

Aus der Medizinischen Poliklinik Innenstadt
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Komm. Direktor: Prof. Dr. med. M. Reincke

Bedarf es mit zunehmendem Lebensalter der Substitu- tion von Spuren- und Mengenelementen?

Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin an der Medizinischen
Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Katharina Felizitas Wächter

aus

Straubing

Jahr

2011

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Albert Standl

Mitberichterstatter: Priv. Doz. Dr. Elisabeth Mützel

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. Karl W. Beck

Dekan: Prof. Dr. Dr. h. c. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 17.11.2011

Inhaltsübersicht

Seite

1	Einleitung	1
2	Spurenelemente	4
2.1	Eisen	5
2.1.1	Physiologie	5
2.1.2	Bioverfügbarkeit und Vorkommen	6
2.2	Kupfer	7
2.2.1	Physiologie	7
2.2.2	Bioverfügbarkeit und Vorkommen	8
2.3	Selen	8
2.3.1	Physiologie	8
2.3.2	Bioverfügbarkeit und Vorkommen	10
2.4	Strontium	10
2.4.1	Physiologie	10
2.4.2	Bioverfügbarkeit und Vorkommen	11
2.5	Zink	11
2.5.1	Physiologie	11
2.5.2	Bioverfügbarkeit und Vorkommen	12
3	Mengenelemente	13
3.1	Calcium	13
3.1.1	Physiologie	13
3.1.2	Bioverfügbarkeit und Vorkommen	14
3.2	Kalium	14
3.2.1	Physiologie	14
3.2.2	Bioverfügbarkeit und Vorkommen	16
3.3	Magnesium	17
3.3.1	Physiologie	17
3.3.2	Bioverfügbarkeit und Vorkommen	18
3.4	Natrium	18
3.4.1	Physiologie	18
3.4.2	Bioverfügbarkeit und Vorkommen	19

3.5	Phosphat.....	19
3.5.1	Physiologie.....	19
3.5.2	Bioverfügbarkeit und Vorkommen	20
3.6	Schwefel	20
3.6.1	Physiologie.....	20
3.6.2	Bioverfügbarkeit und Vorkommen	21
4	Gesamteiweiß.....	22
5	Patienten und Methodik.....	23
5.1	Patienten.....	23
5.2	Methodik der Blutabnahme.....	24
5.3	Laboranalyse.....	25
5.4	Auswertungssystem	25
6	Auswertung.....	27
6.1	Normbereiche und Ergebnisse der Elementbestimmungen (Gesamtgruppe)	27
6.2	Mittelwerte mit Standardabweichungen	28
6.2.1	Gesamtübersicht	28
6.2.2	Übersicht getrennt nach Geschlechtern – Gesamtgruppe	29
6.3	Häufigkeit der Normwerte.....	30
6.4	Korrelationstabelle für die Gesamtgruppe (Korrelationskoeffizient mit p-Wert).....	33
6.5	Ergebnisse des T-Tests für den Gruppenvergleich.....	34
6.6	Ergebnisse der ANOVA Varianzanalyse.....	35
7	Diskussion.....	37
7.1	Eisen.....	37
7.1.1	Eisenmangel	37
7.1.2	Eisenüberschuss.....	38
7.1.3	Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution.....	39
7.2	Kupfer	41
7.2.1	Kupfermangel.....	41
7.2.2	Kupferüberschuss	42
7.2.3	Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution.....	43

7.3	Selen.....	46
7.3.1	Selenmangel.....	46
7.3.2	Selenüberschuss.....	47
7.3.3	Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution.....	48
7.4	Strontium.....	50
7.4.1	Strontiummangel.....	50
7.4.2	Strontiumüberschuss.....	50
7.4.3	Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution.....	51
7.5	Zink.....	52
7.5.1	Zinkmangel.....	52
7.5.2	Zinküberschuss.....	53
7.5.3	Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution.....	54
7.6	Calcium.....	56
7.6.1	Calciummangel.....	56
7.6.2	Calciumüberschuss.....	56
7.6.3	Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution.....	57
7.7	Kalium.....	59
7.7.1	Kaliummangel.....	59
7.7.2	Kaliumüberschuss.....	60
7.7.3	Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution.....	61
7.8	Magnesium.....	63
7.8.1	Magnesiummangel.....	63
7.8.2	Magnesiumüberschuss.....	64
7.8.3	Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution.....	64
7.9	Natrium.....	66
7.9.1	Natriummangel.....	66
7.9.2	Natriumüberschuss.....	67
7.9.3	Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution.....	68
7.10	Phosphat.....	70
7.10.1	Phosphatmangel.....	70
7.10.2	Phosphatüberschuss.....	71
7.10.3	Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution.....	72
7.11	Schwefel.....	74
7.11.1	Schwefelmangel.....	74
7.11.2	Schwefelüberschuss.....	74
7.11.3	Notwendigkeit der Substitution.....	74
7.12	Gesamteiweiß.....	76

8	Schlussbetrachtung	79
9	Zusammenfassung	81
10	Literaturverzeichnis	88

Anlage: Datenträger mit elektronischer Version der Arbeit

Abkürzungsverzeichnis

ACE1	Acetylcholinesterase
ADH	Alkoholdehydrogenase
ANP	Atriales natriuretisches Peptid
ATP	Adenosintriphosphat
bzw.	beziehungsweise
ca.	cirka
Ca	Calcium
Ca 2+	Calcium-Ion
Cu	Kupfer
d. h.	das heißt
DNA	Desoxyribonukleinsäure
DNS	Desoxyribonukleinsäure
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
EKG	Elektrokardiogramm
evtl.	eventuell
EZV	Extrazelluläres Volumen
Fe	Eisen
g	Gramm
GbR	Gesellschaft bürgerlichen Rechts
GSH	Glutathion
GSSG	Glutathion-disulfid
g/dl	Gramm pro Deziliter
Häm b	Hämoglobin b
HCL	Salzsäure
HNO ₃	Salpetersäure
Hrsg.	Herausgeber
http	Hypertext Transfer Protocol
HPO ₄ 2-	Hydrogenphosphat
H ₂ O ₂	Wasserstoffperoxid
ICP	inductively coupled plasma
Inc.	Incorporated
Ka	Kalium
kg	Kilogramm
KHK	Koronare Herzerkrankung
K+	Kalium-Ion
LDL	Low Density Lipoprotein
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität München
M	Mittelwert
mcg	Mikrogramm
med.	medizinisch
mg	Milligramm

Mg	Magnesium
mg/d	Milligramm pro Tag
mg/kg	Milligramm pro Kilogramm
Mg ²⁺	Magnesium-Ion
ml	Milliliter
mmol/d	Millimol pro Tag
mmol/kg	Millimol pro Kilogramm
mmol/l	Millimol pro Liter
Na	Natrium
Na ⁺	Natrium-Ion
NK	natürliche Killerzellen
O ₂	Sauerstoff
P	Phosphor
PEG	Perkutane endoskopische Gastrostomie
pH	pondus Hydrogenii
QRS	Kammerkomplex
RNA	Ribonukleinsäure
S	Schwefel
SD	Standardabweichung
Se	Selen
SH	Thiolgruppen
SO ₄ ²⁻	Sulfat-Anion
SPSS	Statistical Package for the Social Science
Sr	Strontium
T ₄	Thyroxin
Upm	Umdrehungen pro Minute
URL	Uniform Ressource Locator
usw.	und so weiter
UV	Ultraviolettstrahlung
vgl.	vergleiche
www	World Wide Web
z. B.	zum Beispiel
Zn	Zink
α-CA	α-Carboanhydrasen
µg/d	Mikrogramm pro Tag
µg/dl	Mikrogramm pro Deziliter
µg/l	Mikrogramm pro Liter
µg/ml	Mikrogramm pro Milliliter
µmol/l	Mikromoleküle pro Liter

Alle Personalbegriffe in diesem Dokument beziehen sich in gleicher Weise auf Frauen und Männer. Wird im Text die männliche Form verwendet, geschieht dies ausschließlich aus Gründen der leichteren Lesbarkeit.

1 Einleitung

Die Lebenserwartung der Bevölkerung ist in den letzten Jahrzehnten erheblich gestiegen (vgl. Abbildung 1; Seite 3). Die Erkenntnisse im Bereich der Hygiene sowie der Medizin haben - verbunden mit den verbesserten Lebensbedingungen (Ernährung, Arbeitsplatzgestaltung, Freizeitaktivitäten) - zu diesem großen Erfolg beigetragen.

Lebten in früheren Zeiten hoch betagte Mitbürger im Kreise ihrer Familien und wurden von diesen in allen Bereichen des Lebens betreut, so haben sich auf Grund soziodemografischer Entwicklungen neue Wohn-, Lebens- und Ernährungsformen etabliert. Die meisten älteren Mitmenschen leben heutzutage, solange es möglich ist, in ihrer eigenen Wohnung; andere ziehen auf Grund ihrer veränderten Lebenssituation in Einrichtungen wie betreutes Wohnen, Seniorenresidenzen oder Altenheime.

Die veränderten Lebensgewohnheiten und Bedürfnisse des gealterten Menschen beeinflussen unter anderem auch sein Ernährungsverhalten. Zur persönlich modifizierten Ernährung des betagten Menschen tragen auch die geänderten bzw. abnehmenden Geschmacks- und Geruchsempfindungen, die Reduktion der kognitiven und praktischen Fähigkeiten sowie die ritualisierten Gewohnheiten bei.

Die marktwirtschaftlich gewinnorientierte Pharma- und Nahrungsmittelindustrie hat sich auf diese Veränderungen eingestellt. Sie hat immer mehr Produkte entwickelt, deren Konsum Gesundheit, Schmerzfreiheit sowie eine außerordentliche Lebensverlängerung verspricht und somit für den älteren Verbraucher als unverzichtbar erscheint. Diese Produkte werden in den Medien aggressiv beworben und sie sind in allen Apotheken, Drogerien und Supermärkten als Vitamin- und Mineralstoffpräparate sowie in Lebensmitteln als Zusatzstoffe stark präsent.

Die Ernährungsgewohnheiten der Bevölkerung verändern sich mit zunehmendem Lebensalter. In diesem Zusammenhang ist nicht nur die Überernährung, sondern auch eine eventuelle Fehl- oder gar Mangelernährung für die Senioren ein Hauptproblem, das es nach Möglichkeit zu vermeiden gilt.

Ein wichtiger Aspekt dabei sind die Spurenelemente, die wichtige Schlüsselrollen in der Funktion von Stoffwechselfvorgängen (Enzyme, Proteine, Immunität) spielen. Durch das Fehlen von essentiellen Spurenelementen können schwere physiologische Schäden hervorgerufen werden. Die Gefahr von Mangelerscheinungen und den daraus resultierenden Störungen im Organismus dürfen nicht unterschätzt werden.

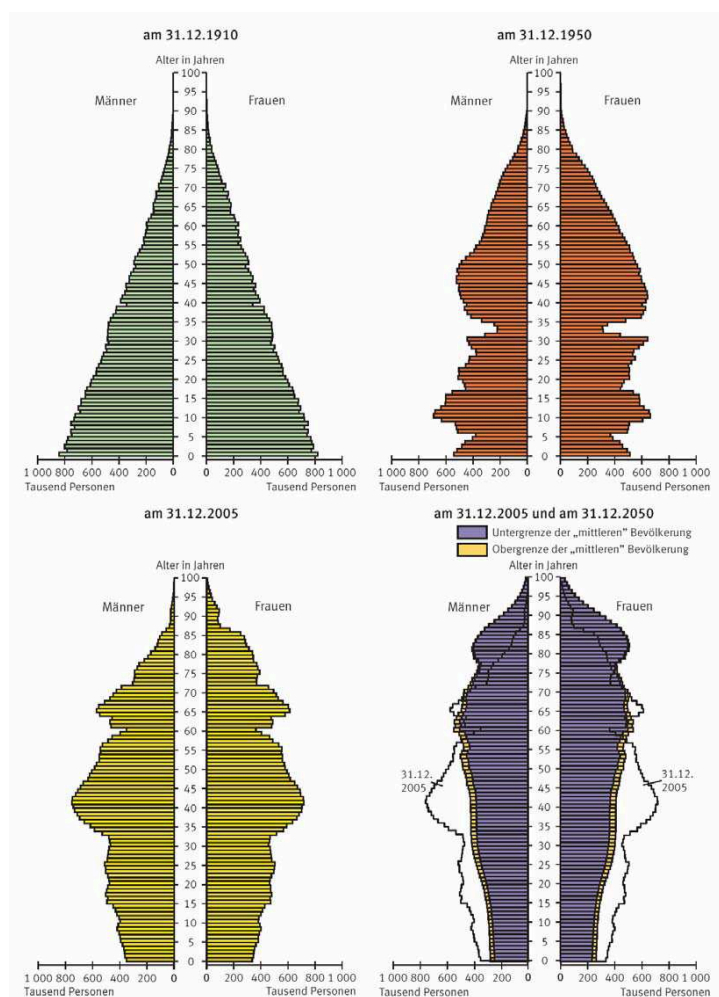
Ob durch verändertes Ernährungsverhalten im Alter ein Mangel an Spurenelementen und Mineralstoffen hervorgerufen wird, ist Gegenstand dieser Arbeit. Es wurden bei jedem Probanden folgende Spuren- und Mengenelemente bestimmt:

- Eisen,
- Kupfer,
- Selen,
- Strontium,
- Zink,
- Calcium,
- Kalium,
- Magnesium,
- Natrium,
- Phosphat,
- Schwefel,
- zusätzlich: Gesamteiweiß.

Für die klinische Untersuchung wurden drei Gruppen von Probanden gebildet:

- Senioren, die sich selbst versorgen,
- Senioren, denen die Nahrung angeliefert wird (Essen auf Rädern),
- Senioren, deren Nahrungsaufnahme aus passierter Kost besteht.

Die dabei gefundenen Ergebnisse sollen Aufschluss darüber geben, ob ein Mangel an Spuren- und Mengenelementen besteht und daraus gefolgert werden kann, dass eine Substitution derselben notwendig ist oder nicht.



Quelle: Statistisches Bundesamt¹
Abbildung 1: Alterspyramiden in Deutschland

¹ Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2009), Bevölkerung Deutschlands bis 2060 - 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, S. 15, Wiesbaden.

2 Spurenelemente

Mineralstoffe, die im Körper an verschiedene Medien gebunden in Massenanteilen von weniger als 50 mg/kg vorkommen, werden als Spurenelemente (Mikroelemente) bezeichnet.

Periodensystem der Elemente

© Peter Wich - Experimentalchemie.de - Chemie erleben!

Quelle: <http://www.experimentalchemie.de/05-e-pse.htm>²

Abbildung 2: *Periodensystem der Elemente*

² Wich, P. (2010), URL: <http://www.experimentalchemie.de/05-e-pse.htm> [Stand 30.09.2010].

2.1 Eisen

2.1.1 Physiologie

Für alle Lebewesen ist Eisen ein essentielles Spurenelement. Der Gesamtbestand im menschlichen Körper beträgt 3 - 5 g.

Es wird vor allem für die Blutbildung benötigt. Im Körper liegt es oxidiert als Eisen (II) und Eisen (III) vor. Eisen (III)-Ionen, die nicht unmittelbar an das Blut abgegeben werden können, werden gespeichert. Sie binden in den Enterozyten an Apoferritin, wobei Ferritin entsteht. Tritt im Organismus ein Eisendefizit auf, kann Eisen mobilisiert werden³.

Als Zentralatom des Cofaktors Häm b in Hämoglobin sowie in Myoglobin und in Cytochromen ist es bei vielen Lebewesen - insbesondere auch beim Menschen - für Sauerstofftransport und -speicherung sowie für die Verstoffwechslung (Cytochrome) verantwortlich⁴.



Quelle: <http://www.bioorganik.tu-berlin.de>⁵

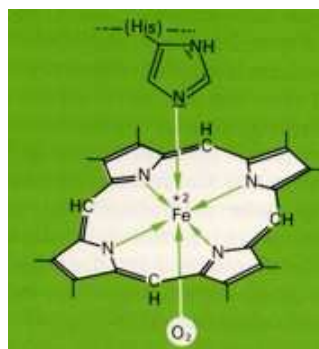
Abbildung 3: *Humanhämoglobin*

Der Transport von Eisenionen im Blut erfolgt durch Transferrin, ein Glykoprotein, das in der Leber gebildet wird. In diesem Protein liegt es von einem planaren Porphyrinring umgeben vor.

³ Vgl. Horn, F. (2003), S. 490-491.

⁴ Vgl. Ekmekcioglu, C. (2000), S. 18.

⁵ Technische Universität Berlin (Hrsg.) (2010), URL: <http://www.bioorganik.tu-berlin.de> [Stand 30.09.2010].



Das Myoglobin ist mit einer Häm-Gruppe verknüpft. Diese enthält einen stickstoffhaltigen Porphyrinring und ein zentrales Eisenatom.

Quelle: <http://www.guidobauersachs.de/oc/protein.html>⁶

Abbildung 4: *Myoglobin*

Eisen ist das vierthäufigste aller Elemente und das häufigste der sogenannten Übergangsmetalle auf der Erdoberfläche und in lebenden Organismen⁷.

2.1.2 Bioverfügbarkeit und Vorkommen

In der Nahrung liegt Eisen vor allem in seiner dreiwertigen Form vor, in der es nur schlecht resorbiert werden kann. Es wird daher im Duodenum zu zweiwertigem Eisen reduziert, wobei Vitamin C sowie SH-Gruppen-haltige Aminosäuren behilflich sind⁸.

Eisen ist in ausreichender Menge in der normalen Nahrung enthalten⁹.

Die höchsten Eisenmengen finden sich in Fleisch, Fleischprodukten, Innereien (zweiwertiges Eisen), Getreide und Hülsenfrüchten (dreiwertiges Eisen)¹⁰.

Der hohe Anteil von Hämoglobin-Eisen am Gesamteisen bewirkt eine gute Eisenabsorption aus dem Fleisch. Bei Aufnahme phosphat- und oxalatreicher Nahrung wird die Eisenresorption durch Bildung unlöslicher Komplexe gehemmt¹¹.

Der Mensch nimmt täglich mit der Nahrung 10 bis 20 mg Eisen zu sich. Davon wird nur etwa 1 mg über den Darm resorbiert. Dies entspricht etwa 10 % des Nahrungseisens¹².

⁶ Bauersachs, G. (2010), URL: <http://www.bioanorganik.tu-berlin.de> [Stand 30.09.2010].

⁷ Vgl. Horn, F. (2003), S. 489.

⁸ Vgl. Horn, F. (2003), S. 490.

⁹ Vgl. Böcker, W. (2004), S. 1113.

¹⁰ Vgl. Ekmekcioglu, C. (2000), S. 19.

¹¹ Vgl. Zumkley, H. (1983), S. 30.

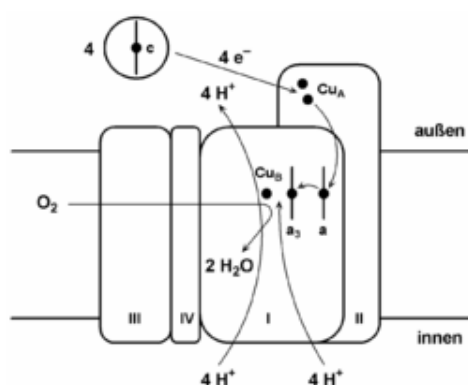
¹² Vgl. Horn, F. (2003), S. 490.

2.2 Kupfer

2.2.1 Physiologie

Kupfer liegt im Organismus vorwiegend an Proteine gebunden vor (80 – 90 % an Coeruloplasmin). Es spielt als Bestandteil verschiedener Enzyme bei wichtigen Stoffwechselreaktionen eine wesentliche Rolle¹³.

Als Katalysator der Cytochromoxidase, dem Komplex IV der Atmungskette, ist es für den Eisentransport im Blut notwendig¹⁴.



Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Cytochrom-c-Oxidase>¹⁵

Abbildung 5: *Cytochrom-c-oxidase*

Bei der antioxidativen Abwehr (Superoxiddismutase, Coeruloplasmin), der Synthese und dem Abbau von Katecholaminen (Dopamin-Hydroxylase, Monoaminoxidase) greift es protektiv ein.

Bildung und Funktion des Bindegewebes werden durch die kupferhaltige Lysyloxidase positiv beeinflusst. Studien an niederen Eukaryoten weisen darauf hin, dass eine Beteiligung von Kupfer als essentielle Komponente von Transkriptionsfaktoren (ACE1, AMT1, MAC1) an der Genexpression (Proteinsynthese) beteiligt ist¹⁶.

Die empfohlene Zufuhr für den Menschen beträgt pro Tag 1.5 - 3 mg¹⁷.

¹³ Vgl. Ekmekcioglu, C. (2000), S. 19.

¹⁴ Vgl. Horn, F. (2003), S. 473.

¹⁵ Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.) (2009), URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Cytochrom-c-Oxidase> [Stand 01.10.2010].

¹⁶ Vgl. Ekmekcioglu, C. (2000), S. 23.

¹⁷ Vgl. Horn, F. (2003), S. 800.

2.2.2 Bioverfügbarkeit und Vorkommen

Als bioverfügbares Kupfer bezeichnet man die Menge, die oral aufgenommen wurde und die für die physiologischen und metabolischen Funktionen des Körpers zur Verfügung stehen.

Es wird hauptsächlich im Duodenum und Jejunum resorbiert (30 – 75 %).

Muttermilch, tierisches Protein und Fruktose haben einen fördernden Effekt auf die Kupferresorption. Experimentellen Untersuchungen zufolge wird die intestinale Aufnahme von Kupfer durch einen hohen Gehalt an pflanzlichem Protein, Zink, Eisen, Molybdän, Vitamin C, Kalzium, Phosphor und Antazida erniedrigt. Bei der Wilson Krankheit wird Zink therapeutisch eingesetzt um die Kupferresorption zu hemmen¹⁸.

Kupfer wird über die Nahrung vor allem durch Schokolade, Leber, Getreide, Gemüse, Nüsse, Innereien und Schalentiere aufgenommen¹⁹.

2.3 Selen

2.3.1 Physiologie

Selen liegt im Organismus eines Erwachsenen mit 10 – 20 mg vor. Dabei ist der größte Teil an Proteine gebunden. Weiterhin ist es Bestandteil der Glutathion-Peroxidasen. Diese neutralisieren Peroxide, welche die Strukturen der Zelle destabilisieren. Somit schützen sie die zellulären Strukturen vor oxidativer Schädigung (H₂O₂).

Am Schilddrüsenstoffwechsel ist es als Bestandteil der Typ-I-Jodthyronin-5-Dejodase beteiligt²⁰. Diese aktiviert das Schilddrüsenhormon T₄. Zur Funktionsfähigkeit der Thioredoxin-Reduktase, dem Enzym, welches die reduzierenden Reaktionen reguliert, ist Selen essentiell²¹.

Durch Selengabe wird die Aktivität der Glutathion-Peroxidase gesteigert und somit die Inflammation reduziert. Dieser protektive Effekt wird auch bei anderen endokrinen Autoimmunerkrankungen diskutiert²².

Die selenhaltige Thioredoxin-Reduktase reguliert reduzierende Reaktionen und ist somit maßgeblich an der Entgiftung von Medikamenten und Toxinen im Körper beteiligt.

¹⁸ Vgl. Ekmekcioglu, C. (2000), S. 19-20.

¹⁹ Siehe Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.) (2010), URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Kupfer#Biologische_Eigenschaften [Stand 01.10.2010].

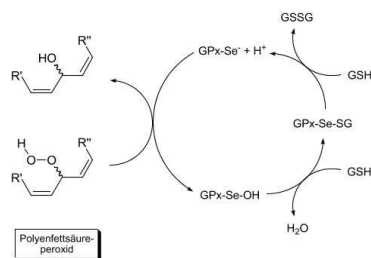
²⁰ Vgl. Ekmekcioglu, C. (2000), S. 19.

²¹ Vgl. Zumkley, H. (1983), S. 263-264

²² Turker, O. (2006), S. 151-156.

In der Literatur wird über den Selengehalt bestimmter Proteine, welche im Plasma, dem Herzen und der Muskulatur vorkommen, berichtet. Ihre Funktion ist in weiten Bereichen noch nicht eindeutig geklärt^{23 24}.

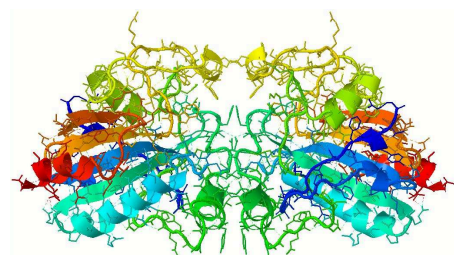
Als Therapieergänzung beim kolorektalen Karzinom wird durch Supplementation von Selen eine Zunahme der Glutathion-Peroxidase erreicht, wodurch die Lebensqualität der Patienten gesteigert wird²⁵.



Quelle: http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/16/im/antioxsys/antioxsys.vlu/Page/vsc/de/ch/16/im/antioxsys/glutathion_perox.vscml.html²⁶

Abbildung 6: Redox-Zyklus der Selen-abhängigen Glutathion-Peroxidase

In Abhängigkeit vom Zellmilieu und dem Subtyp der Glutathion-Peroxidase können verschiedene Peroxide mit Glutathion (GSH) zu Glutathion-disulfid (GSSG) reduziert werden.



Quelle: http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/16/im/antioxsys/antioxsys.vlu/Page/vsc/de/ch/16/im/antioxsys/glutathion_perox.vscml.html²⁷

Abbildung 7: Glutathion-Peroxidase (Bändermodell)

In der Literatur wird beschrieben, dass bei sondenernährten Patienten Selenmangel auftreten kann, der sich in EKG-Veränderungen äußert.

²³ Vgl. Zumkley, H. (1983), S. 263 ff.

²⁴ Vgl. Gärtner R. (2002), S. 1687-1691.

²⁵ Vgl. Lasch K. (1999), S. 97-100.

²⁶ CHEMGAROO (Hrsg.) (2010), URL: http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/16/im/antioxsys/antioxsys.vlu/Page/vsc/de/ch/16/im/antioxsys/glutathion_perox.vscml.html [Stand 07.10.2010].

²⁷ CHEMGAROO (Hrsg.) (2010), URL: http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/16/im/antioxsys/antioxsys.vlu/Page/vsc/de/ch/16/im/antioxsys/glutathion_perox.vscml.html, [Stand 07.10.2010].

Deshalb sollte besonders bei diesen Patienten auf ausreichende Selenzufuhr geachtet werden²⁸.

Auch bei längerer parenteraler Ernährung ist auf optimale Selensupplementation zu achten. Grenzwertige Selenzufuhr führt bei Patienten mit geringen Selenreserven in absehbarer Zeit zu einem Mangelsyndrom. Dies geschieht vor allem bei Patienten, die auf Grund gastrointestinaler Erkrankungen oder Stoffwechselerkrankungen längere Zeit mit Infusionslösungen oder PEG-Nahrung ernährt werden²⁹.

2.3.2 Bioverfügbarkeit und Vorkommen

Selen kommt in allen menschlichen Zellen und Geweben vor. Die Selenanreicherung der Nahrung geschieht in erster Linie durch die Kulturpflanzen, insbesondere über pflanzliche Nahrungsmittel wie Weizen, Mais, Sojabohnen, Baumwollsaatmehl, Hefe sowie über tierische Nahrungsmittel wie Fisch und Fleischprodukte³⁰.

Die Resorption des Selens findet hauptsächlich im Duodenum statt. Nach der Resorption wird Selen zunächst an Plasmaproteine gebunden. Die Plasmaproteine bewirken die Verteilung im Gewebe, den Erythrozyten, Leukozyten, einschließlich Knochen und Haaren.

Im Körper weisen die Nieren, besonders die Nierenrinde, die höchste Selenkonzentration auf. Hohe Werte haben ebenfalls Drüsengewebe, vor allem Pankreas, Hypophysenvorderlappen sowie die Leber. Der Selengehalt des Herzmuskels ist größer als der des Skelettmuskels³¹.

2.4 Strontium

2.4.1 Physiologie

Strontium ist im Periodensystem bei den Erdalkalimetallen mit der Ordnungszahl 38 eingeordnet³².

Das Element ist besonders in der Form ⁹⁰Strontium als radioaktives Element mit einer Halbwertszeit von 7 bis 9 Jahren bekannt. Als Calciumantagonist kann es im Knochen gespeichert werden. Den Körper verlässt es in kleinen, jedoch kontinuierlichen Mengen wieder über

²⁸ Paku S. (2002), S. 37-42.

²⁹ Hatanaka, N. (2000), S. 22-26.

³⁰ Vgl. Zumkley, H. (1983), S. 181.

³¹ Vgl. Zumkley, H. (1983), S. 182.

³² Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.) (2010), URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Strontium> [Stand 03.10.2010].

den Urin. Im EDTA-Blut ist es in einer Konzentration $< 19.8 \mu\text{g/l}$ (vgl. Hausstaub $< 202.5 \text{ mg/kg}$) vorhanden³³.

2.4.2 Bioverfügbarkeit und Vorkommen

Strontium gelangt über den Gastrointestinaltrakt in den Organismus. Es wird jedoch nur zu 5 – 25 % resorbiert. Da der menschliche Körper zwischen Calcium und Strontium kaum zu unterscheiden vermag, wird Strontium wie Calcium als Bestandteil in die Knochen eingebaut. Strontium findet man nach Nuklearsprengungen und im Bereich von Kernkraftwerken.

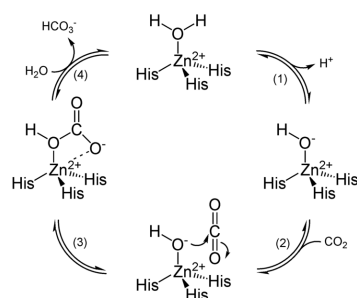
⁹⁰Strontium wurde durch Atomwaffenversuche und durch die Katastrophe von Tschernobyl in der Biosphäre verbreitet und wird dort auf Grund seiner Halbwertszeit von 28.8 Jahren noch lange Zeit nachweisbar sein.

Das in geringen Mengen natürlich vorkommende Strontium schadet dem Organismus nicht; das radioaktive Isotop ⁹⁰Strontium ist aufgrund seiner Anreicherung und langen Halbwertszeit gefährlich³⁴.

2.5 Zink

2.5.1 Physiologie

Zink ist Bestandteil von über 300 Enzymen so z. B. der Alkohol-Dehydrogenase, der Glutamat-Dehydrogenase und der Carboanhydrase. Die α -Carboanhydrasen (α -CA) sind Enzyme, die die Hydratisierung von Kohlenstoffdioxid zu Kohlensäure und umgekehrt katalysieren. Kohlendioxid lässt sich im Körper leichter als Hydrogencarbonat transportieren, daher ist eine reversible Umwandlung sinnvoll. Außerdem wird über die Reaktion der pH-Wert des Blutplasmas und der Magensäure geregelt.



Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/A-Carboanhydrasen>³⁵

Abbildung 8: *Mechanismus der Carboanhydrase*

³³ Vgl. Ebert, W. M. (2005), S. 84.

³⁴ Vgl. Riond, J. L. (2004), S. 547-554.

³⁵ Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.) (2010), URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/A-Carboanhydrasen> [Stand 03.10.2010].

Darüber hinaus spielt Zink eine wichtige Rolle bei der Speicherung von Insulin in den Pankreaszellen und ist für die Wirkung der lipophilen Hormone an der DNA verantwortlich³⁶.

Zink ist für den Vitamin-A Stoffwechsel bedeutend und daher für das Nachtsehen wichtig. Außerdem ist Zink an der Verdauung von Proteinen (Carboxypeptidase A und B) und Kohlenhydraten (α -Amylase) beteiligt.

Bei der Wundheilung und Immunabwehr sowie zur Bildung von Testosteron ist Zink notwendig³⁷.

Der Plasmazinkgehalt beträgt nur 0.1 % des Gesamtkörperbestands und bewegt sich zwischen 10 -15 $\mu\text{mol/l}$. Die Hauptmenge von ca. 85 % befindet sich in der Muskulatur und in den Knochen. In Haut und Leber kommen ca. 11 % vor, der Rest verteilt sich in den anderen Geweben³⁸.

2.5.2 Bioverfügbarkeit und Vorkommen

Gute Zinkquellen sind Fleisch, verschiedene Fischarten, Innereien, Milchprodukte und besonders Schalentiere. Dagegen weisen Knollen und Wurzelgemüse, pflanzliche und tierische Fette, Zucker und deren Verarbeitungsprodukte einen sehr niedrigen Zinkgehalt auf³⁹.

Krankheiten wie Diabetes mellitus, Pankreasinsuffizienz, Zöliakie, Morbus Crohn und chronischer Alkoholismus vermindern die Zinkresorption.

Einen hemmenden Einfluss auf die Resorptionsrate von Zink haben weiterhin Phytate, Oxalate und Polyphenole⁴⁰.

Die Komplexbildner Histidin und Cystein sowie einzelne Aminosäuren verbessern die Zinkabsorption⁴¹.

Die intestinale Bioverfügbarkeit von Zink beträgt 20 – 40 %. Es wird somit gut resorbiert. Dabei lässt sich der Zinkgehalt des Serums in zwei großen Eiweißkomponenten nachweisen. Zwei Drittel der Gesamt-Serum-Zinkkonzentration findet sich in einem Eiweißkomplex, der vornehmlich aus Albumin besteht, während das weitere Drittel in der α 2-Makroglobulinfraktion enthalten ist.

³⁶ Vgl. Horn, F. (2003), S. 773.

³⁷ Vgl. Ekmekcioglu, C. (2000), S. 19.

³⁸ Vgl. Ekmekcioglu, C. (2006), S. 39-62.

³⁹ Vgl. Zumkley, H. (1983), S. 32.

⁴⁰ Vgl. Ekmekcioglu, C. (2000), S. 20.

⁴¹ Vgl. Zumkley, H. (1983), S.32.

3 Mengenelemente

Mineralstoffe, die im Körper an verschiedenen Medien gebunden in Massenanteilen von mehr als 50 mg/kg vorkommen, werden als Mengenelemente bezeichnet. Weil Mengenelemente im wässrigen Milieu meist ionisiert vorliegen, d. h. als positiv (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) oder als negativ (Cl^- , HPO_4^{2-} , SO_4^{2-}) geladene Teilchen, werden sie aus diesem Grund auch als Elektrolyte bezeichnet.

3.1 Calcium

3.1.1 Physiologie

Der menschliche Körper enthält 1 – 2 kg Calcium, das zu 98 % im Skelett gespeichert wird. Nur ein kleiner Teil freien Calciums wird für die intrazellulären Stoffwechselforgänge eingesetzt. Intrazelluläres Calcium liegt größtenteils in Form von unlöslichen Komplexen vor.

Die Plasma-Calciumkonzentration, die beim Erwachsenen 2.2 – 2.7 mmol/l beträgt, setzt sich aus drei Fraktionen zusammen⁴²:

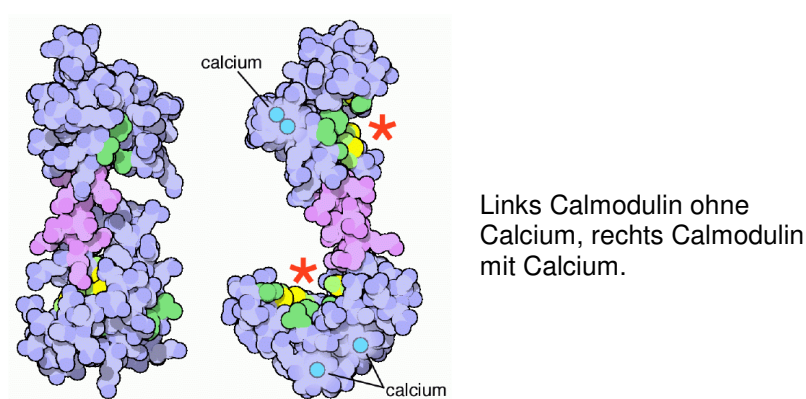
1. ionisiertes Calcium mit 50 % des Gesamt-Calciums,
2. proteingebundenes Calcium vorwiegend an Albumin und zu einem kleinen Teil an Globuline gebunden, entspricht ca. 45 % und
3. komplexgebunden liegt es vorwiegend an Anionen wie Phosphat, Citrat und Bikarbonat gebunden vor (ca. 5 %).

Calcium spielt eine wichtige Rolle für die Regulation des Zellstoffwechsels.

Viele Effekte werden dabei nicht vom Calcium als Ca^{2+} - Ion vermittelt, sondern von Ca^{2+} zusammen mit diversen Calcium bindenden Proteinen, die in großer Zahl in der Zelle vorliegen. Das Wichtigste ist das Calmodulin⁴³.

⁴² Vgl. Pfreundschuh, M. (2004), S. 340.

⁴³ Vgl. Horn, F. (2003), S. 347.



Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Calmodulin>⁴⁴

Abbildung 9: Kalottenmodelle von Calmodulin ohne/mit Calcium

3.1.2 Bioverfügbarkeit und Vorkommen

Pro Tag werden mit der Ernährung 500 – 1500 mg Calcium zugeführt, von denen ungefähr die Hälfte resorbiert wird.

Über die Nahrung wird Calcium vor allem mit Milch und Milchprodukten aufgenommen⁴⁵. Kombiniert man die Milchprodukte mit Vitamin D, wird die Calciumresorption erhöht. Für Erwachsene, die an chronischen Krankheiten wie Osteoporose und Bluthochdruck leiden, wird eine erhöhte Zufuhr an Calcium und Vitamin D empfohlen⁴⁶.

Der Calciumaustausch im Knochen liegt bei 500 mg/d.

350 – 1000 mg/d Calcium werden gastrointestinal und 500 - 1400 mg/d renal ausgeschieden⁴⁷.

3.2 Kalium

3.2.1 Physiologie

Der Kaliumnormbereich im Serum beträgt 3.6 – 4.8 mmol/l.

Das Kation Kalium befindet sich zu 98 % im Intrazellulärraum. Deswegen ist die Aussagekraft des Serumkaliumspiegels nur bedingt relevant. Der Kalium intrazellulär- / Kalium extra-

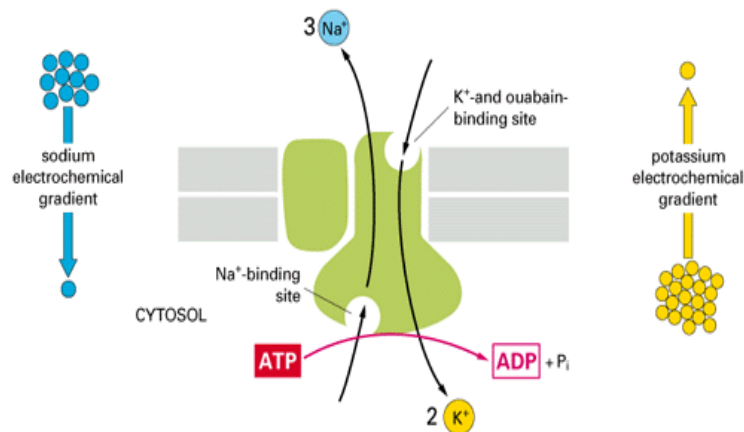
⁴⁴ Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.) (2010), URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Calmodulin> [Stand 09.10.2010].

⁴⁵ Vgl. Pfreundschuh, M. (2004), S. 340.

