (V.portae, die V.lienalis und die V.mesenterica sup.) ergab sich ein signifikanter Unterschied ( $< 0,05$ ) zwischen den Untersuchungsverfahren. Die V.portae, die V.lienalis und die V.mesenterica sup. wurden übereinstimmend mit der Literatur [5, 19] in der

Computertomographie zu 100 % identifiziert, während die Identifikationsrate in der Angiographie nur 75 %, 65 % bzw. 37 % beträgt. Bei diesen Venen waren auch die Mittelwerte mit 1,6 , 1,8 und 1,5 in der Computertomographie besser als 2,1 , 2,1 und 2,6 in der Angiographie. Die V.mesenterica inferior konnte in der Computertomographie mit einer Identifikationsrate von noch 50 % besser als in der Angiographie (12 %) erkannt werden. Allerdings läßt sich einschränkend sagen, daß vor dem Hintergrund einer oft nicht zufriedenstellend dokumentierten portal-venösen Phase in der Angiographie bei der von uns durchgeführten Studie, sich diese Aussage wieder etwas zugunsten der Angiographie verbessert.

### 5.1.2 Identifikation von anatomischen Gefäßvarianten

Die Überlegenheit der Angiographie bei der Identifikation von Gefäßvariationen konnte eindeutig nachgewiesen werden. Alle 8 Varianten des Tr.coeliacus und alle 15 Varianten der A.hepaticae wurden richtig in der Angiographie beschrieben. In der Computertomographie wurde nur 1 Variante des Tr.coeliacus und 5 Varianten der A.hepaticae beschrieben und außerdem wurde nur in der Computertomographie Varianten falsch positiv beschrieben. Unsere Studie zeigt, daß Varianten des Tr.coeliacus und der A.hepaticae nur in der Angiographie richtig und eindeutig erkannt werden konnten. Es gibt Studien, in denen zwar in beiden Untersuchungsverfahren der Tr.coeliacus und seine Varianten mit perfekter Übereinstimmung entdeckt werden konnten [19, 30, 81], jedoch wurde auch schon gezeigt, daß die exakte Identifizierung von abberanten Leberarterien alleine in der Computertomographie nicht möglich war, und zur Darstellung der exakten Gefäßanatomie in 14 von 24 Fällen nicht auf eine Angiographie verzichtet werden konnte [9].

Nach Michels [53] bzw. Covey [13] ist die "normale" Aufteilung des Tr.coeliacus mit A.hepatica communis in A.dextra und -sinistra in 55% bzw. 61% der Bevölkerung der Fall. In einer anderen Studie fanden sich in 33,8 % der Fälle abberante bzw. akzessorische Leberarterien und in 6,7 % der Fälle stellten sich Variationen des Tr.coeliacus dar [61]. Man kann also davon ausgehen, daß man bis in zu 39% [13], 45 % [53] bzw. 25-35 % [20] aller Fälle anatomische Anomalien des Tr.coeliacus findet.

In unsere Studie fanden sich in 14% (=8) aller Fälle (=58) Varianten des Tr.coeliacus und in 40% (=23) Varianten der A.hepaticae. In 5 von den insgesamt 23 Varianten des Tr.coeliacus **und** der A.hepaticae, also fast in jedem vierten Fall, war das Untersuchungsschema nicht ausreichend, um alle diese anatomischen Variationen zu erfassen. In den uns vorliegenden Fällen handelte es sich vornehmlich um kleinere Variationen, die durch keine bisherige Beschreibung vollständig erfaßt wurden. Auch die Untersuchung von Covey et al. [13] zeigte, daß 7,5% (=45) aller Fälle (=600), das sind 45 von 232 Varianten des Tr.coeliacus, nicht nach Michels [53] Standard Klassifikation eingeteilt werden konnten.

### 5.1.3 Vergleich der diagnostischen Effizienzparameter

Die diagnostische Treffsicherheit, d.h. der prozentuale Anteil der richtigen Diagnosen an allen Diagnosen, lag in unserer Studie mit der Computertomographie bei 75% und mit der Angiographie je nach Untersucher zwischen 51% und 68% (Tabelle 8).

Zur Sensitivität bei den Diagnosen von HCC (Tabelle 11) und Lebermetastasen (Tabelle 12) wurden die Ergebnisse verschiedener Studien für beide Untersuchungsverfahren im Verlauf der letzten 15 Jahre angegeben. Bei Studien, in denen die Sensitivität in Abhängigkeit von der Tumorgöße berechnet wurde, wurde die Tumorgöße mit angegeben.

Tabelle 11 – Sensitivität HCC CT / Angiographie

Autor	Jahr	CT	Angio	Tumorgöße (cm)
Takayasu [86]	1986		82,0%	1-5
			45,0%	<1
			64,0%	1-2
			85,0%	2-3
			96,0%	3-4
			100,0%	4-5
Sumida [84]	1986		77,4%	1-2
			88,5%	2-3
			71,4%	3-4
			88,9%	4-5
Okuda [62]	1986		77,8%	1-2
			88,5%	2-3
			81,5%	3-5
Merine [52]	1990		96,0%	>5
De-Santis-M [14]	1992	50,0%	74,0%	
Kudo [43]	1992	82,0%	70,0%	
Miller [54]	1994	63-68%		
Imaeda [35]	1995		92,0%	
Fujita [22]	1994	0,0%		<1
		24,0%		<2
		82,0%		<3
Bartolozzi [7]	1994	76,0%	84,0%	
Garbagnati [24]	1994	85,0%	92,0%	
Kim [42]	1995	50,0%		<1
Murakami [58]	1995	54,0%		<1
Taourel [88]	1995	89,0%		1-4
Ueda [91]	1995	84,0%		
Bartolozzi [8]	1996	65,0%	73,0%	<3
Spreafico [82]	1997	85,0%	67,0%	

Detektion: HCC

In der Computertomographie wird die Sensitivität bei HCC-Patienten in der Literatur von 50 % für kleinere HCC-Tumoren unter 1 cm Größe bis 89 % für 1-4 cm große HCC in anderen Studien angegeben (Tabelle 11). Unser Ergebnis von 71,8 % (Tabelle 8) lag genau zwischen diesen beiden Sensitivitäten.

In der Angiographie ergeben sich für 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm und 5 cm jeweils Sensitivitäten von 45 %, 64 %, 85 %, 96 % und 100 %. Von der Tumorgröße unabhängig ergibt sich in anderen Studien eine Sensitivität zwischen 67 % und 92 % (Tabelle 11). Das Ergebnis dieser Studie war mit einer Sensitivität von 53,1 % (Tabelle 8) schlechter.