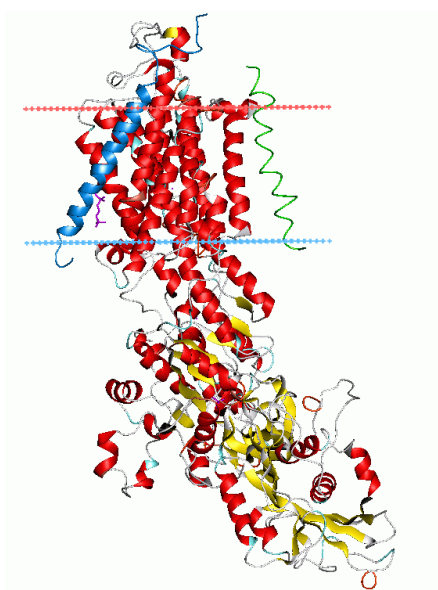
⁴⁶ Vgl. Miller, G. D. (2001), S. 168-185.

⁴⁷ Vgl. Pfreundschuh, M. (2004), S. 340.

zellulär-Quotient, der durch aktiven Transport (Na^+ / K^+ -ATPase) aufrechterhalten wird, bestimmt das Membranpotential⁴⁸.



Quelle: [http://219.221.200.61/ywwy/zbsw\(E\)/edetail5.htm](http://219.221.200.61/ywwy/zbsw(E)/edetail5.htm)⁴⁹
Abbildung 10: Na^+ / K^+ ATPase



Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Natrium-Kalium-Pumpe>⁵⁰
Abbildung 11: Na^+ / K^+ ATPase - Bändermodell

⁴⁸ Vgl. Herold, (2010), S. 508.

⁴⁹ Sichuan University (Hrsg.) (2010), URL: [http://219.221.200.61/ywwy/zbsw\(E\)/edetail5.htm](http://219.221.200.61/ywwy/zbsw(E)/edetail5.htm) [Stand 10.10.2010].

⁵⁰ Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.) (2010), URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Natrium-Kalium-Pumpe> [Stand 10.10.2010].

Da das Ruhemembranpotential der Zellmembran durch den Kaliumgradienten aufrechterhalten wird, hat dieser eine entscheidende Bedeutung für die elektrische Erregbarkeit der Nerven- und Muskelzellen. Die extrazelluläre Kaliumkonzentration ändert sich vor allem unter pathologischen Bedingungen, wobei die intrazelluläre dabei relativ stabil bleibt⁵¹.

Die Aktivität zahlreicher Enzyme wird, wie die Eiweiß- und Glykogensynthese, vom Kalium beeinflusst. 3,5 - 5,5 mmol/l der Kaliumionen befinden sich im extrazellulären Raum und beeinflussen somit die Regulation.

Dabei sind zwei verschiedene Regulationsmöglichkeiten zu unterscheiden⁵²:

1. Die schnelle Regulation: Mittels Umverteilung zwischen Intra- und Extrazellulärraum, bei der auch das Insulin eine wichtige Rolle spielt.
2. Die langfristige Regulation: Eine Aufgabe der Niere unter dem Einfluss der Natrium-Ausscheidung und von Aldosteron. Eine vermehrte Na⁺-Resorption durch Aldosteronwirkung bewirkt gleichzeitig eine Erhöhung der K⁺-Ausscheidung durch den Urin.

3.2.2 Bioverfügbarkeit und Vorkommen

Die tägliche Kaliumzufuhr beträgt bei gemischter Kost ca. 50 - 160 mmol/d, die Ausscheidung erfolgt zu 90 % renal und 10 % enteral. Bei Niereninsuffizienz wird kompensatorisch vermehrt über den Dickdarm ausgeschieden⁵³.

Bei ausreichendem tubulärem Fluss beträgt die maximale Ausscheidungskapazität für Kalium bei akuter Belastung 200 mmol/d, bei chronischer Belastung annähernd das Doppelte, ca. 350 mmol/d. Somit kann der Organismus auf eine erhöhte Kaliumzufuhr reagieren.

Bei verminderter Kaliumzufuhr stellt sich erst nach mehreren Tagen evtl. auch Wochen eine verminderte renale Kaliumexkretion ein, so dass die Gefahr einer Hypokaliämie besteht⁵⁴.

Kalium, Phosphor und Proteine haben einen vorteilhaften Effekt auf die Knochendichte. Somit wirkt sich ein ausgeglichener Kaliumhaushalt im Körper positiv auf die Osteogenese aus⁵⁵.

⁵¹ Vgl. Renz-Polster, H. (2004), S. 974-975.

⁵² Vgl. Horn, F. (2003), S. 384.

⁵³ Vgl. Herold, G. (2010), S. 508.

⁵⁴ Vgl. Pfreundschuh, M. (2004), S. 49.

⁵⁵ Vgl. Whiting, S. J. (2002), S. 402-409.

Weitere Studien zeigten die protektive Wirkung in Bezug auf Schlaganfälle⁵⁶.

Kardiovaskuläre Ereignisse lassen sich durch vermehrte Kaliumzufuhr reduzieren. Dabei verursacht Kalium eine Freisetzung von endothelialen Stickoxiden, die sich blutdrucksenkend auswirkt^{57 58}.

Kalium kommt vor allem in folgenden Nahrungsmitteln vor: Bananen, Pflaumen, Gemüse, Aprikosen, Kartoffeln, Milchprodukten, Fleisch, Fisch und getrockneten Früchten. Dabei weisen Bananen und Aprikosen den höchsten Kaliumgehalt auf.

Bei unsachgemäßer Nahrungszubereitung geht der größte Anteil an Kalium verloren; daher ist es wichtig Gemüse und Obst schonend zuzubereiten⁵⁹.

3.3 Magnesium

3.3.1 Physiologie

Magnesium spielt als Cofaktor enzymatischer Reaktionen und als Calciumantagonist im Stoffwechsel eine wichtige Rolle. Der ATP-Stoffwechsel ist magnesiumabhängig.

Des Weiteren ist Magnesium ein essentieller Bestandteil der Glykolyse sowie der Proteinbiosynthese. Jeder Schritt der DNA-Transkription sowie der RNA-Translation setzt das Vorhandensein ausreichender Magnesiummengen voraus.

Die Kontraktilität der glatten sowie der quer gestreiften Muskulatur ist wie die Reizleitung des Nervensystems vom Vorhandensein ausreichender Magnesiumkonzentrationen abhängig.

Im menschlichen Organismus sind mehr als 300 intrazelluläre und membranassoziierte Reaktionen essentiell vom zweiwertigen Kation Magnesium abhängig⁶⁰.

Es wurde gezeigt, dass erhöhte Magnesiumzufuhr die Letalitätsraten bei KHK senkt⁶¹.

Des Weiteren beeinflusst Magnesium die Sensitivität endothelialer Zellen sowie der Fibroblasten im menschlichen Körper⁶².

⁵⁶ Vgl. Khaw, K. T. (1987), S. 235-240.

⁵⁷ Vgl. Oberleithner, H. (2009), S. 2829-2834.

⁵⁸ Vgl. Chang, H. Y. (2006), S. 1289-1296.

⁵⁹ Internetservice Kummer + Oster GbR (Hrsg.) (2010), URL <http://jumk.de/bmi/mineralstofftabelle.php> [Stand: 17.10.2010].

⁶⁰ Vgl. Killilea, D. W. (2008), S. 77-82.

⁶¹ Vgl. Al-Delaimy, W. K. (2004), S. 63-70.

⁶² Vgl. Killilea, D. W. (2008), S. 77-82.

3.3.2 Bioverfügbarkeit und Vorkommen

Der Serum-Magnesiumgehalt im menschlichen Organismus beträgt 0.8 – 1.1mmol/l. Das vierthäufigste Kation im menschlichen Körper liegt dabei in ionisierter Form vor.

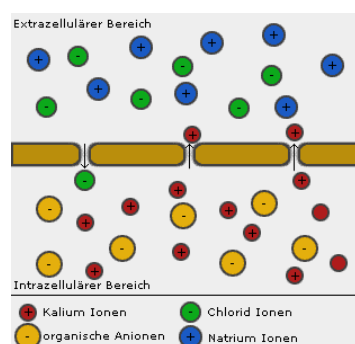
Während 55 % im Blut frei ionisiert zirkulieren, sind 30 % an Proteine gebunden sowie 15 % als Komplex vorliegend. Bei einem 70 kg schweren Erwachsenen beträgt der Gesamtbestand an Magnesium ca. 1000 mmol, dies entspricht einem Gesamtmagnesiumbestand von 24 g. Dabei wird weniger als 1 % des Gesamtbestandes im Blut gefunden, mehr als die Hälfte im Knochengewebe, der verbleibende Teil ist in Muskulatur und Weichteilgeweben gebunden⁶³.

Magnesium wird über den Gastrointestinaltrakt aufgenommen. Besonders angereichert kommt es in Sesamsamen und Leinsamen, Weizenkeimen und Sojabohnen, Nüssen, Vollkornbrot und Hülsenfrüchten vor.

3.4 Natrium

3.4.1 Physiologie

Der Natriumbestand des Organismus beträgt 60 mmol/kg. Als Hauptkation befindet sich Natrium vor allem im extrazellulären Raum. Dadurch gewährleistet Natrium, dass die aktiven Transportmechanismen der Zellmembran Natrium auf der Extrazellulärseite, Kalium hingegen auf der Intrazellulärseite anreichern⁶⁴.



Quelle: <http://www.biolk-gsg.de/buch/kap1/ruhepotential.html>⁶⁵

Abbildung 12: Ruhepotential einer Nervenzelle

⁶³ Möhnle, P. (2001), S. 377-391.

⁶⁴ Herold, S. (2006), S. 501.

⁶⁵ Vgl. Bossek, J. (2010), URL: <http://www.biolk-gsg.de/buch/kap1/ruhepotential.html> [Stand 13.10.2010].

Die Na^+/K^+ ATPase befördert Natrium aktiv. Im Gegensatz zu Wasser, das sich auf Grund seiner guten Permeabilität gleichzeitig intra- und extrazellulär verteilt, befindet sich Natrium fast ausschließlich extrazellulär. Durch die Volumen- und Osmoregulation besteht eine enge pathophysiologische Verknüpfung zwischen Natrium- und Wasserhaushalt.

Im Körper gibt es verschiedene Mechanismen, welche für die Natriumregulation verantwortlich sind. Die ADH-Regulation verhindert einen Anstieg der Serumnatriumkonzentration. Des Weiteren greift das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System wie auch das ANP, Adrenalin, Noradrenalin sowie Dopamin in den Regulationskreislauf ein⁶⁶.

Die täglich über die Nahrung zuzuführende Natriummenge beträgt beim Menschen 1 – 3 g. Dies entspricht etwa 5 g Natriumchlorid⁶⁷.

3.4.2 Bioverfügbarkeit und Vorkommen

Vom Gesamtnatrium des Körpers befinden sich 30 % im Knochen; dieser Anteil ist nicht am Natriumaustausch beteiligt.

Die weiteren 70 % des Körpernatriums sind rasch austauschbar (41 mmol/kg). Dabei verteilen sich 97 % auf das Extrazellulärvolumen (40 mmol/kg) sowie 3 % auf das Intrazellulärvolumen (1.5 mmol/kg)⁶⁸.

3 % des Gesamtkörpernatriums werden täglich ausgetauscht. Die Resorption findet im mittleren und unteren Ileum statt, wogegen die Ausscheidung zu 95 % über die Nieren erfolgt. Etwa 84 % des glomerulär filtrierten Natriums werden im proximalen und 14.5 % im distalen Tubulus resorbiert; 9.5 % werden im Urin ausgeschieden⁶⁹.

Natrium wird vor allem durch das in der Nahrung enthaltene Kochsalz dem Körper zugeführt. Dabei finden sich nicht zu vernachlässigende Konzentrationen in den Fertigprodukten⁷⁰.

3.5 Phosphat

3.5.1 Physiologie

Der Phosphorgehalt des Serums beträgt 0.85 – 1.6 mmol/l. Phosphor kommt im Organismus fast ausschließlich als Phosphat vor. 20 % des Serumphosphats sind proteingebunden⁷¹.

⁶⁶ Vgl. Simpson, F. O. (1988), S. 25-29.

⁶⁷ Vgl. Pfreundschuh, M. (2004), S. 220.

⁶⁸ Vgl. Pfreundschuh, M. (2004), S. 220.

⁶⁹ Vgl. Ebert, W. M. (2005), S. 27.

⁷⁰ Vgl. Dötsch, M. (2009), S. 841-851.

⁷¹ Vgl. Herold, G. (2010), S. 731.

Es ist Bestandteil der DNA- und RNA-Moleküle, der Trägersubstanz der Erbinformation aller Lebewesen. Als häufigstes intrazelluläres Anion ist Phosphat vor allem für den Energiehaushalt in der Zelle bedeutsam. Auch ist es ein wichtiger Bestandteil vieler Enzyme, z. B. des für den O₂-Transport ins Gewebe verantwortlichen 2,3 Diphosphoglyzerats. Im Tubulussystem der Niere spielt es als Puffersubstanz eine nicht zu unterschätzende Rolle⁷².

3.5.2 Bioverfügbarkeit und Vorkommen

Bei einem 70 kg schweren Menschen finden sich ca. 700 g Phosphor, wobei 600 g im Knöchensystem eingebunden vorliegen. Weiterhin spielt es als Bestandteil der Nukleotide, z. B. ATP, eine wichtige Rolle⁷³.

Die Aufnahme erfolgt oral mit Resorption im Duodenum und oberen Jejunum; die Ausscheidung vor allem über die Nieren.

Der Tagesbedarf eines erwachsenen Menschen beträgt ca. 0.75 g Phosphor. Er ist in Milchprodukten, Fleisch, Fisch und Brot reichlich vorhanden⁷⁴.

3.6 Schwefel

3.6.1 Physiologie

Schwefel ist ein wichtiger Bestandteil vieler im Körper vorhandener Verbindungen. Besonders in den Aminosäuren Methionin, Cystein, Cystin, Homocystein und Taurin ist Schwefel gebunden.

Die als Antibiotika in der Medizin eingesetzten Sulfonamide enthalten ebenfalls Schwefel^{75 76}.

Als Methylsulfonylmethan wird es therapeutisch zur Schmerzbekämpfung verabreicht und in dieser Verbindung wird es über den Gastrointestinaltrakt gut resorbiert. Da es keinerlei wachstumsverändernde Eigenschaften besitzt, kann Methylsulfonylmethan eventuell in naher Zukunft zur Schmerzlinderung eingesetzt werden⁷⁷.

Durch die Hemmung proinflammatorischer Mediatoren in Makrophagen wirkt es im Körper entzündungshemmend und heilungsfördernd.

⁷² Vgl. Renz-Polster, H. (2004), S. 958-986.

⁷³ Vgl. Horn, F. (2003), S. 10.

⁷⁴ Vgl. Renz-Polster, H. (2004), S. 986.

⁷⁵ Vgl. Parcell, S. (2002), S. 22-44.

⁷⁶ Vgl. Magnuson, B. A. (2007), S. 977-984.

⁷⁷ Vgl. Horváth, K. (2002), S. 1459-1462.

Deshalb werden schwefelhaltige Phytopharmaka (Teufelskralle), schwefelhaltige Nahrungsergänzungsmittel und schwefelhaltige Arzneizubereitungen zur Behandlung entzündlicher Erkrankungen, vor allem des Bewegungsapparates eingesetzt^{78 79 80 81}.

Bei verschiedenen Hauterkrankungen werden schwefelhaltige Externa erfolgreich angewandt. Vor allem nässende Ekzeme, Windeldermatitis und Akne sprechen gut auf diese Therapie an. In der Balneologie wird er in Verbindung mit anderen Mineralien als Peloid angewandt. Dabei wird von einer kutanen Resorption des Schwefels ausgegangen⁸².

3.6.2 Bioverfügbarkeit und Vorkommen

Der Gesamtbestand an Schwefel im menschlichen Körper beträgt ca. 150 g.

In der Natur kommt Schwefel vor allem in Schwefelquellen und Fumarolen der Vulkane vor. Besonders angereichert werden seine Verbindungen über Eiweißprodukte dem Körper zugeführt. Eier, Fleisch, Milch und Milchprodukte aber auch Kohlarten, Zwiebeln, Knoblauch, Rettiche und Kressearten sind sehr schwefelhaltig⁸³.

Resorbiert wird der gebundene Schwefel über den Magen-Darm-Trakt.

⁷⁸ Vgl. Atmaca, G. (2004), S. 776-788.

⁷⁹ Vgl. Brien, S. (2008), S. 1277-1288.

⁸⁰ Vgl. Kim, Y. H. (2009), S. 651-656.

⁸¹ Vgl. Gregory, P. J. (2008), S. 177-184.

⁸² Vgl. Berardesca, E. (2006), S. 526-531.

⁸³ Vgl. Schlieper, C. A. (1981), S. 44.

4 Gesamteiweiß

Gesamteiweiß als Begriff beinhaltet die Gesamtkonzentration aller Eiweiße im Blut. Der Normwert bei Erwachsenen beträgt ca. 6.6 – 8.3 g/dl⁸⁴.

Die Bedeutung der Proteine spiegelt die Tatsache wieder, dass jede Zelle teilweise auf Proteine aufgebaut ist und diese einem kontinuierlichen Aufbau und Ersatz unterliegt. Da der Körper Eiweiß nicht selber bilden kann, ist er ausschließlich auf die Eiweißzufuhr über die Nahrung angewiesen.

Pflanzliche Eiweiße sind vor allem in Kartoffeln, Getreide, Soja- und Hülsenfrüchten enthalten. Tierische Eiweiße befinden sich in Eiern, Molkereiprodukten, Fleisch und Fisch. Der Bedarf an Eiweiß wird am besten durch den Verzehr beider Eiweißarten gedeckt. Tierisches Eiweiß ist meist hochwertiger und besser vom Körper zu verwerten als pflanzliches Eiweiß. Als Trägerprotein bewirken sie den Transport der Elemente.

⁸⁴ Vgl. Dörner, K. (2003), S. 108.

5 Patienten und Methodik

5.1 Patienten

Für die Studie wurden 70 Patienten im Alter von 71 bis 94 Jahren nach Zufallskriterien ausgewählt.

17 Patienten waren Männer, wogegen die Anzahl der Frauen 53 betrug.

Die Differenz in der Gruppenstärke der Geschlechter liegt sicher an der momentan doch noch höheren Lebenserwartung der weiblichen Bevölkerung, so dass für diese Studie mehr Frauen zur Verfügung standen.

Dabei wurden drei Gruppen gebildet. Eine Gruppe von Senioren (1), die sich ihre tägliche Ernährung selbst zubereitete. Eine weitere Gruppe (2), die sich durch einen täglichen Lieferservice (Essen auf Rädern, jedoch keine pürierte Kost) versorgen ließ, sowie eine weitere Gruppe (3), die durch passierte Kost z.B. auch im Altersheim ernährt wurde.

Überblick über die Zuordnung der Senioren

Gruppe 1 = Zuhause bzw. Selbstversorger	Gruppe 2 = Lieferservice bzw. Pflege	Gruppe 3 = Altersheim bzw. passierte Kost	Gesamt
N = 21 (30.0 %) 7 m (33.3 %) 14 w (66.7 %)	N = 26 (37.1 %) 8 m (30.8 %) 18 w (69.2 %)	N = 23 (32.9 %) 2 m (8.7 %) 21 w (91.3 %)	N = 70 17 m (24.3 %) 53 w (75.7 %)

In der Gruppe der Senioren (1), die ihren Speiseplan täglich selbst nach eigenem Appetit gestalteten, waren zwei verschiedene Grundtypen im Umgang mit der Nahrungszubereitung zu finden. Die einen neigten auf Grund ihrer Gewohnheiten, aus Bequemlichkeit oder mangelndem Interesse an Ernährungsprinzipien, zu einer gewissen Monotonie in der Speisenauswahl. Die gewählten Nahrungsmittel waren weder besonders vitamin- noch mineralstoffreich, sondern es ging nur darum, dass es ihnen schmeckte und leicht bzw. schnell zuzubereiten war. Der andere Grundtyp der Senioren achtete gezielt auf einen vitamin- und abwechslungsreichen Speiseplan. Sie kauften ihre Lebensmittel bewusst nach gesundheitlichen Kriterien ein und bereiteten ihre Kost auch Vitamine schonend zu. Sie hatten sich im Laufe ihres Lebens ein Grundwissen über den Wert gesunder Ernährung angeeignet und wendeten dies auch an. Dazu gehört aber ein gewisses Maß an Selbstdisziplin, da diese

Form der Ernährung in der Regel etwas mehr Mühe macht – sowohl beim Einkauf als auch bei der Zubereitung. In der Darstellung dieser Arbeit wurde innerhalb der Seniorengruppe, die sich selbst versorgte, nicht differenziert.

Bei der Gruppe derjenigen Senioren (2), die das tägliche Essen durch einen Lieferservice nach Hause gebracht bekamen, wurde davon ausgegangen, dass die Zusammenstellung der Speisen nach modernen, ernährungswissenschaftlichen Erkenntnissen erfolgte, da die Auswahl und Zubereitung der Nahrung grundsätzlich unter fachkundiger Leitung stattfand. In diesen Institutionen wird auch im Regelfall auf besondere Wünsche bzw. Bedürfnisse (Diät, Diabetes, Fettstoffwechselstörungen usw.) der zu beliefernden Personen unter Mitwirkung von Ernährungsberatern bzw. Diätassistenten eingegangen. In dieser Gruppe müsste also eine nahezu optimale Versorgung gewährleistet sein.

Die dritte Gruppe der Senioren, die wegen Kau- bzw. Schluckstörungen passierte Nahrung erhielten, bezogen diese ebenfalls fertig zubereitet aus einer entsprechenden Einrichtung. Somit war auch hier, trotz erschwelter Bedingungen, damit zu rechnen, dass die Zusammensetzung der täglichen Ernährung nach optimalen Gesichtspunkten der derzeitigen ernährungswissenschaftlichen Grundsätze stattgefunden hat.

Keiner der in die Studie eingebundenen Patienten wurde mit einer Ernährungssonde versorgt; ebenfalls bekam auch keiner der Teilnehmer auf diese Weise Flüssigkeit zugeführt.

Wie eingangs bereits dargestellt, soll in dieser Arbeit ermittelt werden, ob für Senioren mit zunehmendem Lebensalter eine Substitution mit Nahrungsergänzungsprodukten, wie sie auf dem derzeitigen Markt in verschiedensten Zubereitungsformen angeboten werden, überhaupt zusätzlich nötig ist.

5.2 Methodik der Blutabnahme

Nach Reinigung der Entnahmestelle (Kodan Tinktur) wurde das Blut durch Venenpunktion aus einer gestauten Kubitalvene mit einer Kanüle mittels Vacutainer-System abgenommen.

Die Vollblutröhrchen wurden anschließend sofort ca. 10 Minuten bei 3000 Upm zentrifugiert. Nach der Zentrifugation wurde das Serum abpipettiert.

Aus den Seren wurden die Konzentrationen von Eisen, Kupfer, Selen, Strontium, Zink, Calcium, Kalium, Magnesium, Natrium, Phosphor, Schwefel sowie das Gesamteiweiß bestimmt.

5.3 Laboranalyse

Die Serumproben wurden mittels Druckaufschluss verascht. Dazu wurde 1 ml Serum mit 1 ml HNO₃ (Salpetersäure) bei 170 Grad für 10 Stunden in einer Druckaufschlussapparatur verascht. Anschließend wurde mit hochreinem Wasser auf ein Endvolumen von 10 ml verdünnt.

Selen wurde mittels Hydrid-Atomabsorbtionsspektometrie nach Reduzierung des Selens mit HCL (Salzsäure) bestimmt. Die restlichen Elemente wurden durch ICP (inductively coupled plasma) Emissionsspektometrie aus der Probenlösung ermittelt.^{85 86}

5.4 Auswertungssystem

Die erhaltenen Daten wurden nach computergerechter Aufarbeitung mit Hilfe der Datenverarbeitung statistisch ausgewertet. Dabei wurde das SPSS 17.0 Programm angewendet. Mit dessen Hilfe wurden folgende Berechnungen durchgeführt:

- Mittelwerte und Standardabweichungen

Für die Gruppen 1 - 3, für die Gesamtgruppe und für die Zuordnung zu den Geschlechtern wurden die jeweiligen Mittelwerte der Elemente berechnet, außerdem die Standardabweichungen als Maß für die Streuung der Werte um ihren Mittelwert.

- Korrelationen

Für die einzelnen Spuren- und Mengenelemente wurden für die Gesamtgruppe Korrelationen berechnet, um Informationen zu erhalten, inwieweit die Konzentrationen zweier Elemente zusammenhängen. Auf Korrelationstabellen innerhalb der einzelnen Gruppen wurde verzichtet.

Der Auswertung liegt der Korrelationskoeffizient r von Bravais-Pearson zugrunde. Er ist auf den Wertebereich $-1 \leq r \leq +1$ normiert. Da eine Zuordnung von verbalen bzw. qualitativen Attributen zu diesen Werten von r objektiv nicht möglich ist, wurden in den Auswertungen folgende Aussagen verwendet:⁸⁷

⁸⁵ Vgl. Rick, W. (1990).

⁸⁶ Vgl. Thomas, L. (1992).

⁸⁷ Vgl. Elsner F. (2009).

Korrelationskoeffizient r	Bewertung	Formulierung
$0.0 < r \leq 0.2$	sehr gering	Es besteht ein sehr geringer linearer Zusammenhang zwischen den Variablen.
$0.2 < r \leq 0.5$	gering	... geringer ...
$0.5 < r \leq 0.7$	mittel	... mittelgroßer ...
$0.7 < r \leq 0.9$	hoch	... hoher ...
$0.9 < r \leq 1.0$	sehr hoch	... sehr hoher ...

– ANOVA - Varianzanalysen

In diesem Zusammenhang wurde überprüft, ob die Gruppeneinteilung Auswirkungen auf die Konzentration der Spuren- und Mengenelemente hat. Es wurden dabei nicht die Mittelwerte, sondern die Streuungen der Werte verglichen. Ein signifikanter Effekt bedeutet dabei, die Gruppeneinteilung hat einen Effekt auf die Höhe der Elemente. Es unterscheiden sich folglich die Konzentrationen der Elemente zwischen den Gruppen. Es wurde eine multivariate ANOVA gerechnet. Zusätzlich wurde eine Varianzanalyse für die Geschlechter erstellt.

– T-Tests

Hierbei wurde ein Vergleich zwischen den 3 Gruppen durchgeführt. Dazu wurden die Mittelwerte der Spuren- und Mengenelemente von jeweils zwei Gruppen gegenübergestellt und geprüft, ob sich die Gruppen unterscheiden. Sind Ergebnisse signifikant, unterscheiden sich die Gruppen. Auch für die beiden Geschlechter wurde ein T-Test gerechnet und ausgewertet.

6 Auswertung

6.1 Normbereiche und Ergebnisse der Elementbestimmungen (Gesamtgruppe)

Tabelle 1: Übersicht über die Referenzbereiche der einzelnen Elemente und die entsprechenden Minimum-, Maximum- und Mittelwerte der Gesamtgruppe

	Normbereich *) µg/ml	Minimum µg/ml	Maximum µg/ml	Mittelwert µg/ml
Ca	86 – 104	76	111	90,31
Cu	0,70 – 1,52	0,806	2,250	1,298
Fe	0,370 – 1,650	0,512	3,040	1,233
K	140 - 211	116	332	173,91
Mg	18 - 26	15,1	23,4	20,04
Na	3170 – 3400	3189	3611	3447,71
P	78 – 158	96,4	181,0	134,86
S	--	797	1374	1182,74
Se	0,047 – 0,118	0,022	0,088	0,050
Sr	--	0,021	0,123	0,057
Zn	0,58 -1,18	0,412	0,982	0,708

**) Anmerkungen:*

Für die statistische Auswertung wurden Normbereiche für die jeweiligen Spuren- und Mengenelemente festgelegt. Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Referenzintervalle wurden entnommen aus: Das Blaue Heft, Leitfaden Labordiagnostik, Institut für Klinische Chemie, Medizinische Hochschule Hannover, Stand: 12.05.2010, S. 125. Die Umrechnung von µmol/l bzw. mmol/l in µg/ml erfolgte mit Hilfe der Umrechnungsfaktoren für Maßeinheiten aus derselben Literaturquelle, S. 100 - 101. Für S und Sr konnten keine aussagekräftigen Referenzwerte ermittelt werden.

6.2 Mittelwerte mit Standardabweichungen

6.2.1 Gesamtübersicht

Tabelle 2: *Übersicht zu den Mittelwerten und Standardabweichungen innerhalb der einzelnen Gruppen und der Gesamtgruppe für jedes Element und Gesamteiweiß*

µg/ml	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3		Gesamt	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
CA	91.96	6.70	89.80	5.33	89.39	8.72	90.31	6.98
CU	1.35	.32	1.20	.21	1.36	.32	1.30	.29
FE	1.36	.43	1.21	.40	1.14	.54	1.23	.46
Gesamt-eiweiß	71000.00	6260.99	71692.31	4713.97	68782.61	7191.89	70528.57	6123.66
K	188.19	50.82	152.88	20.50	184.65	23.75	173.91	36.71
MG	20.15	1.63	19.64	1.83	20.40	1.65	20.04	1.72
NA	3447.90	139.33	3396.65	121.20	3505.26	54.24	3447.71	114.50
P	140.29	24.62	135.69	18.88	128.97	15.74	134.86	20.11
S	1219.08	171.01	1194.22	79.61	1130.14	141.42	1182.74	128.52
SE	.06	.013	.05	.012	.04	.014	.05	.015
SR	.05	.02	.06	.02	.06	.03	.05	.02
ZN	.75	.13	.72	.08	.66	.11	.71	.11

6.2.2 Übersicht getrennt nach Geschlechtern – Gesamtgruppe

Tabelle 3: *Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen für jedes Element getrennt nach Geschlechtern innerhalb der Gesamtgruppe*

µg/ml	Männliche Probanden		Weibliche Probanden	
	M	SD	M	SD
CA	86.23	6.25	91.62	6.74
CU	1.19	.18	1.33	.31
FE	1.35	.54	1.20	.43
Gesamteiweiß	70647.06	5086.02	70490.57	6464.76
K	156.53	11.59	179.49	40.21
MG	20.03	1.94	20.05	1.67
NA	3434.18	128.53	3452.06	108.16
P	125.71	23.84	137.80	18.05
S	1191.77	97.44	1179.57	138.84
SE	.05	.01	.05	.016
SR	.07	.02	.05	.02
ZN	.73	.12	.70	.11

Anmerkungen:

Die vorliegenden Tabellen geben Auskunft über die Streuung der einzelnen Werte um den Mittelwert innerhalb der Gruppen 1, 2 bzw. 3 und der Gesamtgruppe. Außerdem werden für alle Senioren gemeinsam die Mittelwerte und Standardabweichungen getrennt nach Geschlechtern aufgelistet. Dabei gilt, je größer die Standardabweichung, desto größer die Streuung und umgekehrt.

6.3 Häufigkeit der Normwerte

Tabelle 4: Häufigkeit der drei Normwerte für jedes einzelne Element innerhalb der Gruppe 1 – Zuhause bzw. Selbstversorger

	Unter der Norm	Norm	Über der Norm
CA	5 (23.8 %)	16 (76.2 %)	-
CU	-	16 (76.2 %)	5 (23.8 %)
FE	-	21 (100.0 %)	-
Gesamteiweiß	3 (14.3 %)	18 (85.7 %)	-
K	2 (9.5 %)	15 (71.4 %)	4 (19.0 %)
MG	2 (9.5 %)	19 (90.5 %)	-
NA	-	6 (28.6 %)	15 (71.4 %)
P	-	16 (76.2 %)	5 (23.8 %)
S	-	-	-
SE	4 (19.0 %)	17 (81.0 %)	-
SR	-	-	-
ZN	1 (4.8 %)	20 (95.2 %)	-

Tabelle 5: Häufigkeit der drei Normwerte für jedes einzelne Element innerhalb der Gruppe 2 – Lieferservice bzw. Pflege

	Unter der Norm	Norm	Über der Norm
CA	5 (19.2 %)	21 (80.8 %)	-
CU	-	25 (96.2 %)	1 (3.8 %)
FE	-	24 (92.3 %)	2 (7.7 %)
Gesamteiweiß	2 (7.7 %)	24 (92.3 %)	-
K	7 (26.9 %)	19 (73.1 %)	-
MG	2 (7.7 %)	24 (92.3 %)	-
NA	-	13 (50.0 %)	13 (50.0 %)
P	-	23 (88.5 %)	3 (11.5 %)
S	-	-	-
SE	12 (46.2 %)	14 (53.8 %)	-
SR	-	-	-
ZN	-	26 (100.0 %)	-

Tabelle 6: Häufigkeit der drei Normwerte für jedes einzelne Element innerhalb der Gruppe 3 – Altersheim bzw. passierte Kost

	Unter der Norm	Norm	Über der Norm
CA	9 (39.1 %)	13 (56.5 %)	1 (4.3 %)
CU	-	21 (91.3 %)	2 (8.7 %)
FE	-	22 (95.7 %)	1 (4.3 %)
Gesamteiweiß	6 (26.1 %)	17 (73.9 %)	-
K	-	21 (91.3 %)	2 (8.7 %)
MG	2 (8.7 %)	21 (91.3 %)	-
NA	-	-	23 (100.0 %)
P	-	23 (100 %)	-
S	-	-	-
SE	17 (73.9 %)	6 (26.1 %)	-
SR	-	-	-
ZN	4 (17.4 %)	19 (82.6 %)	-

Tabelle 7: Häufigkeit der drei Normwerte für jedes einzelne Element innerhalb der Gesamtgruppe

	Unter der Norm	Norm	Über der Norm
CA	19 (27.1 %)	50 (71.4 %)	1 (1.4 %)
CU	-	62 (88.6 %)	8 (11.4 %)
FE	-	67 (95.7 %)	3 (4.3 %)
Gesamteiweiß	11 (15.7 %)	59 (84.3 %)	-
K	9 (12.9 %)	55 (78.6 %)	6 (8.6 %)
MG	6 (8.6 %)	64 (91.4 %)	-
NA	-	19 (27.1 %)	51 (72.9 %)
P	-	62 (88.6 %)	8 (11.4 %)
S	-	-	-
SE	33 (47.1 %)	37 (52.9 %)	-
SR	-	-	-
ZN	5 (7.1 %)	65 (92.9 %)	-

Tabelle 8: *Häufigkeit der drei Normwerte für jedes einzelne Element getrennt nach Geschlechtern innerhalb der Gesamtgruppe*

	Unter der Norm		Norm		Über der Norm	
	m	w	m	w	m	w
CA	8 (47.1 %)	11 (20.8 %)	9 (52.9 %)	41 (77.4 %)	-	1 (1.9 %)
CU	-	-	17 (100 %)	45 (84.9 %)	-	8 (15.1 %)
FE	-	-	17 (100 %)	50 (94.3 %)	-	3 (5.7 %)
Gesamt-eiweiß	2 (11.8 %)	9 (17 %)	15 (88.2 %)	44 (83.0 %)	-	-
K	2 (11.8 %)	7 (13.2 %)	15 (88.2 %)	40 (75.5 %)	-	6 (11.3 %)
MG	2 (11.8 %)	4 (7.5 %)	15 (88.2 %)	49 (92.5 %)	-	-
NA	-	-	7 (41.2 %)	12 (22.6 %)	10 (58.8 %)	41 (77.4 %)
P	-	-	14 (82.4 %)	48 (90.6 %)	3 (17.6 %)	5 (9.6 %)
S	-	-	-	-	-	-
SE	7 (41.2 %)	26 (49.1 %)	10 (58.8 %)	27 (50.9 %)	-	-
SR	-	-	-	-	-	-
ZN	1 (5.9 %)	4 (7.5 %)	16 (94.1 %)	49 (92.5 %)	-	-

6.4 Korrelationstabelle für die Gesamtgruppe (Korrelationskoeffizient mit p-Wert)

Tabelle 9: Matrix der Korrelationskoeffizienten der einzelnen Elemente und des Gesamteiweißes miteinander mit entsprechendem p-Wert

	CA	CU	FE	Ges.- eiweiß	K	MG	NA	P	S	SE	SR	ZN
CA	1	.24* .05*	.19 .12	.35* .00*	.25* .04*	.11 .35	-.05 .75	.56* .00*	.53* .00*	.49* .00*	-.14 .26	.44* .00*
CU		1	-.02 .87	.18 .13	.31* .01*	-.15 .20	.01 .97	.14 .24	.05 .72	.25* .04*	-.17 .17	.27* .03*
FE			1	.25* .03*	.04 .77	.06 .62	-.09 .55	.28* .02*	.26 .07	.31* .01*	-.14 .26	.34* .01*
Gesamt- eiweiß				1	.05 .66	-.06 .63	-.17 .27	.29* .02*	.75* .00*	.23 .06	.10 .43	.56* .00*
K					1	.14 .25	.24 .11	.05 .70	.08 .60	.14 .25	-.18 .14	.03 .80
MG						1	.08 .61	-.33* .01*	-.30* .04*	-.18 .13	.10 .42	-.20 .10
NA							1	-.17 .24	-.38* .01*	-.00 .99	.14 .34	-.22 .14
P								1	.52* .00*	.58* .00*	-.20 .09	.34* .00*
S									1	.30* .03*	-.03 .83	.55* .00*
SE										1	-.17 .16	.57* .00*
SR											1	.04 .84
ZN												1

Anmerkung:

Signifikante Korrelationen bzw. Zusammenhänge sind mit * gekennzeichnet.

6.5 Ergebnisse des T-Tests für den Gruppenvergleich

In den folgenden Tabellen werden nur die signifikanten Ergebnisse wiedergegeben.

Tabelle 10: T-Tests für den Vergleich zwischen Gruppe 1 und 2 (Selbstversorger und Lieferservice)

	t-Wert	Freiheitsgrade (df)	Standardfehler (SE)	p-Wert
K	3.24	45	10.90	.00
SE	2.90	45	0.01	.01
ZN	.89	45	.38	.03

Tabelle 11: T-Tests für den Vergleich zwischen Gruppe 1 und 3 (Selbstversorger und passierte Kost)

	t-Wert	Freiheitsgrade (df)	Standardfehler (SE)	p-Wert
SE	4.82	42	.00	.00
ZN	2.41	42	.04	.02

Tabelle 12: T-Tests für den Vergleich zwischen Gruppe 2 und 3 (Lieferservice und passierte Kost)

	t-Wert	Freiheitsgrade (df)	Standardfehler (SE)	p-Wert
CU	-2.13	47	.077	.04
K	-5.03	47	6.32	.00
NA	-2.92	47	34.26	.01
SE	2.37	47	.00	.02
ZN	2.16	47	.03	.04

Tabelle 13: *T-Tests für Geschlechtervergleich*

	t-Wert	Freiheitsgrade (df)	Standardfehler (SE)	p-Wert
CA	-2.92	68	1.85	.01
K	-2.31	68	9.92	.02
NA	-2.14	68	35.08	.04
P	-2.23	68	5.45	.03

6.6 Ergebnisse der ANOVA Varianzanalyse

Tabelle 14: *Varianzanalyse zwischen den drei Gruppen innerhalb der Gesamtgruppe*

	F-Wert	Freiheitsgrade (df)	Standardfehler (SE)	p-Wert
CA	1.02	1	52.94	.32
CU	2.45	1	.09	.13
FE	7.02	1	.18	.01 *
Gesamteiweiß	.40	1	3.63	.53
K	.46	1	1709.21	.50
MG	.03	1	3.43	.87
NA	1.54	1	125.91	.22
P	3.43	1	347.39	.07
S	4.82	1	12486.96	.03 *
SE	6.14	1	.00	.02 *
SR	7.96	1	.00	.01 *
ZN	.06	1	.01	.81

Anmerkung:
Signifikante Werte sind mit * markiert.