Tabelle 12 – Sensitivität Metastasen CT / Angiographie

Autor	Jahr	CT	Angio	Tumorgröße (cm)
Matsui [51]	1986	56,0%		<5
Freeny [18]	1986	72,7%		
Stark [83]	1987	51,0%		
Reinig [68]	1987	87,1%		
Vlachos [94]	1990		100,0%	
Takahashi [85]	1990		76,0%	
Nelson [60]	1998	85,0%		
Paivansalo [65]	1991	88,0%	71,0%	
Yamaguchi [96]	1991	86,2%		
Lindberg [47]	1993	89,0%		
Soyer [79]	1992	91,0%		
Kuhn [44]	1992		59,4%	
Helmberger H. [28]	1993	96,0%		
Imaeda [35]	1995		92,0%	
Nazarina [59]	1994	85,0%		
Hwang [34]	1997	82,0%		
Young [98]	1997	80,0%		>1cm
		76,0%		<1cm
Valls, [92]	1998	76,0%		
		74,0%		
Helmberger T.[29]	1999	80-95%		

Detektion: Lebermetastasen

Die Ergebnisse der Computertomographie mit einer diagnosespezifischen Sensitivität von bis zu 90,5 % (Tabelle 8) lagen im Bereich der in der Literatur mit 80-95 % angegebenen Sensitivitäten. In der Angiographie war unser Ergebnis von 47,6 % (Tabelle 8) schlechter als man nach der Literatur (Tabelle 12) 59,4-92 % hätte erwarten können.

Die Gesamt-Sensitivität der Computertomographie für beide Diagnosen (HCC und Metastasen) war mit 79,2 % im Vergleich zu 50,9 % in der Angiographie (Tabelle 8) um fast 30 % besser !

## 5.1.4 Pathologische Veränderungen

### 5.1.5.1 Tumorgroße und Lokalisation befallener Lebersegmente

#### Tumorgroße

Nach einer makroskopisch pathologisch korrelierten Untersuchung von Kanematsu et al. an Patienten mit HCC bzw. Lebermetastasen wird mit der Computertomographie eher die Größe eines Lebertumors überschätzt [39]. Dieses Phänomen soll auf histopathologische Veränderung, wie Kompression des Parenchyms oder einem "Blood-Pooling-Effekt" bei hypervaskularisierten Neoplasien herum, zurückzuführen sein. In unserer Studie wurden Leberläsionen in der Computertomographie im Vergleich zur Angiographie von der Größe her gleich bewertet. Eine makro-pathologische Korrelation lag nicht vor. In der Computertomographie konnte bei 53 von 53 pathologischen Fällen fast doppelt so oft wie in der Angiographie (27 Fälle) Angaben über die Tumorgroße gemacht werden.

#### Lokalisation befallener Lebersegmente

Geht man von der Möglichkeit einer chirurgischen Therapie aus, die z.B. noch bei 4 Läsionen in 4 Segmenten gegeben sein kann [57] und erst bei leberlappenüberschreitenden Läsionen oder Tumoreinbruch in die V.cava bzw. die V.portae nicht mehr durchgeführt wird [45], so ist es durchaus von Interesse, zu untersuchen, wie oft Lebersegmente und wie gut übereinstimmende Segmentangaben in den Untersuchungsverfahren gemacht werden können. Denn bereits eine falsche Segmentangabe, wodurch das Tumorstaging lappenüberschreitend wird, zöge eine nur mehr palliative Therapie nach sich, obwohl die Läsion unter Umständen noch operabel gewesen wäre.

In der Computertomographie wurden mit 309 Lebersegmenten bis zu ein Drittel mehr befallene Lebersegmente angegeben als in der Angiographie (205 Lebersegmente). Das sind 104 befallene Lebersegmente, die bei 53 Patienten mit maligner Grunderkrankung in der Angiographie nicht beschrieben wurden. Aufgrund einer Studie von Lindberg [47] kann man davon ausgehen, daß 90 % dieser 104 in der Computertomographie zusätzlich beschriebenen Lebersegmente auch tatsächlich betroffen sind. Lindberg zeigte in einer Vergleichsstudie mit intraoperativer Kontrolle, daß 90 % aller in der Computertomographie beschriebenen Lebersegmente wirklich vom Tumor befallen waren [47]. In einer anderen Studie mit ebenso intraoperativer Kontrolle von Soyer [80] waren es 78 %.

In der Computertomographie wurden 70 % aller Lebersegmente von den Untersuchern übereinstimmend angegeben, während es in der Angiographie nur 38 % waren. Nachdem sich die Segmententeilung im wesentlichen an den Lebervenen und der Pfortader orientiert, gelingt die Segmentzuordnung in der Computertomographie leichter, während in der Angiographie die Lebervenen und die Pfortader nicht simultan dargestellt werden können.

Nur in einem Fall wurde von einem der Untersucher, aufgrund der nicht völlig korrekt durchgeführten Segment-Einteilung befallener Lebersegmente, ein den Leberlappen überschreitender Prozeß angenommen.

#### **5.1.5.2 Tumorversorgende Gefäße**

Tumorgefäße wurden in je 23 Fällen, jedoch nur in 15 Fällen übereinstimmend beschrieben. In der Angiographie wurden 26 Gefäße und in der Computertomographie 25 Gefäße als Tumorgefäße bewertet. Man muß davon ausgehen, daß bei einer Übereinstimmung mit der Angiographie in nur 15 Fällen 10 von 25 (=40%) Gefäßen auf den CT-Schichtaufnahmen aussahen wie Tumorgefäße, es aber nicht waren. Außerdem war es schwieriger, den Verlauf der Gefäße auf axialen Schichten der CT-Bilder zu verfolgen. Es war nicht gut möglich, abnorme geschlängelte Gefäße der ("tortuosity or corkscrew appearance") [63, 84, 86] oder die sphärische Anordnung von kleineren Tumorgefäßen [19], die die Ausdehnung des Tumors charakterisieren, als pathologische Veränderungen in der Computertomographie zu erkennen.

#### **5.1.5.3 Tumoreinbruch und Thromben in der V.portae**

Thromben der Pfortader und ihrer Äste gelten als pathognomonisch für HCC-Tumoren [63, 77, 84, 97]. Für unsere Studie lag keine anatomisch pathologische Korrelation vor, weshalb nicht mit Sicherheit zwischen Thrombus und Tumoreinbruch retrospektiv unterschieden werden kann. Die Angiographie wird zur Beurteilung dieser Befunde als Goldstandard angesehen.

Bei einer retrospektiven Untersuchung an 62 HCC-Patienten wurde in 40 % eine Thrombose in der V.portae und in 16 % eine Thrombose in distalen Lebersegmenten computertomographisch festgestellt [50]. Von den 32 HCC-Patienten unserer Studie wurde bei 10 Patienten (= 31 %) ein Thrombose der Pfortader und ihrer Aufzweigungen in der Computertomographie festgestellt. Ein weiterer Patient, bei dem die Thrombose ebenso in der Computertomographie diagnostiziert wurde, hatte Lebermetastasen. Insgesamt wurde bei 11 Patienten eine Thrombose diagnostiziert, übereinstimmend wurde diese bei 4 Patienten in der Angiographie festgestellt. Bei 3 Patienten wurde die Diagnose jedoch nicht gestellt und bei den übrigen 4 Patienten war die portal-venöse Phase in der Angiographie nicht diagnostisch.

Übereinstimmend in beiden Untersuchungen wurde ein Tumoreinbruch bei 5 von 8 Patienten festgestellt. Bei den restlichen 3 Patienten wurde der Tumoreinbruch zweimal in der Angiographie und einmal in der Computertomographie entdeckt. Bei 7 von 8 Patienten, bei denen ein Tumoreinbruch festgestellt worden war, wurde auch ein Thrombose festgestellt.

#### **5.1.5.4 Früharterielle Perfusionsphänomene**

Perfusionsanomalien der Leber treten bei hämodynamischen Veränderungen der Leber auf und es kann sich dabei je nach Mechanismus um eine Hyper-, Iso- oder Hypoperfusion handeln.

Es gibt zahlreiche Gründe, warum Perfusionsanomalien in der Leber auftreten können [10, 26].

- 1) Portal venöse Einflußbehinderung (Pfortaderthrombose, portal venöse Kompression)
- 2) Venöse Abflußbehinderung (Budd Chiari Syndrom)
- 3) fokale Leberläsionen (Tumor, Abszeß)
- 4) Abberante Blutversorgung der Leber (anatomische Varianten der Leberarterien, tumoröser Befall einer Leberarterie)
- 5) Leberzirrhose
- 6) Hypervaskularisation
- 7) Steal Effekte und Shunts
- 8) iatrogen (transjuguläre intrahepatische portosystemische Shunts)

Früharterielle Perfusionsphänomene sind erkennbare Hyperperfusionen in der arteriellen Phase nach Kontrastmittelgabe. Sie treten bei hypervaskularisierten Tumoren auf und sind für HCC-Tumoren charakteristisch [32, 97]. Ein gehäuftes Auftreten früharterieller Perfusionsphänomene bei HCC-Tumoren ließ sich zeigen. Früharterielle Perfusionsphänomene wurden in 19 (=59 %) von 32 HCC-Patienten festgestellt. Insgesamt hatten 24 von 25 Patienten mit früharteriellen Perfusionsphänomenen entweder einen malignen primären (HCC) oder sekundären (Metastasen) Lebertumor. Eine abberante arterielle Leberversorgung hatten nur 5 der 25 Patienten mit früharteriellen Perfusionsphänomenen.

In der Computertomographie wurde doppelt so oft (21 mal) wie in der Angiographie (10 mal) früharterielle Perfusionsphänomene festgestellt.

#### **5.1.5.5 Tr.coeliacus Stenosen**

Unsere Ergebnisse zeigten eine deutliche Schwäche der Computertomographie bei der Darstellung von Stenosen des Tr.coeliacus. Nur 1 von 6 Stenosen des Truncus coeliacus, die in der Angiographie sicher festgestellt wurden, konnte in der Computertomographie erkannt werden. Bei einem Fall wurde eine hochgradige Truncusstenose sogar als anatomische Variante der arteriellen Blutversorgung in der Computertomographie gedeutet. Außerdem konnten andere pathologische Veränderungen, die zusammen mit Tr.coeliacus Stenosen bzw. Verschuß auftraten, wie Kollateralen der A.lienalis, und im vorgestellten Fall eine Stömungsumkehr der A.pakreaticoduodenalis, nur in der Angiographie erkannt werden.

In einer anderen Studie [30] wurden immerhin 8 von 10 Stenosen des Truncus coeliacus in der Computertomographie erkannt. Es wurden 10 Stenosen des Tr.coeliacus diagnostiziert, von denen in der Angiographie 6 als hochgradig und 4 als geringgradig eingestuft wurden. Auf den axialen Schnittbildern der Computertomographie wurden alle hochgradigen Stenosen erkannt, jedoch nur zwei von den geringgradigen Stenosen. Allerdings war die rekonstruierte Schichtdicke mit 3 mm wesentlich besser als in unseren Untersuchungen (8 mm).

Die Computertomographie war in der vorliegenden Studie nicht geeignet eine Stenose des Truncus aufzudecken.

#### **5.1.5.6 Umgehungskreisläufe**

Es gibt nur wenige Untersuchungen, in der die Darstellung von Umgehungskreisläufen der Leber in Computertomographie und Angiographie systematisch verglichen wurde. Aus der Literatur geht hervor, daß die Computertomographie zur Entdeckung von portosystemischen Kollateralen nicht nur als geeignet, sondern sogar als gleich gut oder besser angesehen wurde [5, 89].

In unserer Studie wurden in der Computertomographie 24 und in der Angiographie 8 Umgehungskreisläufe entdeckt. 12 der 14 Patienten mit Umgehungskreisläufen hatten ein HCC, ein Patient hatte Lebermetastasen und einer hatte eine Leberzirrhose. Die Umgehungskreisläufe wurden sehr unterschiedlich beurteilt. Nur 5 der insgesamt 32 angegebenen Umgehungskreisläufe wurden in beiden Untersuchungen gleich beschrieben. Es ist auffallend, daß in beiden Untersuchungen besonders häufig die "short gastric veins" und "gastroepiploic veins" als Umgehungskreisläufe erkannt wurden, während die weiter peripher gelegenen Umgehungskreisläufe wie die "Kollateralen zwischen der Milz und der lateralen Bauchwand" und "Kollateralen zwischen linker Nierenvene und Milzvene" praktisch nur in der Computertomographie erkannt wurden. Dies liegt daran, daß diese Umgebungen in der Angiographie nicht dargestellt werden. Obwohl die Computertomographie in der Lage war wesentlich mehr Umgehungskreisläufe zu entdecken, sollte man bedenken, daß man die in solchen Fällen wichtige Information über pathologische Verhältnisse wie Flussumkehr nur durch die Angiographie erhalten kann.

## 5.2 Vergleich der Untersucher

### 5.2.1 Übereinstimmende Identifikation der Gefäße

Bei den großen **Arterien** (bis auf A.gastrica sin.) war die Übereinstimmung der Untersucher in der Bewertung fast identisch. Bei den kleineren Arterien hingegen war die Übereinstimmung der Untersucher in der Angiographie besser als in der Computertomographie. D.h. mit der Angiographie als Untersuchungsverfahren waren Arterien besser reproduzierbar zu erkennen. Nicht reproduzierbar erkannt wurden in der Computertomographie die kleineren intrahepatischen Arterien wie die A.hepatica dex. und – sin. sowie die A.gastrica sin. in beiden Untersuchungsverfahren. Die schlechte Übereinstimmung der Untersucher kann anhand der schlechten Identifikationsrate dieser Gefäße in der Computertomographie (A.gastrica sin. 37 %, A.hepatica dex. und -sin. 31 % und 39 %) erklärt werden.