Tabelle 15. *Varianzanalyse für die Geschlechter innerhalb der Gesamtgruppe*

	F-Wert	Freiheitsgrade (df)	Standardfehler (SE)	p-Wert
CA	6.41	1	47.39	.02 *
CU	1.01	1	.09	.32
FE	2.86	1	.20	.10
Gesamteiweiß	.51	1	3.6	.48
K	2.18	1	1647.02	.15
MG	.01	1	3.43	.91
NA	4.58	1	117.47	.04 *
P	1.96	1	358.22	.17
S	.04	1	13814.13	.85
SE	.03	1	.00	.87
SR	1.25	1	.00	.27
ZN	.23	1	.01	.64

Anmerkung:

Signifikante Werte sind mit * markiert.

7 Diskussion

7.1 Eisen

7.1.1 Eisenmangel

Die Subgruppenanalyse hat gezeigt, dass bei keinem der Senioren der Serumeisenwert unterhalb des Normbereichs lag.

Eisen spielt in mannigfachen Stoffwechselfvorgängen des Menschen eine zentrale Rolle. Es ist ein entscheidender Faktor bei der Ausbildung der Immunkompetenz⁸⁸. Bei Eisenmangel wird in der Literatur von sinkender Aktivität der NK-Zellen berichtet⁸⁹, wogegen ein ausgeglichener Eisenhaushalt die Immunität stabilisiert⁹⁰. Verminderte Eisenaufnahme bzw. unzureichende intestinale Eisenresorption sowie Blutverluste können Eisenmangel hervorrufen. Des Weiteren können sowohl Karzinome, Polypen, Divertikel im Darmtrakt, Ösophagusvarizen, Hakenwurmbefall als auch verstärkte menstruelle Blutungen zum Eisenmangel führen⁹¹.

Kinder und Jugendliche in den Wachstumsphasen, menstruierende Frauen und Dauerblutspender zählen zu den Risikogruppen für die Entwicklung eines Eisenmangels. Dagegen haben gesunde ältere Menschen in industrialisierten Ländern ein geringes Risiko, Symptome eines Eisenmangels zu entwickeln⁹². Da viele Proteine Eisen-Schwefel-Komplexe enthalten⁹³, wirkt sich ein ausgeglichener Eisenhaushalt auf die Abwehrlage des Individuums sowie auf viele weitere Stoffwechselfvorgänge des Körpers positiv aus. Pulmonale Infektionen finden sich beim ausgeglichenen Fe-Status weniger als bei Patienten mit Eisenmangel^{94 95}. Ausgeprägte Dysbalancen im Eisenhaushalt verschlechtern die gesamte Abwehrlage⁹⁶. Außerdem kann es zur Manifestation bzw. Verschlechterung bestehender Erkrankungen (z. B. Diabetes mellitus) führen⁹⁷.

⁸⁸ Vgl. Bryan, C. F. (1983), S. 71-79.

⁸⁹ Vgl. Good, M. F. (1986), S. 340-347.

⁹⁰ Vgl. Sherman, A. R. (1992), S. 604-609.

⁹¹ Vgl. Schmidt, R. (2000), S. 421.

⁹² Vgl. Yip, R. (1994), S. 427-448.

⁹³ Vgl. Stehling, O. (2007), S. 325-342.

⁹⁴ Vgl. Muñoz, C. (2007), S. 24-28.

⁹⁵ Vgl. Belbraouet, S. (2007), S. 650-654.

⁹⁶ Vgl. Good, M. F. (1986), S. 340-347.

⁹⁷ Vgl. Zheng, Y. (2008), S. 135-145.

7.1.2 Eisenüberschuss

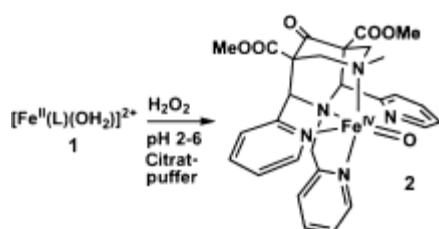
Innerhalb des Normbereichs lagen beim Eisen 95.7 % der Senioren, während nur 4.3 % der ermittelten Werte über dem Normbereich lagen.

Eisenüberschuss führt gelegentlich zu einer Eisenintoxikation. Dies kann nach gehäufte Einnahme von Ferrosulfat-Tabletten auftreten, wobei eventuell ein akutes Nierenversagen auftreten kann⁹⁸.

Bei systemischer Eisenüberladung, ausgelöst durch generalisierte Hämosiderineinlagerung sowohl in phagozytierenden Zellen als auch in Parenchymzellen, spricht man von Hämosiderose. Diese entsteht als Folge vermehrter Eisenresorption bei Eisenerfreisetzung durch Hämolyse bzw. verminderter Eisenverwertung.

Genetisch bedingt erhöhte Eisenresorption wird als Hämo-chromatose bezeichnet. Dabei kommt es zu einer massiven Eisenüberladung, vor allem in den parenchymatösen Organen⁹⁹.

Bei Eisenüberschuss werden unter anderem freie Eisenradikale, welche DNA und Proteine schädigen, freigesetzt (Fenton-Reaktion)¹⁰⁰.



Quelle: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ange.v118:34/issuetoc>¹⁰¹

Abbildung 13: *Fenton-Reaktion*

Dadurch können gesundheitsschädliche Prozesse ausgelöst werden, welche Krebs, Atherosklerose und neurodegenerative Krankheiten begünstigen¹⁰².

⁹⁸ Vgl. Zumkley, H. (1983), S. 242.

⁹⁹ Vgl. Böcker, W. (2004), S. 72-73.

¹⁰⁰ Vgl. Toyokuni, S. (1996), S 53-66.

¹⁰¹ Wiley Online Library (2010), URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ange.v118:34/issuetoc> [Stand 30.09.2010].

¹⁰² Vgl. Boldt, D. H. (1999), S. 207-212.

7.1.3 Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution

Bei der Analyse der Eisenkonzentration der Seren fand sich bei der Gruppe der Frauen ein Mittelwert von 1.20 µg/ml, bei der der männlichen Probanden ein Mittelwert von 1.35 µg/ml. Es lag kein statistisch signifikanter Unterschied der ermittelten Konzentrationen zwischen den Geschlechtern vor. Für die Gesamtgruppe der Senioren wurde ein Mittelwert von 1.23 µg/ml (SD = .46) ermittelt.

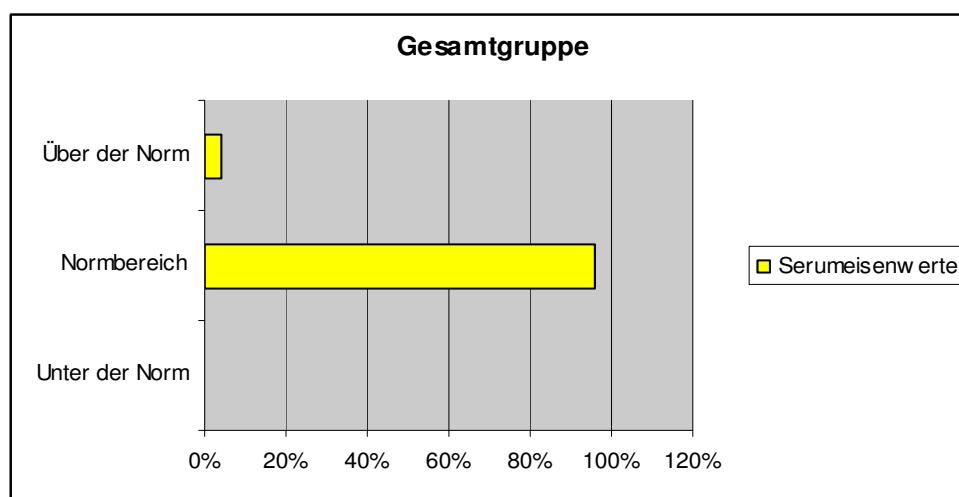


Abbildung 14: Häufigkeiten der Messwerte über, unter der Norm und im Normbereich für die Gesamtgruppe bei den Serumeisenwerten

Die Übersicht 14 verdeutlicht, dass bei keinem Patienten der Gesamtgruppe die Serumeisenwerte unter, bei 95.7 % jedoch im und bei 4.3 % der Patienten über dem Normbereich lagen. Als Referenzbereich wurde dabei die Spanne zwischen 0.37 – 1.65 µg/ml festgelegt.

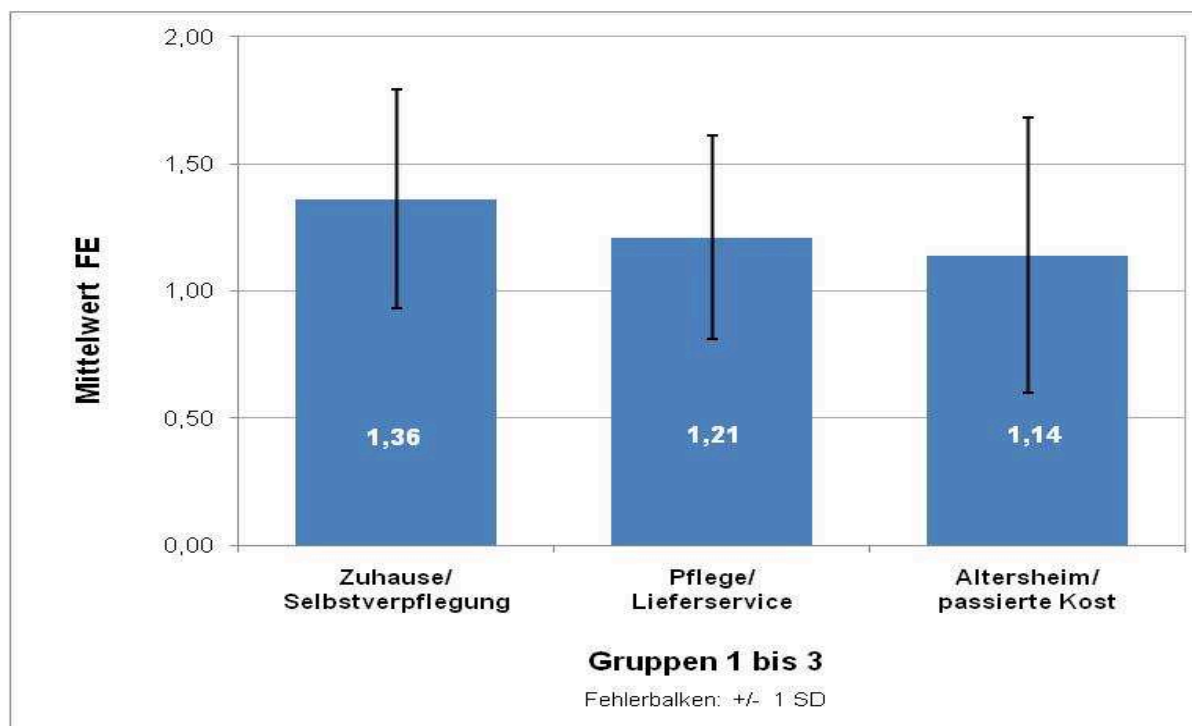


Abbildung 15: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen beim Eisen im Verhältnis der Gruppen zueinander

Die Grafik 15 zeigt die Mittelwerte der einzelnen Gruppen. Zwischen den verschiedenen Untergruppen konnte dabei kein signifikanter Unterschied des Serumeisengehaltes gefunden werden.

Die Standardabweichung in der 3. Gruppe war gegenüber den Gruppen 2 bzw. 1 am höchsten. Wie in Tabelle 14 zu sehen ist, ergab eine Varianzanalyse zwischen den Gruppen hierbei signifikante Unterschiede.

Legt man den Normbereich $0,37 - 1,65 \mu\text{g/ml}$ zugrunde, so wurde in keiner der Ernährungsgruppen ein statistisch signifikanter Eisenmangel festgestellt.

Tabelle 16: Korrelationen von Eisen mit den weiter ausgewerteten Spuren und Mengenelementen

	CA	CU	K	MG	NA	P	S	SE	SR	ZN
FE	.19	-.02	.04	.06	-.09	.28*	.26	.31*	-.14	.34*
	.12	.87	.77	.62	.55	.02*	.07	.01*	.26	.01*

Anmerkungen:

Signifikante Werte sind mit * markiert.

Zwischen Eisen und Phosphor ($p = .02$) wurde eine signifikante Korrelation gefunden. Weiterhin fanden sich signifikante Korrelationen zwischen Eisen und Selen ($p = .01$) und Eisen und Zink ($p = .01$). Es bestand jeweils nur ein geringer linearer Zusammenhang zwischen den Variablen.

Beim untersuchten Kollektiv fanden sich hinsichtlich des Eisenhaushaltes der verschiedenen Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Somit ist festzustellen, dass alle Patienten, egal wie sie sich ernährten oder ernährt wurden, keiner enteralen Eisensubstitution über auf dem Markt befindliche Nahrungsergänzungsprodukte bedürfen.

Die Versorgung der hiesigen Bevölkerung mit Eisen ist demzufolge ausreichend.

Bemerkenswerterweise wurden - wie oben schon erwähnt - signifikante Korrelationskoeffizienten gefunden und zwar:

- Eisen und Zink $p = .01$
- Eisen und Phosphat $p = .02$
- Eisen und Selen $p = .01$

Inwieweit diese Aussagen über Zusammenhänge von Stoffwechselforgängen zu interpretieren sind, war nicht Gegenstand dieser Arbeit. Allerdings wird, was auch für die in den folgenden Abschnitten aufgeführten signifikanten Korrelationen gilt, darauf hingewiesen, dass es sicher eine interessante Aufgabe ist, auf diesem Gebiet tiefere Einblicke zu erwerben. Es ist davon auszugehen, dass sich auch besonders im Hinblick auf immunregulatorische Vorgänge Erkenntnisse von medizinischer Bedeutung ergeben könnten.

7.2 Kupfer

7.2.1 Kupfermangel

Innerhalb der Gesamtgruppe der Senioren bewegten sich 88.6 % der erhobenen Messwerte innerhalb des Normbereichs, keiner der gemessenen Werte lag unter dem Normbereich.

Aufgrund der Tatsache, dass Kupfer auf der Welt ubiquitär vorkommt, kann man vermuten, dass Kupfermangel äußerst selten auftritt. Durch Studien konnte gezeigt werden, dass vor allem bei Frühgeborenen und ausschließlich mit Kuhmilch ernährten Kindern Mangelerscheinungen auftreten¹⁰³. Diese können sich in Anämie, Leukopenie, Anorexie, Dermatitis, Pigmentstörungen, Haarveränderungen, neuropsychiatrischen Deviationen, Skelett- und Wachstumsstörungen sowie Hypalbuminämie äußern¹⁰⁴.

Das X-Chromosom assoziierte Menke's Syndrom ist mit Kupfermangel, welcher auf verminderte gastrointestinale Resorption zurückzuführen ist, vergesellschaftet¹⁰⁵.

Der T-4-Zell-replacing Faktor, ein Wachstumsstimulus für die T-Lymphozyten, wird bei Kupfermangel vermindert gebildet, was sich negativ auf das Immunsystem auswirkt¹⁰⁶. Bei Kupfermangel ist die Phagozytoseaktivität der Makrophagen gemindert, was negative Auswirkungen auf die zelluläre Immunität hat^{107 108 109 110 111}. Somit sind solche Patienten anfälliger für Infektionen.

Obwohl bekannt ist, dass Kupfer die Aktivität zahlreicher Enzyme positiv beeinflusst und gleichzeitig Bestandteil vieler Metalloenzyme ist, wurden bisher keine entsprechenden Korrelationen zwischen kupferabhängigen Enzymen und Kupfermangelzuständen gefunden¹¹².

Ein ausgeglichener Kupferhaushalt ist für die körperliche Immunitätslage von ausschlaggebender Bedeutung¹¹³.

7.2.2 Kupferüberschuss

Während sich der Großteil der Werte im Normbereich bewegte, lag bei 11.4 % der Senioren der erhobene Messwert über der Norm.

Bei vielen biologischen Prozessen ist Kupfer essentiell. Erhöhte Konzentrationen im Organismus können eine toxische Wirkung entfalten¹¹⁴.

¹⁰³ Vgl. Shike, M. (2009), S. 13-17.

¹⁰⁴ Vgl. Zumkley, H. (1983), S. 128-129.

¹⁰⁵ Vgl. Williams, D. M. (1983), S. 118-128.

¹⁰⁶ Vgl. Flynn, A. (1981), S. 907-913.

¹⁰⁷ Vgl. Koller, L. D. (1987), S. 997-1006.

¹⁰⁸ Vgl. Flynn, A. (1981), S. 907-913.

¹⁰⁹ Vgl. Jones, D. G. (1981), S. 151-156.

¹¹⁰ Vgl. Lukasewycz, O. A. (1982), S. 489-493.

¹¹¹ Vgl. McGarry, M. P. (1975), S. 355-360.

¹¹² Vgl. Zumkley, H. (1983), S. 130.

¹¹³ Vgl. Muñoz, C. (2007), S. 24-28.

¹¹⁴ Vgl. Ozelik, D. (2009), S. 45-52.

Eines der bekanntesten Krankheitsbilder ist der Morbus Wilson. Ein genetisch bedingter Coeruloplasminmangel verursacht eine Dissoziation des nicht fest an Albumin gebundenen Kupfers, welches in der Leber und den basalen Hirnkernen angereichert wird und somit eine hepatolentikuläre Degeneration verursacht. Dabei werden im Plasma verminderte Kupfer- und Coeruloplasminkonzentrationen gefunden. Neurologische Symptome und psychische Veränderungen sind die Folgen¹¹⁵.

Ein akuter Anstieg des freien Serumkupfers, sei es durch äußere Zufuhr oder durch Freisetzung endogenen Kupfers aus der Leber wie z. B. beim Morbus Wilson, führt zur Sulfhämoglobinämie, Hämolyse und Schock¹¹⁶.

Im Fettstoffwechsel spielt das Kupfer bei der Oxidation von LDL eine entscheidende Rolle. LDL stellt einen wichtigen Cofaktor bei der Entstehung und Progression der Atherosklerose dar. Im welchem Ausmaß Kupfer bei der Oxidation von LDL in vivo allerdings beteiligt ist, wird augenblicklich kontrovers diskutiert¹¹⁷.

In der Literatur wird berichtet, dass Kupfer einen positiven Einfluss auf die Progression der Alzheimer Erkrankung ausübt¹¹⁸.

Der menschliche Organismus ist nicht in der Lage intravenös zugeführtes Kupfer auszuscheiden. Deshalb wird bei dringender Substitutionbedürftigkeit eine Menge von 1 – 1.5 mg Kupfer/d empfohlen.

7.2.3 Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution

Bei der Kupferbestimmung lag der Mittelwert der Gesamtgruppe bei 1.30 µg/ml (SD = .29).

Bei den weiblichen Probanden wurde ein Mittelwert von 1.33 µg/ml und bei den männlichen Patienten ein solcher von 1.19 µg/ml gemessen. Zwischen beiden Werten wurde kein signifikanter Unterschied gefunden.

¹¹⁵ Vgl. Zumkley, H. (1983), S. 134.

¹¹⁶ Vgl. Zumkley, H. (1983), S. 241.

¹¹⁷ Vgl. Ekmekcioglu, C. (2000), S. 21.

¹¹⁸ Vgl. Sparks, D. L. (2006), S. 247-254.

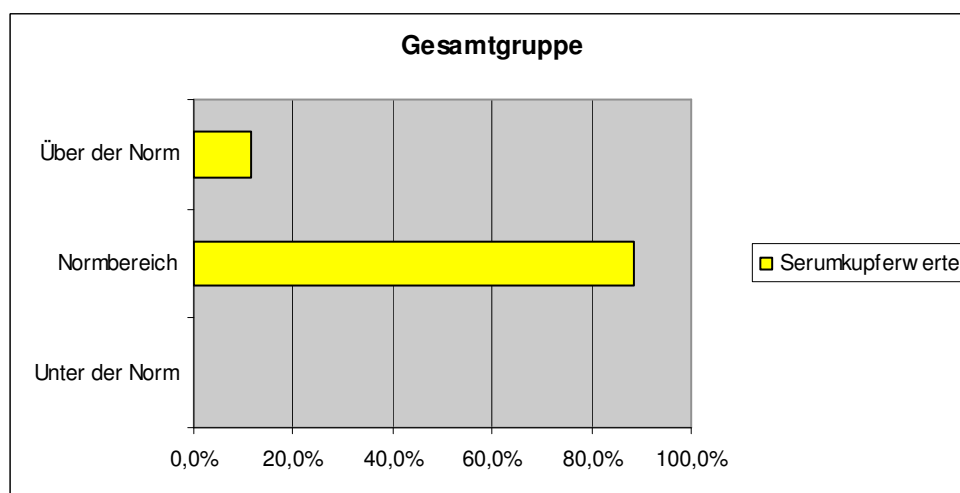


Abbildung 16: Häufigkeiten der Messwerte über bzw. unter der Norm und im Normbereich für die Gesamtgruppe bei den Serumkupferwerten

Das Diagramm Abb. 16 zeigt innerhalb der Gesamtgruppe keinen der gemessenen Werte unter dem Normbereich, wogegen sich 88,6 % der erhobenen Messwerte innerhalb der Norm bewegten. 11,4 % der Werte lagen über der Norm. Im Normbereich befanden sich dabei alle ermittelten Werte zwischen 0,70 – 1,52 µg/ml.

Tabelle 17: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen für Kupfer nach Geschlechtern innerhalb der Gesamtgruppe

µg/ml	Männliche Probanden		Weibliche Probanden	
	M	SD	M	SD
CU	1.19	.18	1.33	.31

Die Tabelle 17 zeigt, dass die männlichen Senioren einen niedrigeren Mittelwert als die weiblichen Patienten hatten. Bei ihnen war die Streuung jedoch wesentlich ausgeprägter. Die Ergebnisse waren nicht signifikant.

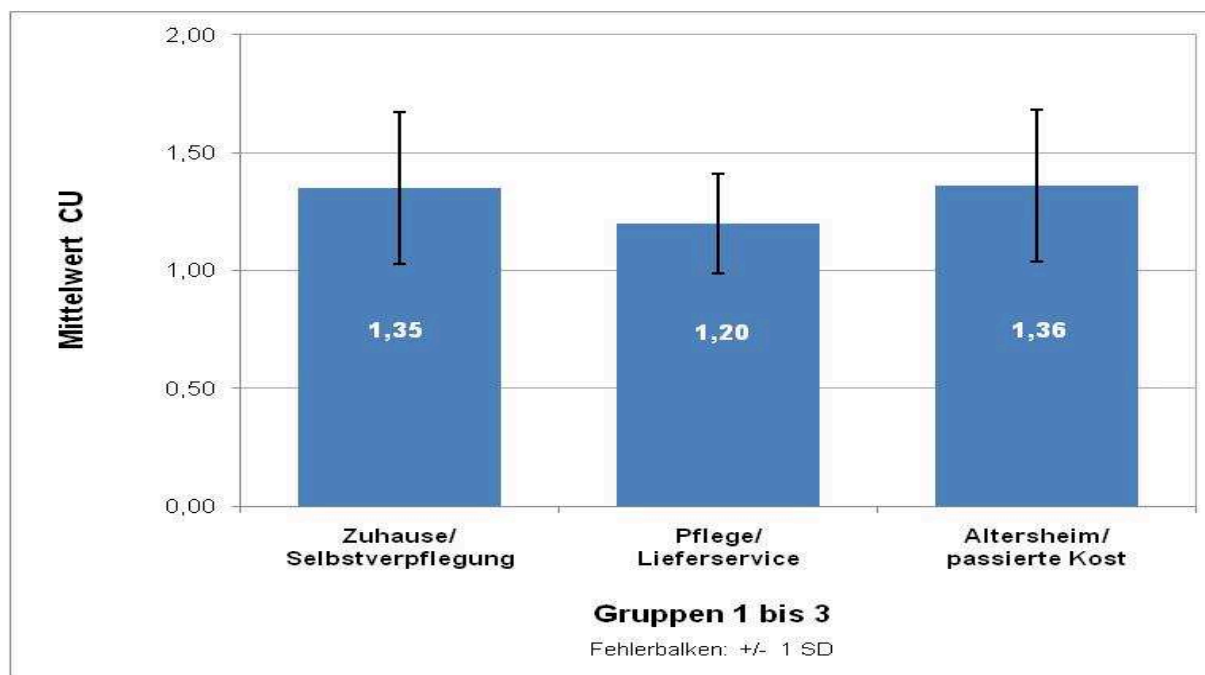


Abbildung 17: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen beim Kupfer im Verhältnis der Gruppen zueinander

Bei den Mittelwerten (wie sie in Abb. 17 zu sehen sind) konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 2 / Essen auf Rädern und 3 / passierte Kost berechnet werden (vgl. Tabelle 12). Die Grafik zeigt, dass im Verhältnis der beiden Gruppen die Gruppe 2 eine niedrigere Versorgung mit CU aufwies.

Tabelle 18: Korrelationen von Kupfer mit den weiter ausgewerteten Spuren und Mengenelementen

	CA	FE	K	MG	NA	P	S	SE	SR	ZN
CU	.24*	-.02	.31*	-.15	.01	.14	.05	.25*	-.17	.27*
	.05*	.87	.01*	.20	.97	.24	.72	.04*	.17	.03*

Anmerkungen:

Signifikante Werte sind mit * markiert.

Signifikante Korrelationen fanden sich zwischen Kupfer und Calcium ($p = .05$) sowie zwischen Kupfer und Kalium ($p = .01$), weiterhin zwischen Kupfer und Selen ($p = .04$) sowie Kupfer und Zink ($p = .03$). Es bestand bei diesen Korrelationen lediglich ein geringer linearer Zusammenhang.

Beim untersuchten Patientenkollektiv fanden sich innerhalb der Geschlechter sowie der unterschiedlichen Gruppen grundsätzlich keine signifikanten Unterschiede. Es wurde kein signifikanter Kupfermangel, aber auch kein bedeutsamer Kupferüberschuss gemessen. Somit lag in keiner der Gruppen ein substitutionsbedürftiger Kupfermangel vor.

7.3 Selen

7.3.1 Selenmangel

Bei der Untersuchung der Gesamtgruppe lagen 47.1 % der Senioren unterhalb der Norm. Als Normbereich wurde hierbei die Spanne zwischen 0.047 – 0.118 µg/ml gewertet.

Im Gegensatz zu anderen Parametern in der Laboratoriumsmedizin, deren Normalwerte in der Regel bekannt sind, gibt es beim Selen erhebliche regionale Unterschiede in Abhängigkeit vom Selengehalt des Bodens sowie des Trinkwassers, der pflanzlichen und tierischen Kost. Die Werte im Vollblut unterscheiden sich in den verschiedenen Ländern von z. B. 0.7 µmol/l bis hin zu 10 µmol/l. Deutschland gehört zu den Regionen, in denen die Selenversorgung nicht ausreichend gesichert ist¹¹⁹.

Die Ursache liegt in einer verminderten Selenaufnahme über die Nahrungskette. Um diesem vorzubeugen wird den Kulturböden Selen zugeführt.

Die Keshan-Krankheit, eine durch Coxsackie-Viren hervorgerufene Erkrankung tritt durch selenmangelinduzierte Mutation der Viren auf und führt somit zur endemischen juvenilen Kardiomyopathie.

Ähnliche Ursachen bewirkt die Kashin-Beck-Krankheit, dabei handelt es sich um eine chronische Osteopathie vor allem bei Kindern im Wachstumsalter (5 - 15 Jahre).

Bei beiden Fällen kann durch orale Selensupplementierung das Auftreten der Erkrankungen verhindert werden^{120 121}.

Für die euthyreote Schilddrüsenfunktion ist eine ausreichende Selenzufuhr wichtig.¹²²

Der in Afrika auftretende myxödematöse Kretinismus, hervorgerufen durch kombinierten Jod-Selen-Mangel, kann durch entsprechende Substitution therapiert werden¹²³.

Unter anderem wird in der Literatur vom Auftreten bestimmter Neoplasien bei Selenmangel berichtet. Korrelationsstudien zeigen einen Zusammenhang zwischen Selenmangel und Lunge-, Dickdarm-, Prostata- und Brustkrebs¹²⁴.

¹¹⁹ Vgl. Meissner D. (1997), S. 41-42.

¹²⁰ Vgl. Köhrle, L. (2006), S. 149-158.

¹²¹ Vgl. Jackson, M. L. (1988), S. 13-21.

¹²² Vgl. Köhrle, J. (1999), S. 527-533.

¹²³ Vgl. Arthur, J. R. (1993), S. 236-239.

¹²⁴ Vgl. Clark, L. C. (1996), S. 1957-1963.

Dabei können bei ausreichendem Selenangebot die DNA schädigenden Radikale abgewehrt, die Aktivität antikanzinogener Enzyme gesteigert sowie die Expression von Genen, welche antikanzerogene Funktionen bedingen, gefördert werden. Weiterhin wird ein positiv negativer Effekt auf Proliferation und Apoptose von Krebszellen beobachtet.

Selen hat durch Aktivitätssteigerung der Glutathionperoxidase eine zytoprotektive Wirkung¹²⁵¹²⁶ ¹²⁷ ¹²⁸ ¹²⁹. Wird gleichzeitig Vitamin E verabreicht, wird diese Immunantwort gesteigert¹³⁰¹³¹; die Aktivität der Makrophagen, vor allem in der Lunge, nimmt zu¹³² ¹³³. Ein ausgeglichener Selenhaushalt ist somit für das Funktionieren der körperlichen Abwehr unabdingbar.

Bei Selenmangel sinken alle Immunfunktionen¹³⁴. Die Aktivität der Neutrophilen wird gemindert, Candidainfektionen der Schleimhäute treten vermehrt auf¹³⁵ ¹³⁶.

7.3.2 Selenüberschuss

Bei der Auswertung der Untersuchungsergebnisse für die Serumselenwerte wurde bei keinem der Senioren aus der Gesamtgruppe ein Wert über dem Normbereich festgestellt.

Bei Selenkonzentrationen im toxischen Bereich sinkt die Interferonproduktion, nimmt die NK-Aktivität ab; des Weiteren sinkt die Proliferationsrate der Lymphozyten¹³⁷, was die Gesamtimmunität weiter schwächt. Auch hohe Selengaben, d. h. mehr als 3000 µg/d über einen längeren Zeitraum, können zur Selenvergiftung, der sogenannten Selenose, führen. Dabei wird Übelkeit und Erbrechen, Erschöpfung, Haarverlust, Nagelveränderungen und periphere Neuropathie beobachtet¹³⁸.

Der Organismus mit Selenkonzentrationen im toxischen Bereich befindet sich somit in einem Zustand der Immundefizienz.

¹²⁵ Vgl. Arvilommi, H. (1983), S. 185-189.

¹²⁶ Vgl. Baalsrud, K. (1986), S. 472-474.

¹²⁷ Vgl. Couvreur, Y. (1986), S. 239-241.

¹²⁸ Vgl. Peplowski, M. A. (1980), S. 344-351.

¹²⁹ Vgl. Speier, C. (1985), S. 8951-8955.

¹³⁰ Vgl. Larsen, H. J. (1981), S. 301-305.

¹³¹ Vgl. Watson, R. R. (1986), S. 447-456.

¹³² Vgl. Boyne, R. (1986), S. 379-386.

¹³³ Vgl. Eskew, M. L. (1986), S. 274-284.

¹³⁴ Vgl. Refett, J. K. (1988), S. 229-235.

¹³⁵ Vgl. Refett, J. K. (1988), S. 229-235.

¹³⁶ Vgl. Boyne, R. (1986), S. 816-822.

¹³⁷ Vgl. Watson, R. R. (1986), S. 447-456.

¹³⁸ Vgl. MacFarquhar, J. K. (2010), S. 256-261.

7.3.3 Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution

Der Mittelwert der Selenkonzentration im Serum der männlichen Probanden lag bei 0.05 µg/ml, der der Patientinnen ebenfalls bei 0.05 µg/ml. Für die Gesamtgruppe ergab sich somit ebenfalls der Mittelwert von 0.05 µg/ml (SD = .015).

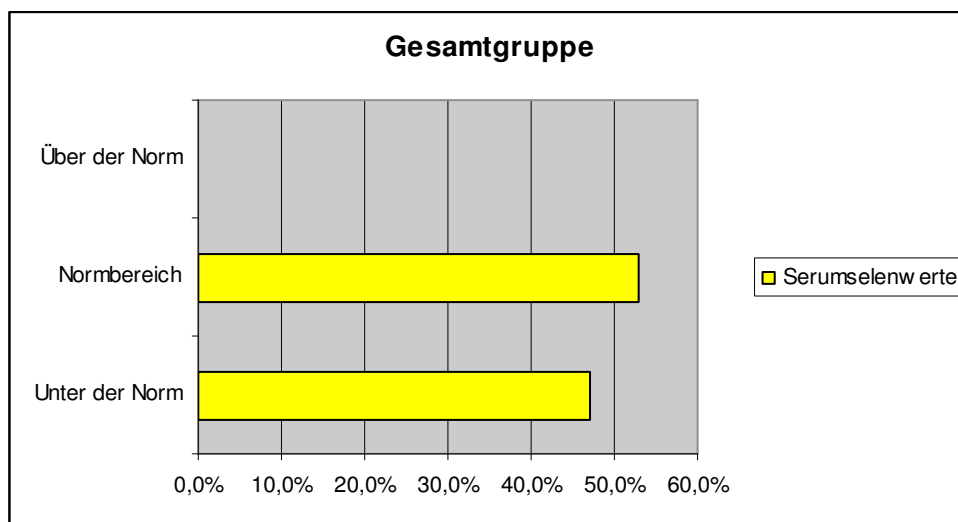


Abbildung 18: Häufigkeiten der Messwerte über bzw. unter der Norm und im Normbereich für die Gesamtgruppe bei den Serumselenwerten

Wie die Abbildung 18 zeigt, lagen bei der Gesamtgruppe 47.1 % der gemessenen Selenkonzentrationen unter dem Normbereich, wogegen 52.9 % im Normbereich lagen. Als Normbereich wurden 0.047 – 0.118 µg/ml gewertet.

Tabelle 19: Vergleich der Häufigkeit der drei Normwerte zwischen den Gruppen

SE	Unter der Norm	Norm	Über der Norm
Gr. 1 - Selbstversorger	4 (19.0 %)	17 (81.0 %)	-
Gr. 2 - Essen auf Räder	12 (46.2 %)	14 (53.8 %)	-
Gr. 3 – passierte Kost	17 (73.9 %)	6 (26.1 %)	-

Es fällt in der Tabelle 19 auf, dass bei der untersuchten Seniorengruppe kein Wert über dem Normbereich ermittelt wurde.

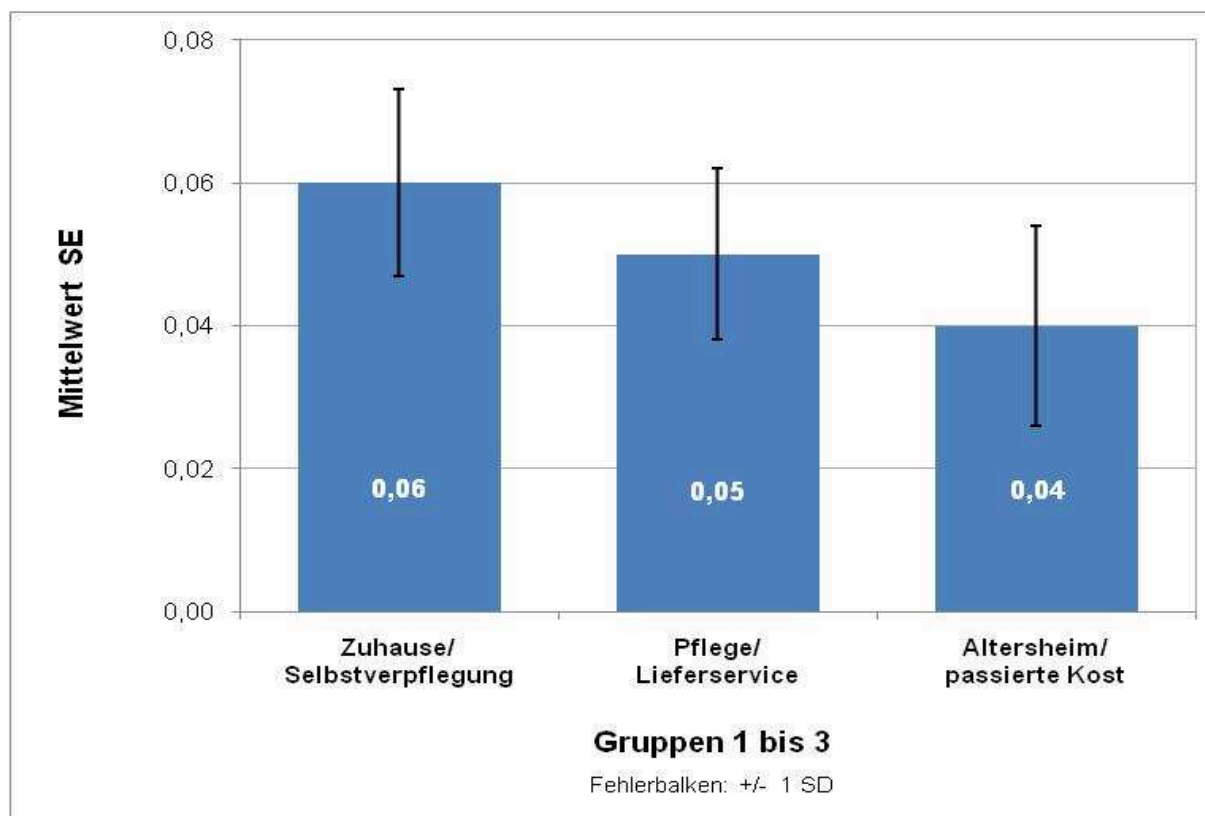


Abbildung 19: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen beim Selen im Verhältnis der Gruppen zueinander

Die Gruppe (1) der Senioren, die sich zu Hause selbst versorgen, lag mit ihren Serumselewnwerten bei den T-Tests signifikant sowohl über den Werten der Gruppe (2), welche ihre Kost angeliefert bekam ($p = .01$), als auch über den Werten der Gruppe (3), die mit passierter Kost versorgt wurde ($p = .00$). Die mit passierter Kost ernährten Teilnehmer lagen signifikant unter der Vergleichsgruppe 2 ($p = .02$). (vgl. Tab. 10,11,12).

Die Streuung der Werte um den Mittelwert wich zwischen den drei Untergruppen im Vergleich nur unwesentlich voneinander ab (vgl. Tab. 2). Die ANOVA Varianzanalyse zeigte, dass dieser Unterschied zwischen den Gruppen jedoch signifikant war ($p = .02$; vgl. Tab. 14).

Tabelle 20: Korrelationen von Selen mit den weiter ausgewerteten Spuren und Mengenelementen

	CA	CU	FE	K	MG	NA	P	S	SR	ZN
SE	.49*	.25*	.31*	.14	-.18	.00	.58*	.30*	-.17	.57*
	.00*	.04*	.01*	.25	.13	.99	.00*	.03*	.16	.00*

Anmerkungen:

Signifikante Werte sind mit * markiert.

Korrelationen fanden sich bei Selen und Calcium ($p = 0.00$), Selen und Kupfer ($p = .04$), Selen und Eisen ($p = .01$), Selen und Phosphor ($p = .00$), Selen und Schwefel ($p = .03$) sowie Selen und Zink ($p = .00$). Der lineare Zusammenhang zwischen den Elementen SE und CA, CU, FE bzw. S ist gering, während der zwischen SE und P bzw. ZN als mittelgroß bezeichnet werden kann.

Beim untersuchten Kollektiv fanden sich keine signifikanten Unterschiede der Selenkonzentrationen zwischen Männern und Frauen. Allerdings hatten die Senioren, die sich zu Hause selbst versorgten, einen höheren Selengehalt als die Gruppe, welche ihre Kost geliefert bekam. Diese Gruppe wiederum hatte einen höheren Selengehalt gegenüber der Gruppe, die passierte Kost zugeführt bekam. Ob die Art der Zubereitung dieses Ergebnis beeinflusst, konnte nicht überprüft werden.