Bei den **Venen** war es umgekehrt. Sie wurden in der Computertomographie mit größerer Übereinstimmung der Untersucher identifiziert.

Große Gefäße (Arterien und Venen) waren in beiden Untersuchungen von beiden Untersuchern mit größerer Übereinstimmung identifiziert worden als kleine Gefäße.

### 5.2.2 Bewertung der Tr.coeliacus Varianten durch die Untersucher

Untersucher 2 war bei der Beurteilung der Gefäßanomalien wesentlich schlechter als Untersucher 1, und hat nur in der Hälfte aller Fälle die Anomalie festgestellt. Außerdem zeigt der Vergleich der Untersucher, daß die Gefäßvarianten in der Angiographie mit sehr viel größerer Übereinstimmung bewertet wurden als in der Computertomographie. In allen 15 Fällen waren die anatomischen Gefäßanomalien nur in der Angiographie sicher zu erkennen.

In einer anderen Studie von Chambers et al. [9], in der untersucht wurde ob eine abberante A.hepatica in der Computertomographie erkannt werden konnte, wurde gezeigt, daß eine sehr gute Identifikation möglich war. 2 von 3 Untersuchern erkannten die abberante A.hepatica bei 8 von 8 Patienten, die eine abberante A.hepatica hatten, ein Untersucher erkannte sie nur bei 7 Patienten. Jedoch war in 14 von 24 Patienten zur Identifikation der Gefäßanatomie eine Angiographie nötig, ohne die eine Beurteilung der Gefäßanatomie nicht möglich gewesen wäre.

### **5.2.3 Diagnostische Effizienzparameter**

Obwohl Untersucher 2 bei der Sensitivität in der Computertomographie gleich gut und bei der Sensitivität in der Angiographie besser war, gelang es ihm nicht, die Diagnosen so spezifisch wie Untersucher 1 zu stellen (Tabelle 8). Eine hohe Sensitivität bei niedriger Spezifität wird in gewisser Weise durch das Krankengut mit begünstigt, welches durch die Untersuchungsmethoden dahingehend selektioniert wird, daß bei Patienten nach Computertomographie und Leberangiographie häufig die Diagnose Metastase oder HCC gestellt werden muß. Es ist also relativ leicht, eine hohe Sensitivität zu erreichen, um so schwerer wird es jedoch, auch möglichst spezifisch zu bleiben. Hierin spiegelt sich die unterschiedliche Erfahrung der Untersucher wider.

### **5.2.4 Übereinstimmende Identifikation betroffener Lebersegmente**

Nur zwischen 56 % (Untersucher 1) und 67 % (Untersucher 2) der Lebersegmente werden sowohl in der Computertomographie als auch in der Angiographie gleich beschrieben.

## 6 Zusammenfassung

Die Identifikation hepatischer, perihepatischer sowie abdomineller Gefäße war in der biphasisch kontrastverstärkten Spiral-CT und der DSA unterschiedlich.

Die Qualität der Gefäßdarstellung ( Identifikationsrate und Mittelwert für die Bewertung der Gefäße ) war bei den Arterien in der Angiographie besser als in der Computertomographie und dies um so mehr, je kleiner die Gefäße waren. Der Unterschied der Untersuchungsverfahren war bei großen Arterien (außer bei der A.gastrica sin.) sehr gering. Großen Arterien wie der Tr.coeliacus, die A.mesenterica sup. und die A.lienalis wurden in beiden Untersuchungsverfahren identisch bewertet und zu 100 % identifiziert [19, 30, 37]. Arterien, die weiter peripher waren, wie die A.hepatica communis und die A.pankreaticoduodenalis wurden in der Computertomographie nur selten abweichend von der Angiographie beurteilt. Die Identifikationsrate und die Gefäßmittelwerte waren nahezu gleich. Am größten war der Unterschied zwischen Computertomographie und Angiographie bei der A.gastrica sin. und den kleinen intrahepatischen Gefäßen (A.hepatica dex. und –sin.). Diese Gefäße konnten auch von Untersucher zu Untersucher in der Computertomographie am schlechtesten reproduzierbar erkannt werden, was mit der niedrigeren Identifikationsrate in der Computertomographie (A.gastrica sin. 37%, A.hepatica dex. 31%, A.hepatica sin. 39%) erklärt werden konnte. Für die kleinen Arterien (A.hepatica dex. und –sin.) ergab sich ein nach McNemar signifikanter ( $p < 0,05$ ) Unterschied der Untersuchungsverfahren. Nur in der Angiographie konnten kleine intrahepatische Arterien richtig identifiziert werden.

Bei den Venen waren die Identifikationsraten und die Gefäßmittelwerte in der Computertomographie besser als in der Angiographie. Die Computertomographie war bei der Identifikation der Venen qualitativ das bessere Untersuchungsverfahren! Die großen Venen wie die V.portae, die V.lienalis und die V.mesenterica superior wurden übereinstimmend mit der Literatur [5, 19] in der Computertomographie zu 100 % identifiziert, während die Identifikationsrate in der Angiographie nur 75 %, 65 % bzw. 37 % betrug. Für die V.portae, die V.lienalis und die V.mesenterica sup. war der Unterschied zwischen Computertomographie und Angiographie nach McNemar signifikant ( $p < 0,05$ ). Im Vergleich zu den großen Venen, wurde die V.mesenterica inferior am unterschiedlichsten von den Untersuchern beurteilt, und mit einer wesentlich niedrigeren Identifikationsrate in der Computertomographie (50 %) und der Angiographie (12 %) erkannt. Die Venen wurden in der Computertomographie mit wesentlich besserer Übereinstimmung der Untersucher identifiziert.

In anderen Studien wurde der Tr.coeliacus und seine Varianten mit perfekter Übereinstimmung in beiden Untersuchungsverfahren identifiziert [19, 30, 81], jedoch wurde auch schon gezeigt, daß die exakte Identifizierung von abberanten Leberarterien alleine in der Computertomographie nicht möglich war und zur Darstellung der exakten Gefäßanatomie nicht auf eine Angiographie verzichtet werden konnte [9]. Unsere Studie zeigt, daß die sichere und richtige Identifikation aller 8 Varianten des Tr.coeliacus und aller 15 Varianten der A.hepaticae nur in der Angiographie möglich war. In der Computertomographie konnte nur 1 Variante des Tr.coeliacus und 5 Varianten der A.hepaticae erkannt werden. Außerdem wurden in der Computertomographie Varianten falsch positiv beschrieben. Eine "normale Aufteilung" des Tr.coeliacus und der A.hepaticae wird nur in 55 % [53] bzw. 61 % [13] der Fälle erwartet. In unserer Studie hatten wir bei 40 % (=23) aller Fälle (58) eine Gefäßvariante festgestellt. 7,5 % aller Fälle [13] können nicht nach Michels Standard Klassifikation der Gefäßanatomie des Tr.coeliacus eingeteilt werden. Die Computertomographie war für die routinemäßige Identifikation von Varianten des Tr.coeliacus und der A.hepaticae bei klinischen Fragestellungen (präoperative Gefäßdarstellung) nicht geeignet. Ebenso war die Computertomographie in der vorliegenden Studie nicht geeignet, Stenosen des Tr.coeliacus aufzudecken. Nur 1 von 6 Stenosen des Tr.coeliacus, die in der Angiographie sicher festgestellt wurden, konnte in der Computertomographie erkannt werden. Ein in der Angiographie als hochgradige Abgangsstenose beurteilter Befund wurde in der Computertomographie falsch als anatomische Variante eines Tr.coeliacomesentericus (gemeinsamer Abgang von Tr.coeliacus und A.mesenterica superior) bewertet. Ein Verschuß des Tr.coeliacus wurde nur angiographisch nachgewiesen.