Als Norm wurde beim Selen der Bereich zwischen $0.047 - 0.118 \mu\text{g/ml}$ festgelegt. Angesichts der Tatsache, dass der Mittelwert der Gesamtgruppe bei $0.05 \mu\text{g/ml}$ lag, muss festgestellt werden, dass die meisten Teilnehmer der Studie mit ihrem Selengehalt im Serum an der Untergrenze des Normbereichs bzw. unterhalb der Norm lagen. Diese Tatsache lässt eine gezielte Substitution für gerechtfertigt erscheinen. Eine tägliche Selenzufuhr von $100 \mu\text{g}$ ist zur allgemeinen Stabilisierung des Immunsystems der Senioren sicher angebracht. In dieser Dosierung können auch keine toxischen Konzentrationen auftreten.

7.4 Strontium

7.4.1 Strontiummangel

Über Strontium und dessen Auswirkungen auf das Immunsystem des älteren Menschen konnten in der Literatur keine Angaben gefunden werden.

7.4.2 Strontiumüberschuss

Durch iatrogene Strontiumgaben kann es zu einer Intoxikation kommen. Diese ist schlecht von einer Magen-Darmgrippe zu unterscheiden. Vermehrtem Speichelfluss folgen Erbre-

chen, Koliken und Diarrhoe. Anhand der Vorgeschichte und der Dauer der Symptome lässt sich die Diagnose stellen¹³⁹.

Beim metastasierten Prostatakarzinom findet Strontium in der Therapie Anwendung¹⁴⁰.

Weiterhin wird Strontium zur Behandlung der postmenopausalen Osteoporose eingesetzt¹⁴¹.

Eine Verbesserung der Knochenstabilität konnte bei Frauen mit Osteoporose belegt werden¹⁴².

Dabei wurde gezeigt, dass eine wirkungsvolle und langfristige Behandlung der Osteoporose bei postmenopausalen Frauen eine Senkung des Frakturrisikos um 33 % bewirkt¹⁴³.

7.4.3 Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution

Über Strontium lassen sich, wie bereits eingangs erwähnt, wenige Literaturhinweise finden. Auch inwieweit es im Rahmen der Nahrungskette auf immunregulatorische Vorgänge Einfluss nehmen kann und evtl. nimmt, bleibt momentan noch offen.

Im vorliegenden Patientenkollektiv lag der Mittelwert der männlichen Probanden bei 0.07 µg/ml, bei den weiblichen dagegen bei 0.05 µg/ml. Ein statistisch signifikanter Unterschied beider Werte konnte nicht errechnet werden.

Bei den Berechnungen der Untergruppen wurden ebenfalls keine signifikanten Unterschiede gefunden. Somit kann angenommen werden, dass die Versorgung mit Strontium nach derzeitigen Erkenntnissen über die Nahrungskette ausreichend ist.

Signifikante Korrelationen zwischen Strontium und anderen Parametern konnten ebenfalls nicht ermittelt werden.

Bei der Varianzanalyse der vorliegenden Daten wurde innerhalb der definierten Gruppen ein signifikanter Unterschied der Serumstrontiumkonzentrationen gefunden (vgl. Tab. 14). Es ist aber schwierig, in diesem Zusammenhang eine Aussage zu treffen.

In der neueren Literatur sind ebenfalls keine Angaben über den Strontiumhaushalt des menschlichen Organismus zu finden. Erkenntnisse über den Strontiumhaushalt des Menschen könnten über gezielte Studien ermittelt werden.

¹³⁹ Vgl. Ebert, W. M. (2005), S. 84.

¹⁴⁰ Vgl. Paes, F. M. (2010), S. 89-104.

¹⁴¹ Vgl. Hwang, J. S. (2008), S. 308-314.

¹⁴² Vgl. Meunier, P. J. (2004), S. 459-568.

¹⁴³ Vgl. Meunier, P. J. (2009), S. 1663-1673.

7.5 Zink

7.5.1 Zinkmangel

Bei 92.9 % der Patienten lagen die Werte der Zinkkonzentrationen im Referenzbereich. Lediglich bei 7.1 % der Gesamtgruppe der Senioren wurden Ergebnisse unter dem Normbereich gemessen.

Die Prävalenz des Zinkmangels ist hoch in Populationen, die große Mengen von Cerealien konsumieren. Zu den Risikogruppen, welche einen Zinkmangel entwickeln können, gehören vor allem Schwangere, Senioren und Kranke sowie Alkoholiker, da diese einen erhöhten Zinkbedarf haben¹⁴⁴.

Zinkmangel äußert sich durch Wachstumsverlangsamung, Hypogonadismus, schlechte Haut und Lethargie. Metabolisch verursachter Zinkmangel wurde bei Patienten mit wiederholten Infektionen, Leberzirrhose und mangelhafter Absorption beobachtet¹⁴⁵.

Bei der Acrodermatitis enteropathica, einer autosomal bedingten Erbkrankheit, ist in Folge zu geringer Zinkresorption das Körperwachstum vermindert; Alopezie und vesikulopustulösen Hautveränderungen, welche kurz nach der Abstillzeit einsetzen sind ebenfalls zu finden. Diese können durch Zinksubstitution geheilt werden¹⁴⁶.

Die Zinkserumkonzentration der weiblichen Bevölkerung ist niedriger als die der männlichen Bevölkerung. Weiterhin ist ein Zinkabfall linear zur Alterszunahme festzustellen¹⁴⁷.

Zink ist für den Menschen von essentieller Bedeutung; als Bestandteil von Enzymen oder aber auch als Cofaktor für deren Aktivität.

Zusammenfassend sind Symptome, die je nach Schweregrad des Zinkmangels auftreten können¹⁴⁸:

- Appetitlosigkeit,
- Verminderung der Geschmacksempfindung,
- Diarrhoe,
- Wundheilungsstörungen,
- verzögerte sexuelle Entwicklung,
- Haut- und Schleimhautschäden,

¹⁴⁴ Vgl. Ekmekcioglu, C. (2000), S. 22.

¹⁴⁵ Vgl. Prasad, A. S. (1970), S. 631-636.

¹⁴⁶ Vgl. Zumkley, H. (1983), S.40.

¹⁴⁷ Vgl. Prasad, A. S. (1993), S. 218-224.

¹⁴⁸ Vgl. Ekmekcioglu, J. (2000), S. 22.

- Störung der Dunkeladaption,
- Oligospermie,
- Alopezie,
- mentale Störung.

Zink hat auf das Immunsystem des menschlichen Körpers einen positiven Einfluss^{149 150 151}. Es trägt zur Stabilität der Zellmembranen bei¹⁵² und beeinflusst das zellvermittelte Immunsystem. Bei Zinkmangel sinkt die chemotaktische Aktivität der Makrophagen¹⁵³, die intrazellulären Enzymaktivitäten der Lymphozyten sinken, so dass Infektionen gehäuft auftreten¹⁵⁴.

Nach Zinksubstitution steigt die sich bei Zinkmangel einstellende T4-Zelldefizienz wieder an, so dass sich die Immunantwort bessert^{155 156 157}.

Die Granulozyten Motilität, Phagozytose sowie die NK-Aktivität und antikörperabhängige zellvermittelte Zytotoxizität werden positiv beeinflusst^{158 159 160 161}.

7.5.2 Zinküberschuss

Kein Patient lag mit seinem Wert bei der Zinkkonzentration über dem Referenzbereich.

Verglichen mit anderen Metallen ist Zink für den Menschen relativ untoxisch. Werden dennoch sehr große Mengen inkorporiert, kann dies lebensgefährlich sein. Da vermehrte Zinkaufnahme Fieber, Magenkrämpfe und Diarrhoe sowie Brechreiz hervorruft, ist eine Zinkintoxikation selten¹⁶².

Hohe Dosen von Zink wirken sich toxisch auf das Immunsystem aus¹⁶³.

Des Weiteren hat der Zusatz von Zink in Nahrungsmitteln Einfluss auf den Kupfergehalt des Serums. Je mehr die Zinkmenge erhöht ist, desto höher ist der Ausscheidungsgehalt von Kupfer im Stuhl. In der Literatur finden sich diesbezüglich divergierende Aussagen¹⁶⁴.

¹⁴⁹ Vgl. Aleksandrowicz, J. (1976), S. 195-200.

¹⁵⁰ Vgl. McMahan, L. H. (1976), S. 53-67.

¹⁵¹ Vgl. Warner, G. L. (1986), S. 425-439.

¹⁵² Vgl. Briggs, W. A. (1982), S. 827-832.

¹⁵³ Vgl. Prasad, A. S. (1985), S. 344-352.

¹⁵⁴ Vgl. Bendtzen, K. (1982), S. 81-86.

¹⁵⁵ Vgl. Duchateau, J. (1981), S. 1001-1004.

¹⁵⁶ Vgl. Gross, R. L. (1979), S. 1260-1266.

¹⁵⁷ Vgl. Sugarman, B. (1983), S. 137-147.

¹⁵⁸ Vgl. Chandra, R. K. (1980), S. 736-738.

¹⁵⁹ Vgl. Dreno, B. (1986), S. 209-212.

¹⁶⁰ Vgl. Marinex-Cairo, S. (1980), S. 227-238.

¹⁶¹ Vgl. Businco, L. (1980), S. 966-968.

¹⁶² Vgl. Zumkley, H. (1983), S. 207.

¹⁶³ Vgl. Chandra, R. K. (1984), S. 1443-1446.

7.5.3 Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution

Die ermittelten Zinkkonzentrationen der Patientenseren ergaben bei den Senioren einen Mittelwert von 0.73 µg/ml, bei den Patientinnen dagegen einen etwas niedrigeren Wert von 0.70 µg/ml. Allerdings unterschieden sich beide Werte nicht signifikant. Die Elementbestimmung bei der Gesamtgruppe ergab einen Mittelwert von 0.708 µg/ml (SD = .11).

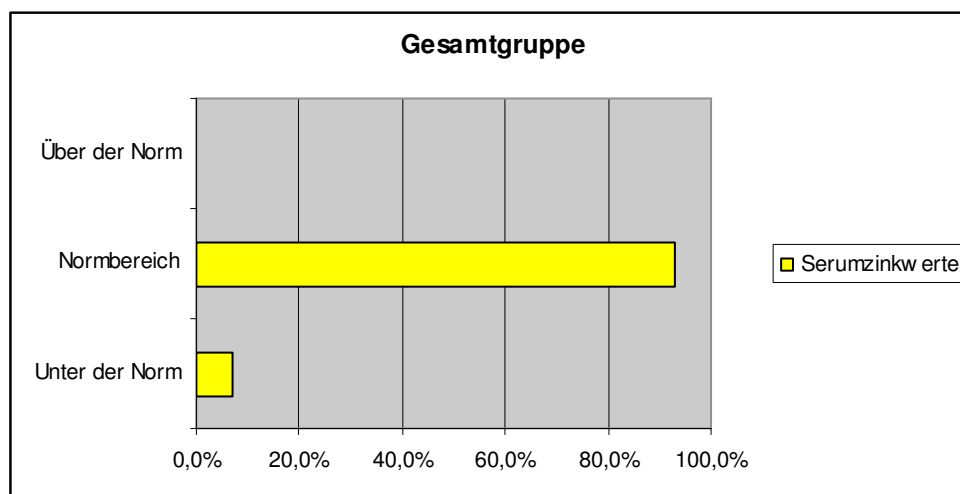


Abbildung 20: Häufigkeiten der Messwerte über bzw. unter der Norm und im Normbereich für die Gesamtgruppe bei den Serumzinkwerten

Insgesamt wurden bei 7.1 % der Gesamtgruppe Zinkkonzentrationen unter dem Normbereich sowie bei 92.9 % Werte im Normbereich gemessen. Dabei wurde ein Normbereich von 0.58 – 1.18 µg/ml zugrunde gelegt.

¹⁶⁴ Vgl. Fosmire, G. J. (1990), S. 225-227.

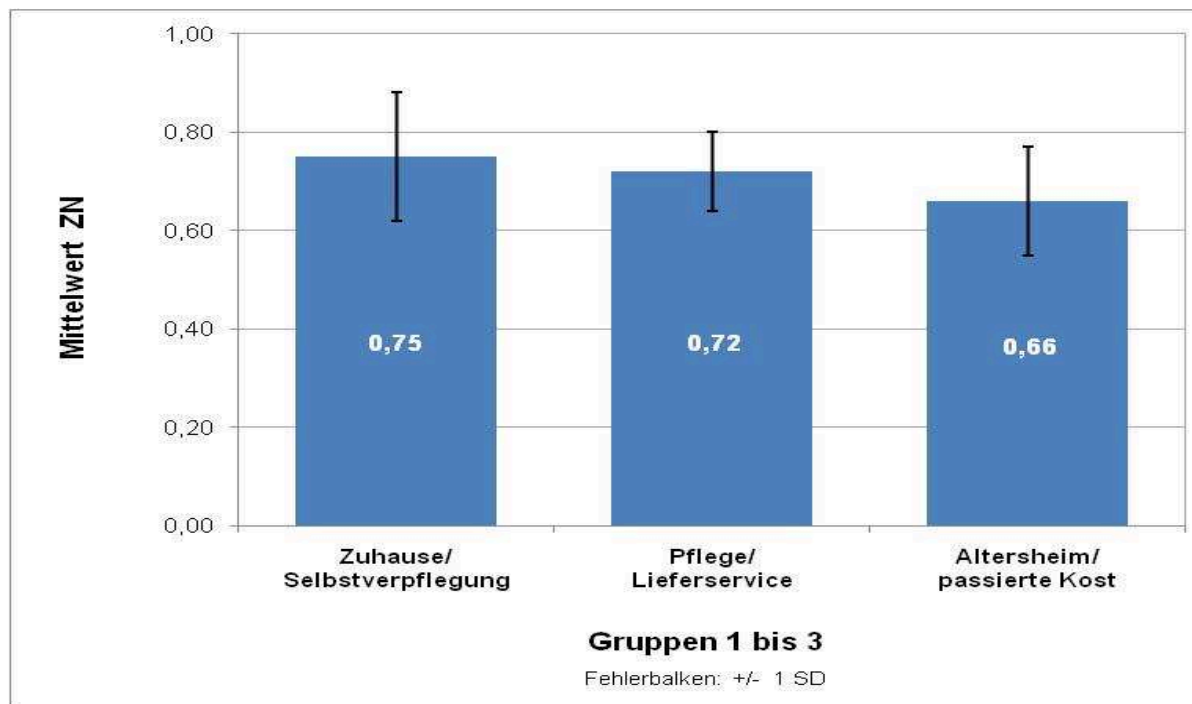


Abbildung 21: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen beim Zink im Verhältnis der Gruppen zueinander

Auch hier zeigt die grafische Darstellung 21 bei den Mittelwerten ein Gefälle zwischen den Gruppen 1 – 3. Es unterschied sich die Gruppe der Senioren, die sich zu Hause selbst versorgten, im Serumzinkwert signifikant von der Gruppe, welche passierte Kost angeliefert bekam ($p = .03$) bzw. der Gruppe, die mit passierter Kost versorgt wurde ($p = .02$). Die mit passierter Kost ernährten Teilnehmer lagen ebenfalls signifikant unter eben erwähnter Vergleichsgruppe ($p = .04$). (vgl. Tab. 10, 11,12).

Tabelle 21 Korrelationen von Zink mit den weiter ausgewerteten Spuren und Mengenelementen

	CA	CU	FE	K	MG	NA	P	S	SE	SR
ZN	.44*	.27*	.34*	.03	-.20	-.22	.34*	.55*	.57*	.04
	.00*	.03*	.01*	.80	.10	.10	.00*	.00*	.00*	.84

Anmerkungen:

Signifikante Werte sind mit * markiert.

Signifikante Korrelationen fanden sich zwischen Zink und Calcium ($p = .00$), Zink und Kupfer ($p = .03$), Zink und Eisen ($p = .01$), Zink und Phosphat ($p = .00$) sowie Zink und Schwefel ($p = .00$). Der lineare Zusammenhang zwischen den Elementen ZN und CA, CU, FE bzw. P ist gering, während der zwischen ZN und S bzw. SE als mittelgroß bezeichnet werden kann.

Da bei 92.9 % der untersuchten Patienten Zinkserum innerhalb des Normbereichs gefunden wurden, muss im Hinblick auf die immunmodulierende Wirkung von Zink auf eine gezielte Substitution nicht geachtet werden. Wie bereits erwähnt, wirkt sich ein ausgeglichener, im therapeutischen Bereich liegender Zinkspiegel positiv auf die Abwehrkräfte der Patienten aus, so dass das Auftreten von Infektionen im therapeutischen Sinne zu Gunsten der Patientengesundheit beeinflusst wird. Zinküberdosierungen ohne entsprechende laborchemische Kontrollen sind aufgrund der negativen Auswirkungen eventueller Überdosierungen abzulehnen.

7.6 Calcium

7.6.1 Calciummangel

Bei einem Gesamtcalcium im Serum < 2.2 mmol/l; ionisiertes Calcium < 1.1 mmol/l liegt ein Calciummangel vor¹⁶⁵.

Vitamin - D-Mangel, verminderte enterale Calciumabsorption, UV-Licht-Mangel, Vitamin D Metabolisierungsstörungen in der Leber oder Niere, Nierenerkrankungen sowie vermehrte Parathormonausschüttung führen zum Calciummangel¹⁶⁶.

Dies kann sich durch hypokalzämische Tetanie, Chvostek Zeichen, Trousseau-Zeichen sowie QT-Verlängerung im EKG zeigen.

7.6.2 Calciumüberschuss

Bei einem Gesamtcalcium im Serum > 2.7 mmol/l; ionisiertes Calcium > 1.3 mmol/l liegt eine Hyperkalzämie vor. Daran leidet 1 % der hospitalisierten Patienten.

Der häufigste Grund dafür sind die Patienten, die an malignen Tumoren erkrankt sind (60 %); gefolgt von Patienten mit endokrinen Erkrankungen. Medikamentöse Behandlung, Immobilisation, Sarkoidose und Nierentransplantation sind prädisponierende Faktoren einer Hyperkalzämie. Diese äußert sich in Polyurie, Polydipsie, Übelkeit, Erbrechen, Herzrhythmusstörungen, QT-Verkürzung im EKG. Von einer hyperkalzämischen Krise spricht man bei einem Serumcalcium von > 3.5 mmol/l. Die hyperkalzämische Krise hat eine Letalität von bis zu 50 % zur Folge¹⁶⁷.

Die Calciumkonzentration spielt im menschlichen Körper eine wichtige Rolle. Über Einflüsse auf das Immunsystem des Menschen konnten allerdings in der entsprechenden Literatur

¹⁶⁵ Vgl. Herold, G. (2006), S. 513.

¹⁶⁶ Vgl. Ebert W. M. (2005), S. 33.

¹⁶⁷ Vgl. Herold, G. (2006), S. 514-515.

keine weiterführenden Erkenntnisse gefunden werden. Ohne Zweifel ist ein ausgeglichener Calciumhaushalt für das Immunsystem, vor allem auch des betagten Menschen, von großer Bedeutung.

7.6.3 Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution

Die Calciumbestimmungen in den Proben erbrachten für die Gesamtgruppe der Senioren einen Mittelwert von 90.31 $\mu\text{g/ml}$ (SD = 6.98). Bei den männlichen Probanden ergab sich ein Mittelwert von 86.23 $\mu\text{g/ml}$, bei den weiblichen dagegen ein solcher von 91.62 $\mu\text{g/ml}$. Diese beiden Werte zeigten eine rechnerische Signifikanz ($p = .01$). (vgl. Tab. 13)

Somit hatten die Patientinnen signifikant höhere Calciumwerte als die männlichen Teilnehmer.