Die Gesamt-Sensitivität der Computertomographie für beide Diagnosen (HCC und Lebermetastasen) war mit 79,2 % im Vergleich zu 50,9 % in der Angiographie um fast 30 % besser! Auch die diagnosespezifische Sensitivität war in der Computertomographie mit 71,8 % (HCC) und 90,5 % (Lebermetastasen) deutlich besser als 53,1 % (HCC) und 47,6 % (Lebermetastasen) in der Angiographie. Die Computertomographie war das bessere Untersuchungsverfahren, um bei kranken Patienten die Diagnose zu stellen.

Ein Hinweis dafür, daß die Größe eines Lebertumors in der Computertomographie überschätzt wurde [39], ergab sich nicht. Die Größe eines Lebertumors wurde in beiden Untersuchungsverfahren gleich groß angegeben, jedoch konnte in der Computertomographie bei 53 von 53 pathologischen Fällen fast doppelt so oft wie in der Angiographie (27 Fälle) Angaben über die Tumorgöße gemacht werden, da in den anderen Fällen die hypo- oder isovaskularisierten Tumore in der Angiographie nicht erkennbar waren.

In der Computertomographie wurden bis zu ein Drittel mehr vom Tumor befallene Lebersegmente erkannt. Aufgrund einer Vergleichsstudie mit intraoperativer Kontrolle muß man davon ausgehen, daß 90 % aller in der Computertomographie beschriebenen Lebersegmente wirklich vom Tumor befallen waren [47]. In der Angiographie wurden viele vom Tumor befallene Lebersegmente nicht identifiziert, was ursächlich mit der Tumorkaskularisation zu erklären ist.

Die Segmentzuordnung gelingt in der Computertomographie leichter. In der Computertomographie konnten 70 % aller Lebersegmente von den Untersuchern übereinstimmend beschrieben werden, während es in der Angiographie nur 38 % waren. Je nach Untersucher wurden nur 56 % bzw. 67 % aller Lebersegmente in den Untersuchungen gleich befundet.

Tumorgefäße konnten nur bei 15 von 23 Patienten in Computertomographie und Angiographie gleich beschrieben werden. 10 von 25 Gefäßen (=40%) wurden auf den CT-Schichtaufnahmen falsch positiv als Tumorgefäße interpretiert, denn in der Angiographie waren sie nicht erkennbar. Eine Charakterisierung kleiner Arterien (z.B. Nachweis von kleineren tumorversorgenden Gefäßen [77, 84, 86] und pathologischen Gefäßen [19, 77]) war nur in der Angiographie möglich.

Eine Thrombose der V.portae wurde in beiden Untersuchungsverfahren übereinstimmend nur bei 4 von 11 Patienten diagnostiziert. Bei den restlichen 7 Patienten wurde die Thrombose nur in der Computertomographie beschrieben. 10 von 32 (=31%) aller HCC-Patienten hatten eine Thrombose der V.portae. Ein Tumoreinbruch wurde bei 5 von 8 Patienten in beiden Untersuchungen festgestellt. 7 Patienten hatten neben des Tumoreinbruchs gleichzeitig eine Thrombose.

Früharterielle Perfusionsphänomene wurden in der Computertomographie doppelt so oft (21 mal) wie in der Angiographie (10 mal) festgestellt. Ein für HCC Tumoren charakteristisches Auftreten [32, 97] ließ sich bei 19 von 32 (=59%) aller HCC-Patienten zeigen. 24 von 25 Patienten mit früharteriellen Perfusionsphänomenen hatten entweder einen malignen primären (HCC) oder sekundären (Metastase) Lebertumor.

Zur Entdeckung portosystemischer Umgehungskreisläufe war die Computertomographie geeignet [5, 89]. 24 Umgehungskreisläufe wurden in der Computertomographie und 8 in der Angiographie festgestellt. Nur 5 Umgehungskreisläufe wurden übereinstimmend beschrieben. Häufig als Umgehungskreislauf entdeckt wurden die "short gastric veins" (CT 10 / Angio 5) und "gastroepiploic veins" (CT 3 / Angio 2). 12 der 14 Patienten mit Umgehungskreisläufen hatten ein HCC, ein Patient hatte Lebermetastasen und einer hatte eine Leberzirrhose.

## 7 Literaturverzeichnis

1. Abrams, H.L., Gardiner Geoffrey A., JR.; Bergstrand Ingemar, *Spenoportography and Portal Hypertension*. In: Abrams Angiography: vascular and interventional radiology. 3rd ed. Boston: Little, Brown,. 1983. 1497-1526.
2. Adamietz, I.A., et al., [Value of digital subtraction angiography in the imaging of a subcutaneously implanted, intra-arterial chemotherapy catheter]. *Digitale Bilddiagn*, 1986. 6(4): p. 192-4.
3. Ameli, F.M., et al., *The effect of femoral arteriography on the incidence of groin contamination and postoperative infections*. *Ann Vasc Surg*, 1990. 4(4): p. 328-32.
4. Arbaje, Y.M. and P.P. Carbone, *Hepatocellular carcinoma in the very elderly: to treat or not to treat?* *Med Pediatr Oncol*, 1994. 22(2): p. 84-7.
5. Aspestrand, F. and F. Kolmannskog, *CT and angiography in chronic liver disease*. *Acta Radiol*, 1992. 33(3): p. 251-4.
6. Bargon, G. and I.P. Arlart, [Intra-arterial digital subtraction angiography (i.a. DSA) in the preoperative diagnosis of abdominal masses]. *ROFO Fortschr Geb Rontgenstr Nuklearmed*, 1986. 145(1): p. 9-14.
7. Bartolozzi, C., et al., [Staging of hepatocellular carcinoma. Comparison of ultrasonography, computerized tomography, magnetic resonance, digital angiography, and computerized tomography with lipiodol]. *Radiol Med (Torino)*, 1994. 88(4): p. 429-36.
8. Bartolozzi, C., et al., *Small hepatocellular carcinoma. Detection with US, CT, MR imaging, DSA, and Lipiodol-CT*. *Acta Radiol*, 1996. 37(1): p. 69-74.
9. Chambers, T.P., et al., *Identification of the aberrant hepatic artery with axial spiral CT*. *J Vasc Interv Radiol*, 1995. 6(6): p. 959-64.
10. Chen J.H., C.W.P., Huang C.L., Shen W.C., *Dynamic helical CT as a novel technique for diagnosing hepatic perfusion disorders*. *Hepatogastroenterology*, 1999. 1999(46(25)): p. 303-7.
11. Couinaud, C., *Le foie: études anatomiques et chirurgicales*. Masson Paris, 1957.
12. Couinaud, C., *Liver anatomy: portal (and suprahepatic) or biliary segmentation*. *Dig Surg*, 1999. 16(6): p. 459-67.
13. Covey, A.M., et al., *Variant hepatic arterial anatomy revisited: digital subtraction angiography performed in 600 patients*. *Radiology*, 2002. 224(2): p. 542-7.
14. De-Santis-M and R.-R.C.-A.C.-G.C.-A.V.-F. Ventura-E, *MRI of small hepatocellular carcinoma: Comparison with US, CT, DSA, and Lipiodol-CT*. *J-COMPUT-ASSISTED-TOMOGR. Journal-of-Computer-Assisted-Tomography*, 1992. 16(2): p. 189-197.
15. Dodd, G.D., 3rd, *An American's guide to Couinaud's numbering system*. *AJR Am J Roentgenol*, 1993. 161(3): p. 574-5.
16. Duvoux, C., [Epidemiology and diagnosis of hepatocellular carcinomas in cirrhosis]. *Ann Chir*, 1998. 52(6): p. 511-7.
17. Flament, J.B., et al., [The liver. Anatomico-radiologic review]. *Ann Gastroenterol Hepatol (Paris)*, 1985. 21(1): p. 3-11.
18. Freeny, P.C., et al., *Colorectal carcinoma evaluation with CT: preoperative staging and detection of postoperative recurrence*. *Radiology*, 1986. 158(2): p. 347-53.
19. Freund, M., et al., *Spiral CT angiography for preoperative planning in patients with epigastric tumors: comparison with arteriography*. *J Comput Assist Tomogr*, 1996. 20(5): p. 786-91.
20. Freund, M., et al., [CT angiographic imaging of atypical arterial blood supply to the liver by the superior mesenteric artery]. *Bildgebung*, 1995. 62(1): p. 50-2.

21. Fruhwirth, H., et al., [*Aneurysma spurium as a complication after diagnostic and interventional femoral artery puncture*]. *Vasa Suppl*, 1992. 37: p. 7-8.
22. Fujita, M., et al., *Comparison between conventional and spiral CT in patients with hypervascular hepatocellular carcinoma*. *Eur J Radiol*, 1994. 18(2): p. 134-6.
23. Fujita, S., T. Akasu, and Y. Moriya, *Resection of synchronous liver metastases from colorectal cancer*. *Jpn J Clin Oncol*, 2000. 30(1): p. 7-11.
24. Garbagnati, F., et al., *US contrast enhancement with intra-arterial CO<sub>2</sub> injection in the staging of hepatocellular carcinomas*. *Radiol Med (Torino)*, 1994. 87(5 Suppl 1): p. 65-70.
25. Grabbe, E., et al., [*Angiography of the upper abdomen using DSA. An alternative to conventional arteriography?*]. *ROFO Fortschr Geb Rontgenstr Nuklearmed*, 1984. 140(1): p. 3-9.
26. Gryspeerdt S., V.-H.L., Marchal G., Baert Al., *Evaluation of hepatic perfusion disorders with double-phase spiral CT*. *Radiographics*, 1997. 17(2): p. 337-48.
27. Gundlach, M., C. Brunken, and C.E. Broelsch, [*Hepatocellular carcinoma: surgical treatment*]. *Schweiz Rundsch Med Prax*, 1998. 87(44): p. 1471-4.
28. Helmberger H., et al., [*CT arteriportography in the spiral technic for the demonstration of liver metastases*]. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr*, 1993. 158(5): p. 410-5.
29. Helmberger T., et al., *Diagnostik und Stadieneinteilung der Lebermetastasen mit bildgebenden Verfahren*. *Chirurg*, 1999. 70(2): p. 114-22.
30. Hidajat, N., et al., [*Intravenous spiral CT angiography for assessment before orthotopic transplantation: comparisons between tomography, MIP, 3-dimensional surface imaging and intra-arterial DSA*]. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr*, 1996. 165(5): p. 445-.
31. Hoevens J., L.A., Simert T., Simert G., *Portosystemic Collaterals in Cirrhosis of the Liver*. *Acta Radiologica Diagnosis*, 1979. 20: p. 865-877.
32. Honda, H., et al., *Hepatocellular carcinoma: correlation of CT, angiographic, and histopathologic findings*. *Radiology*, 1993. 189(3): p. 857-62.
33. Hunerbein, R., et al., [*3-phase spiral CT of the liver, Value of non-contrast arterial and venous studies in the diagnosis of focal liver lesions*]. *Aktuelle Radiol*, 1998. 8(4): p. 176-82.
34. Hwang, G.J., et al., *Nodular hepatocellular carcinomas: detection with arterial-, portal-, and delayed-phase images at spiral CT*. *Radiology*, 1997. 202(2): p. 383-8.
35. Imaeda, T., et al., *Hemodynamics of small hepatocellular carcinomas (5 cm or less in diameter): cases with discrepant findings between dynamic MR images and hepatic arteriograms*. *Abdom Imaging*, 1995. 20(6): p. 534-40.
36. Jonsson, K., et al., *Subintimal injection of contrast medium as a complication of selective abdominal angiography*. *Acta Radiol Diagn (Stockh)*, 1977. 18(1): p. 55-64.
37. Kaneko, K., et al., *Helical CT evaluation of arterial invasion in pancreatic tumors: comparison with angiography*. *Abdom Imaging*, 1997. 22(2): p. 204-7.
38. Kanematsu, M., et al., *Detection and characterization of hepatic tumors: value of combined helical CT hepatic arteriography and CT during arterial portography*. *AJR Am J Roentgenol*, 1997. 168(5): p. 1193-8.
39. Kanematsu, M., et al., *Overestimating the size of hepatic malignancy on helical CT during arterial portography: equilibrium phase CT and pathology*. *J Comput Assist Tomogr*, 1997. 21(5): p. 713-9.
40. Karl, R.C., et al., *Preoperative evaluation of patients for liver resection. Appropriate CT imaging*. *Ann Surg*, 1993. 217(3): p. 226-32.
41. Karlson, B.M., et al., *Intraarterial chemoembolisation with lipiodol and epirubicin in hepatocellular cancer--improved survival in some patients?* *Ann Chir Gynaecol*, 1999. 88(4): p. 264-8.
42. Kim, T., et al., *Detection of hypervascular hepatocellular carcinoma by dynamic MRI and dynamic spiral CT*. *J Comput Assist Tomogr*, 1995. 19(6): p. 948-54.
43. Kudo, M., et al., *Small hepatocellular carcinoma: diagnosis with US angiography with intraarterial CO<sub>2</sub> microbubbles*. *Radiology*, 1992. 182(1): p. 155-60.

44. Kuhn, M., et al., [*Liver angiography--technique, indications and significance in processes*]. Aktuelle Radiol, 1992. 2(5): p. 285-92.
45. LaBerge, J.M., et al., *Hepatocellular carcinoma: assessment of resectability by computed tomography and ultrasound*. Radiology, 1984. 152(2): p. 485-90.
46. Lehner, K., et al., *DSA--control of implanted devices for arterial hepatic perfusion*. Cardiovasc Intervent Radiol, 1987. 10(2): p. 71-4.
47. Lindberg, C.G., et al., *Accuracy of CT arterial portography of the liver compared with findings laparotomy*. Acta Radiol, 1993. 34(2): p. 139-42.
48. Lodge, J.P. and R. Hall, *Retroperitoneal haemorrhage: a dangerous complication of common femoral arterial puncture*. Eur J Vasc Surg, 1993. 7(3): p. 355-7.
49. Marn Charles S., M.D.G.G.M., M.D. ; Williams David M., M.D. ; Isaac R.Francis, M.D., *CT-Angiographic Correlation of Collateral Venous Pathways in Isolated Splenic Vein Occlusion: New Observations*. Radiology, 1990. 175: p. 375-380.
50. Mathieu, D., et al., *Portal vein involvement in hepatocellular carcinoma: dynamic CT features*. Radiology, 1984. 152(1): p. 127-32.
51. Matsui, O., et al., *Liver metastases from colorectal cancers: detection with CT during arterial portography*. Radiology, 1987. 165(1): p. 65-9.
52. Merine, D., K. Takayasu, and F. Wakao, *Detection of hepatocellular carcinoma: comparison of CT during arterial portography with CT after intraarterial injection of iodized oil*. Radiology, 1990. 175(3): p. 707-10.
53. Michels, N.A., *Newer anatomy of the liver and its variant blood supply and collateral circulation*. Am J Surg, 1966. 112(3): p. 337-47.
54. Miller, W.J., et al., *Malignancies in patients with cirrhosis: CT sensitivity and specificity in 200 consecutive transplant patients*. Radiology, 1994. 193(3): p. 645-50.
55. Miyanaga, O., et al., [*Analysis of 293 cases of hepatocellular carcinoma of recent ten years--Epidemiology, anamnesis and tumor occupying rate*]. Fukuoka Igaku Zasshi, 1989. 80(11): p. 486-94.
56. Muhrer, K.H. and K. Schwemmler, [*Therapy concepts in colorectal liver metastases. What is proven, what open to discussion?*]. Leber Magen Darm, 1988. 18(6): p. 281-9.
57. Mukai, J.K., et al., *Imaging of surgically relevant hepatic vascular and segmental anatomy. Part 2. Extent and resectability of hepatic neoplasms*. AJR Am J Roentgenol, 1987. 149(2): p. 293-7.
58. Murakami, T., et al., *Detectability of hypervascular hepatocellular carcinoma by arterial phase images of MR and spiral CT*. Acta Radiol, 1995. 36(4): p. 372-6.
59. Nazarina, L.N., Wechsler Richard J., Grady Christopher K., Needleman Laurence, Halpern Ethan, Copit Steven E., Shapiro Marcelle J., Rosato Francis E., *CT Done 4-6 Hr After CT Arterial Portography: Value in Detection Hepatic Tumors and Differentiating from Ohter Hepatic Perfusion Defects*. AJR, 1994. 163: p. 851-855.
60. Nelson, R.C., et al., *Hepatic tumors: comparison of CT during arterial portography, delayed CT, and MR imaging for preoperative evaluation*. Radiology, 1989. 172(1): p. 27-34.
61. Noah, E.M., et al., [*Normal variation of arterial liver supply in mesenterico-celiacography*]. Anat Anz, 1995. 177(4): p. 305-12.
62. Okuda, K., *Early recognition of hepatocellular carcinoma*. Hepatology, 1986. 6(4): p. 729-38.
63. Okuda, K., et al., *Angiographic assessment of gross anatomy of hepatocellular carcinoma: comparison of celiac angiograms and liver pathology in 100 cases*. Radiology, 1977. 123(1): p. 21-9.
64. Op de Beeck, B., J. de Mey, and M. Osteaux, [*Spiral CT of vascular liver lesions*]. J Belge Radiol, 1995. 78(2): p. 91-4.
65. Paivansalo, M., et al., *Radiological findings in primary liver malignancies*. Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr, 1991. 154(2): p. 131-8.
66. Putz R. and P. R., *Sobotta Atlas Anatomie des Menschen*. 1993. 1-2.

67. Raoul, J.L., *Is chemoembolisation of value in inoperable primary hepatocellular carcinoma*. HPB Surg, 1998. 10(6): p. 406-8.
68. Reinig, J.W., *et al.*, *Liver metastasis detection: comparative sensitivities of MR imaging and CT scanning*. Radiology, 1987. 162(1 Pt 1): p. 43-7.
69. Rohen, J.W., *Topographische Anatomie*. Schattauer Stuttgart-New York, 1992: p. 356-357.
70. Rossi, P., *et al.*, *Digital celiac arteriography*. Radiology, 1985. 154(1): p. 229-31.
71. Rougier, P., *Are there indications for intraarterial hepatic chemotherapy or isolated liver perfusion? The case of liver metastases from colorectal cancer*. Recent Results Cancer Res, 1998. 147: p. 3-12.
72. Ryder, S.D., *et al.*, *Chemoembolisation with lipiodol and doxorubicin: applicability in patients with hepatocellular carcinoma*. Gut, 1996. 38(1): p. 125-8.
73. Sachs, L., *Angewandte Statistik*. Angewandte Statistik, 1997 8.Auflage Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York: p. 410-413.
74. Scheele, J. and A. Altendorf-Hofmann, *Resection of colorectal liver metastases*. Langenbecks Arch Surg, 1999. 384(4): p. 313-27.
75. Schoniger-Hekele, M., *et al.*, *Hepatocellular carcinoma in Austria: aetiological and clinical characteristics at presentation*. Eur J Gastroenterol Hepatol, 2000. 12(8): p. 941-8.
76. Seki, H., *et al.*, *Development of extrahepatic arterial blood supply to the liver during hepatic arterial infusion chemotherapy*. Eur Radiol, 1998. 8(9): p. 1613-8.
77. Smevik, B. and F. Kolmannskog, *Computed tomography and angiography in hepatocellular carcinoma*. Acta Radiol Diagn (Stockh), 1982. 23(6): p. 573-6.
78. Soyer, P., *Segmental Anatomy of the Liver: Utility of a Nomenclature Accepted Worldwide*. AJR, 1993. 161: p. 572-573.
79. Soyer, P., *et al.*, *Detection of liver metastases from colorectal cancer: comparison of intraoperative US and CT during arterial portography*. Radiology, 1992. 183(2): p. 541-4.
80. Soyer, P., *et al.*, *Preoperative segmental localization of hepatic metastases: utility of three-dimensional CT during arterial portography*. Radiology, 1991. 180(3): p. 653-8.
81. Sponza, M., R. Pozzi Mucelli, and F. Pozzi Mucelli, *[Arterial anatomy of the celiac trunk and the superior mesenteric artery with computerized tomography]*. Radiol Med (Torino), 1993. 86(3): p. 260-7.
82. Spreafico, C., *et al.*, *Hepatocellular carcinoma in patients who undergo liver transplantation: sensitivity of CT with iodized oil*. Radiology, 1997. 203(2): p. 457-60.
83. Stark, D.D., *et al.*, *Hepatic metastases: randomized, controlled comparison of detection with MR imaging and CT*. Radiology, 1987. 165(2): p. 399-406.
84. Sumida, M., *et al.*, *Accuracy of angiography in the diagnosis of small hepatocellular carcinoma*. AJR Am J Roentgenol, 1986. 147(3): p. 531-6.
85. Takahashi, K., *et al.*, *Hepatic neoplasms: detection with hepatoportal subtraction angiography--a new technique of DSA*. Radiology, 1990. 177(1): p. 243-8.
86. Takayasu, K., *et al.*, *Angiography of small hepatocellular carcinomas: analysis of 105 resected tumors*. AJR Am J Roentgenol, 1986. 147(3): p. 525-9.
87. Taourel, P., *et al.*, *Hemodynamic changes after transcatheter arterial embolization of hepatocellular carcinomas*. Radiology, 1994. 191(1): p. 189-92.
88. Taourel, P.G., *et al.*, *Small hepatocellular carcinoma in patients undergoing liver transplantation: detection with CT after injection of iodized oil*. Radiology, 1995. 197(2): p. 377-80.
89. Taylor, C.R., *Computed tomography in the evaluation of the portal venous system*. J Clin Gastroenterol, 1992. 14(2): p. 167-72.

90. Tonkin, I.L., E.L. Wrenn, Jr., and R.S. Hollabaugh, *The continued value of angiography in planning surgical resection of benign and malignant hepatic tumors in children*. *Pediatr Radiol*, 1988. 18(1): p. 35-44.
91. Ueda, K., *et al.*, *Detection of hypervascular hepatocellular carcinoma by using spiral volumetric CT: comparison of US and MR imaging*. *Abdom Imaging*, 1995. 20(6): p. 547-53.
92. Valls, C., *et al.*, *Helical CT versus CT arterial portography in the detection of hepatic metastasis of colorectal carcinoma*. *AJR Am J Roentgenol*, 1998. 170(5): p. 1341-7.
93. Vandamme, J.P. and J. Bonte, *The branches of the celiac trunk*. *Acta Anat (Basel)*, 1985. 122(2): p. 110-4.
94. Vlachos, L., *et al.*, *Comparative study between ultrasound, computed tomography, intra-arterial digital subtraction angiography, and magnetic resonance imaging in the differentiation of tumors of the liver*. *Gastrointest Radiol*, 1990. 15(2): p. 102-6.
95. Wachsberg Roland H., M.Y.V., MD ; Javors Bruce R., MD ; Levine Charles D.,MD, Simmons Marc Z., MD ; Maldjian Pierre D., MD, *Cardiophrenic Varices in Portal Hypertension: Evaluation with CT*. *Radiology*, 1995. 195: p. 553-556.
96. Yamaguchi, A., *et al.*, *Detection by CT during arterial portography of colorectal cancer metastases to liver*. *Dis Colon Rectum*, 1991. 34(1): p. 37-40.
97. Yamashita, Y., *et al.*, *Hepatocellular carcinoma with or without cirrhosis: a comparison of CT angiographic presentations in the United States and Japan*. *Abdom Imaging*, 1993. 18(2): p. 168-75.
98. Young, N., *et al.*, *Use of spiral and non-spiral computed tomography arterial portography in the detection of potentially malignant liver masses*. *J Gastroenterol Hepatol*, 1997. 12(5): p. 385-91.
99. Zeman, R.K., *et al.*, *Three-dimensional models of the abdominal vasculature based on helical*. *AJR Am J Roentgenol*, 1994. 162(6): p. 1425-9.

## 8 Curriculum Vitae

Klaus Michael Berchtenbreiter, geb. am 31. Mai 1970 in Darmstadt

verheiratet mit Emöke Hunyady (Ungarn / Kanada)

Eltern: Dipl.Ing Hans Georg Berchtenbreiter und Delia Berchtenbreiter (Gymnasiallehrerin) geb. Overbeck

Geschwister: Christian und Stefanie

Konfession: römisch-katholisch

### **Schulbildung:**

1976-89 Grundschule und Prof. Kurt Huber Gymnasium in Gräfelfing

Jun. 1989 Abitur

### **Wehr- / Sozialdienst:**

1989-90 Grundwehrdienst, Flugabwehrraketengeschwader 32 in Freising

1991 Sozialdienst -Freiwilliges Soziales Jahr ( KKH München Perlach )

### **Studium:**

1990 Studium der Physik (TU-München), Werkstudententätigkeit bei Siemens

1992 Studium der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München

Aug. 1994 Ärztliche Vorprüfung

Sept. 1995 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Apr. 1998 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

1998 Praktisches Jahr

Mai 1999 Dritter Abschnitt über die Ärztliche Prüfung

2000-2001 USMLE Step 1 + 2

### **Berufsweg:**

Sept. 2001 AiP, Abteilung für Chirurgie Krankenhaus Martha-Maria-München

Mai 2002 Approbation

2002 Landed Immigrant Status Canada

## 9 Danksagung

Für die freundliche Aufnahme und die Möglichkeit, an seinem Institut für klinische Radiologie der Universität München eine Dissertation zu verfassen, und die Überlassung des Themas dieser Arbeit, möchte ich Herrn Professor Dr. M. Reiser ganz herzlich danken.

Besonderer Dank gilt meinem Betreuer PD Dr. T. Helmberger für die Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten. Er führte mich sehr ausführlich in die Thematik ein, betreute mich hervorragend bei der Durchführung dieser Arbeit und trug mit seinen wertvollen Anregungen auch wesentlich zur endgültigen Ausarbeitung bei.

Nicht zuletzt bin ich meiner Familie und meiner Frau Emöke ausgesprochen dankbar für die so wertvolle Unterstützung bei der Durchführung dieser wissenschaftlichen Arbeit. Dabei waren sie mir mit zahlreichen scheinbaren Kleinigkeiten eine große Hilfe.