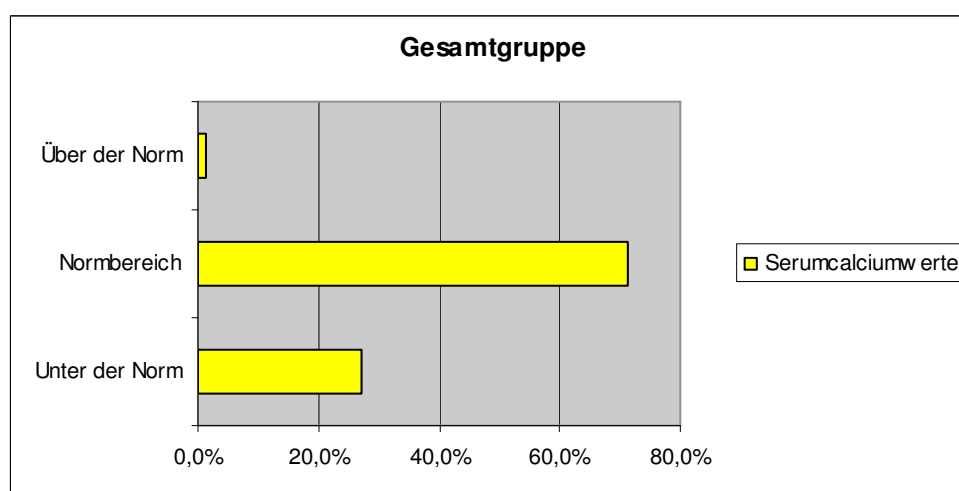


Abbildung 22: Häufigkeiten der Messwerte über bzw. unter der Norm und im Normbereich für die Gesamtgruppe bei den Serumcalciumwerten

Bei der Betrachtung des Calciumgehaltes der Seren der Gesamtgruppe (Abb. 22) fiel auf, dass 27.1 % unter der Norm, dagegen 71.4 % der Untersuchten im Normbereich lagen, 1.4 % der Senioren lag über der Norm. (Normbereich = 86 - 104 $\mu\text{g/ml}$)

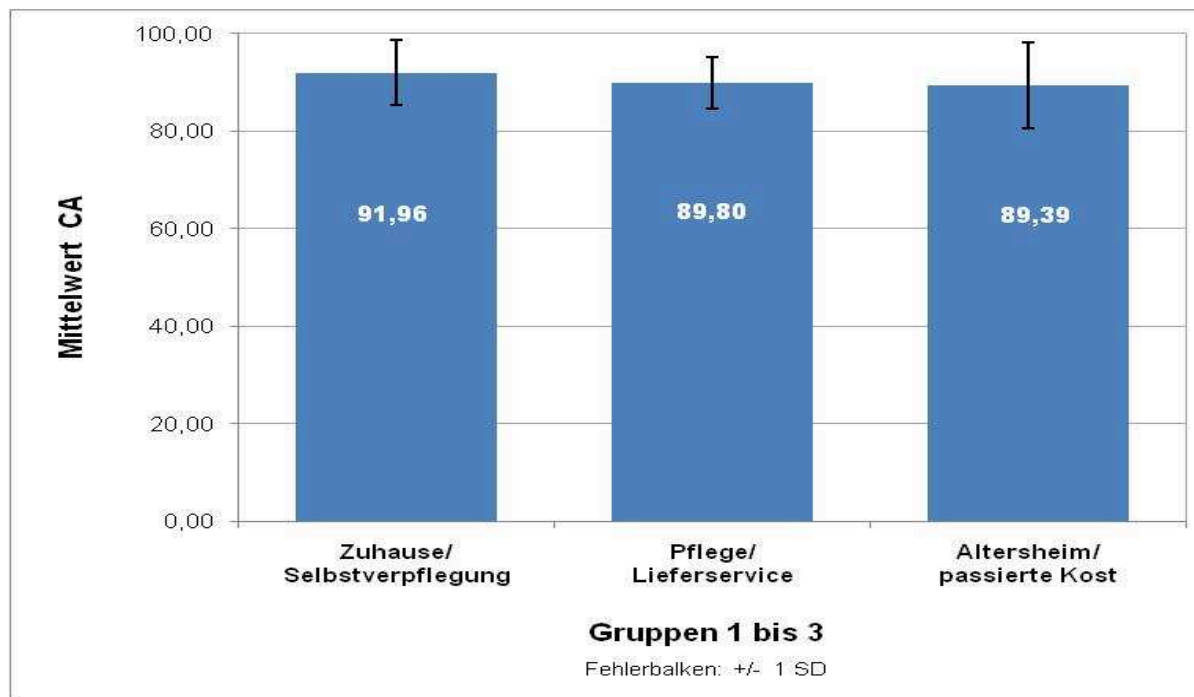


Abbildung 23: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen beim Calcium im Verhältnis der Gruppen zueinander

Der Vergleich der drei Gruppen in der Abb. 23 zeigte keine wesentlichen Abweichungen. Zwischen den Gruppen fanden sich keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 22: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen für Calcium nach Geschlechtern innerhalb der Gesamtgruppe

µg/ml	Männliche Probanden		Weibliche Probanden	
	M	SD	M	SD
CA	86.23	6.25	91.62	6.74

Normbereich = 86 - 104 µg/ml

Die Tab. 22 zeigt, dass der Mittelwert bei den Männern auf der Untergrenze, bei den weiblichen Patienten im unteren Drittel des Normbereichs lag. Wie oben schon erwähnt, hatten in der Analyse die Frauen signifikant höhere Calcium Serumkonzentrationen ($p = .01$) als die Teilnehmer der männlichen Vergleichsgruppe (vgl. Tabelle 13). Auch die ANOVA zeigte, dass die Streuung der Werte bei den Seniorinnen signifikant größer war ($p = .02$; vgl. Tab. 15). Die Ursache für diese Unterschiede ist sicher im weiblichen Hormon-Stoffwechselhaushalt zu finden. Es wäre lohnenswert, diese Tatsache in Zukunft mehr ins

wissenschaftliche Interesse zu rücken und entsprechende Konsequenzen, speziell auch die männliche Bevölkerung betreffend, konstruktiv anzudenken.

Somit kann auf eine Calciumunterversorgung der alternden Bevölkerung geschlossen werden. Alleine im Hinblick auf die im Alter auch geschlechterunabhängige Osteopenie und Osteoporose ist auf ausgewogene Calciumzufuhr über die Nahrungskette zu achten. Vor allem bei Männern, die mit zunehmendem Alter häufig zu einseitiger Nahrungsaufnahme neigen, ist dies besonders zu berücksichtigen.

Deshalb ist auf eine besonders calciumreiche Ernährung zu achten.

Tabelle 23: Korrelationen von Calcium mit den weiter ausgewerteten Spuren und Mengenelementen

	CU	FE	K	MG	NA	P	S	SE	SR	ZN
CA	.24*	.19	.25*	.11	-.05	.56*	.53*	.49*	-.14	.44*
	.05*	.12	.04*	.35	.75	.00*	.00*	.00*	.26	.00*

Anmerkungen:

Signifikante Werte sind mit * markiert.

Bei den Korrelationen fanden sich Signifikanzen bei Calcium und Kupfer ($p = .05$), Calcium und Kalium ($p = .04$), Calcium und Phosphor ($p = .00$), Calcium und Schwefel ($p = .00$) sowie Calcium und Selen ($p = .00$) und Calcium und Zink ($p = .00$). Der lineare Zusammenhang zwischen den Elementen CA und CU, K, SE bzw. ZN ist gering, während der zwischen CA und P bzw. S als mittelgroß bezeichnet werden kann.

7.7 Kalium

7.7.1 Kaliummangel

Aus der Gesamtgruppe der Senioren lagen 12.9 % der Personen unter dem Normbereich.

Von Hypokaliämie spricht man bei einem Serumkalium beim Erwachsenen < 3.6 mmol/l (Anm.: = 140 µg/ml). Die Hypokaliämie kann unterschiedlichste Ursachen haben, wie zum Beispiel¹⁶⁸:

Verlustbedingte Ursachen (außer verminderter oraler Zufuhr):

- Intestinale Verluste durch Diarrhoe, Laxantienabusus, Fisteln, Erbrechen,
- Mukorrhö bei villösem Adenom durch gesteigerte enterale Schleimabsonderung,

¹⁶⁸ Vgl. Herold, S. (2006), S. 509-510.

- Renale Verluste durch Nierenerkrankungen, Diuretikatherapie, primärer oder sekundärer Hyperaldosteronismus, alimentär durch Lakritzabusus, Hyperkortisolismus, Therapie mit Gluko- oder Mineralokortikoide oder Amphotericin B.

Verteilungshypokaliämie durch Verlagerung von Kalium aus dem Extrazellulärraum in die Zellen:

- Alkalosen,
- Insulinbehandlung bei Coma diabeticum,
- Hypokaliämische paroxysmale Lähmung.

Kalium- und Magnesiummetabolismus sind eng miteinander verbunden. Durch Veränderung der Membrandurchlässigkeit bzw. Hemmung der Na⁺/K⁺ ATPase kann sich ein Magnesiummangel negativ auf den Kaliumhaushalt auswirken. In der breiten Bevölkerung sind Fälle mit magnesiumabhängigem oder –unabhängigem Kaliummangel nicht selten¹⁶⁹.

Ein ausgeglichener Kaliumspiegel ist für die Funktionsfähigkeit der elektrophysiologischen Vorgänge im menschlichen Körper unerlässlich. Bei körperlicher Bewegung (Training) kommt es zur Kaliumfreisetzung aus der sich kontraktierenden Muskulatur¹⁷⁰. Des Weiteren wird in der Literatur über Kaliumabfall nach körperlicher Betätigung berichtet^{171 172}. Inwieweit es allerdings direkt an immunmodulatorischen Vorgängen beteiligt ist, konnte in der Literatur nicht ermittelt werden. Allerdings ist zu bedenken, dass sich die Stoffwechselforgänge im menschlichen Körper gegenseitig beeinflussen, so dass Konzentrationsverschiebungen der Elemente weitreichende Folgen für den Gesamtorganismus haben.

7.7.2 Kaliumüberschuss

Beträgt das Serumkalium bei Erwachsenen > 5.5 mmol/l, liegt eine Hyperkaliämie vor¹⁷³.

Über diesem Wert lagen 8.6 % der untersuchten Senioren.

Verursacht durch externe Bilanzstörung:

- Bei normaler Nierenfunktion beträgt die renale Ausscheidungskapazität mehr als das Doppelte der normalerweise mit der Nahrung aufgenommenen Kaliummenge von 100 mmol/l. Somit wird eine Hyperkaliämie bedingt durch übermäßige Nahrungsaufnahme sehr unwahrscheinlich,

¹⁶⁹ Vgl. Iezhitsa, I. N. (2008), S. 23-41.

¹⁷⁰ Vgl. Lindinger, M. J. (1991), S. 382-401.

¹⁷¹ Vgl. Medbo, J. I. (1990), S. 100-122.

¹⁷² Vgl. Struthers, A. D. (1988), S. 397-401.

¹⁷³ Vgl. Herold, S. (2006), S. 511.

- verminderte renale Kaliumausscheidung bei Nierenerkrankungen,
- bei Niereninsuffizienzen kann Diätsalz auf Kaliumbasis oder Obst eine lebensbedrohliche Hyperkaliämie verursachen,
- iatrogen verursachte Hyperkaliämie.

Verursacht durch interne Bilanzstörung:

- Verteilungshyperkaliämie,
- Azidose, diabetisches Koma,
- Freisetzung von Kalium bei Zellzerfall.

7.7.3 Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution

Die Mittelwerte der Kaliumbestimmungen der Seren unterschieden sich geschlechtsspezifisch. So fand sich bei den Männern ein Mittelwert von 156.53 µg/ml, wogegen bei den Frauen ein solcher von 179.49 µg/ml gemessen wurde. Dabei hatten die Teilnehmerinnen einen höheren Wert als die Vergleichsgruppe der Männer. Dieser Unterschied war signifikant ($p = .02$; vgl. Tab. 13). Für alle Senioren gemeinsam wurde dabei ein Mittelwert von 173.91 µg/ml ermittelt (SD = 36.71).

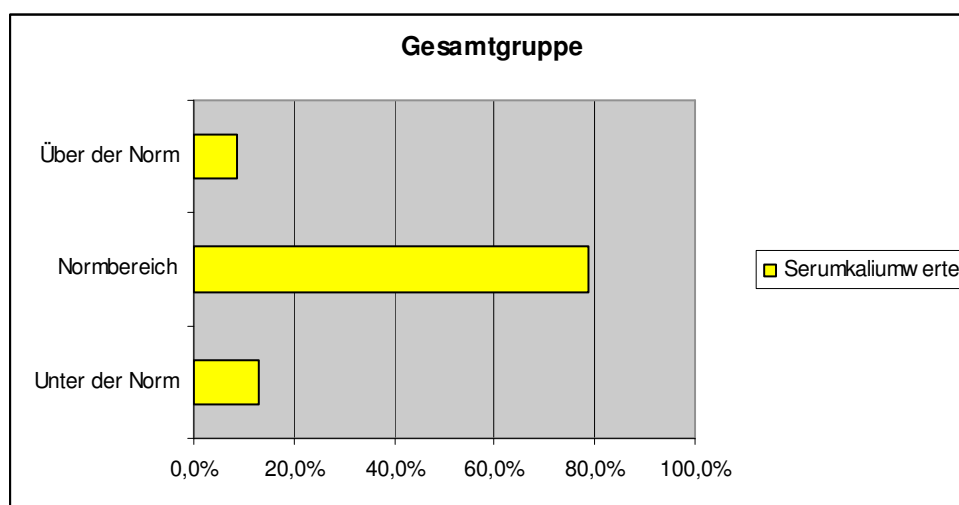


Abbildung 24: Häufigkeiten der Messwerte über bzw. unter der Norm und im Normbereich für die Gesamtgruppe bei den Serumkaliumwerten

Wie die prozentuale Verteilung in der Grafik 24 zeigt, hatten aus der Gesamtgruppe 12.9 % Werte unter, 78.6 % Werte im und 8.6 % Werte über dem Normbereich (Normbereich = 140 – 211 µg/ml).

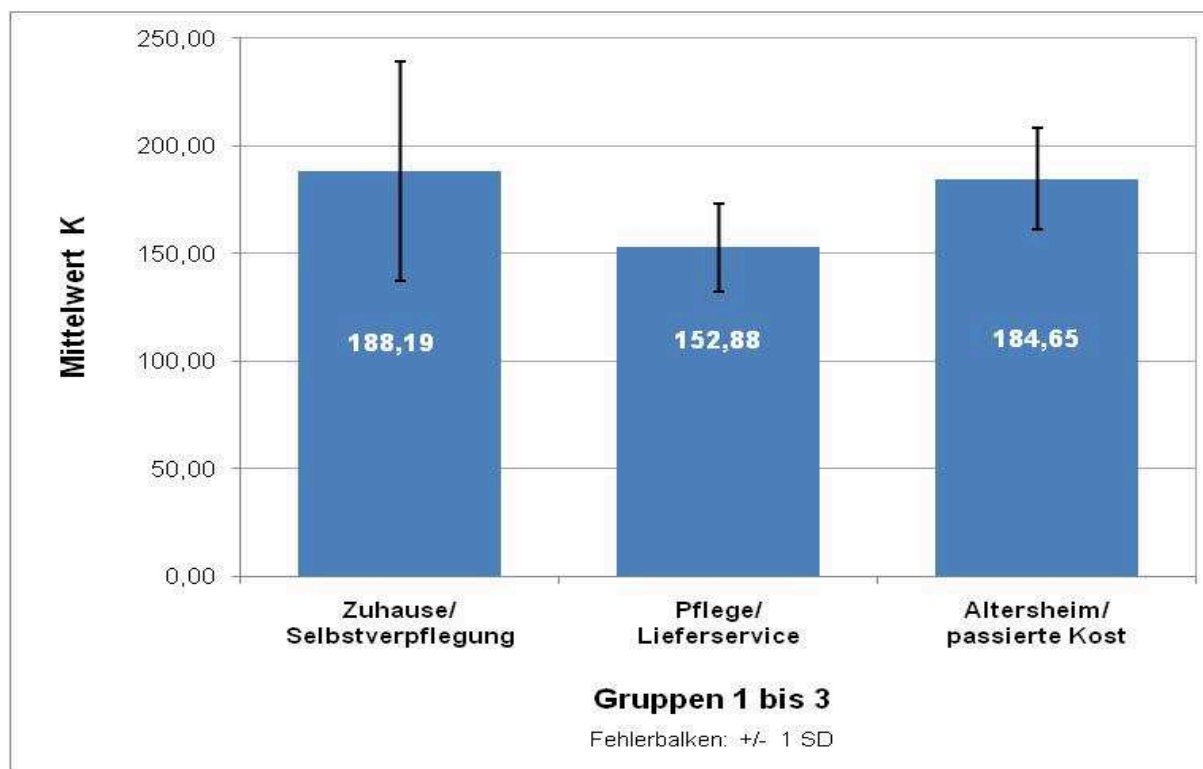


Abbildung 25: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen beim Kalium im Verhältnis der Gruppen zueinander

Bei der Auswertung der Ergebnisse (Abb. 25) mittels T-Tests fiel auf, dass die Personen, die sich Zuhause selbst ernährten, eine signifikant höhere Kaliumkonzentration der Seren ($p = .00$) aufwies als die Gruppe 2/Lieferservice. Auch der Unterschied zwischen dieser Gruppe 2/Lieferservice und der Gruppe 3/passierte Kost war in der Kaliumkonzentration signifikant ($p = .04$). Folglich war die Kaliumkonzentration bei der Gruppe, die Essen geliefert bekam, gegenüber den beiden anderen Gruppen bedeutsam geringer. (vgl. Tab. 10,12)

Wie oben bereits erwähnt, ergab die Auswertung mittels T-Test bei den Frauen Kaliumwerte über denen der männlichen Vergleichsgruppe ($p = .02$; vgl. Tab. 13). Eine mögliche Erklärung des Phänomens wäre vielleicht im gesteigerten Verzehr von Obst und Gemüse bei der weiblichen Bevölkerung zu sehen. Weiterhin ist wie bei allen Betrachtungen an die doch evtl. bessere genetische Disposition der Frauen zu denken. Ihre Lebenserwartung übertrifft auch heute noch die der männlichen Bevölkerung im Großen und Ganzen bei weitem.

Warum die Patientinnen per se höhere Kaliumwerte aufwiesen als die Männer ist nicht schlüssig zu erklären. Sicherlich spielt das Ernährungsverhalten eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass besonders im höheren Lebensalter, allein schon aufgrund zunehmender Medikationen, vor allem auch auf den Kaliumhaushalt geachtet werden sollte.

Tabelle 24: Korrelationen von Kalium mit den weiter ausgewerteten Spuren und Mengenelementen

	CA	CU	FE	MG	NA	P	S	SE	SR	ZN
K	.25*	.31*	.04	.14	.24	.050	.08	.14	-.18	.03
	.04*	.01*	.77	.25	.11	.70	.60	.25	.14	.80

Anmerkungen:

Signifikante Werte sind mit * markiert.

Eine signifikante Korrelation konnte zwischen Kalium und Calcium ($p = .04$), außerdem zwischen Kalium und Kupfer ($p = .01$) gefunden werden. Es bestand bei diesen Korrelationen lediglich ein geringer linearer Zusammenhang.

7.8 Magnesium

7.8.1 Magnesiummangel

Ist das Serummagnesium < 0.75 mmol/l (Anm.: = 18.23 $\mu\text{g/ml}$), liegt eine Hypomagnesiämie vor. Davon waren bei der Analyse 8.6 % der Patienten aus der Gesamtgruppe betroffen.

Magnesiummangel kann verursacht sein durch angeborene Magnesiumverlustkrankungen oder sekundäre Hypomagnesiämie. Die Magnesiumverlustkrankungen sind genetisch determiniert.

Sekundäre Hypomagnesiämie kann durch einseitige Ernährung, Malabsorption, vermehrten Bedarf wie z. B. bei Schwangerschaft, endokrine Störungen sowie Laxantienabusus bedingt sein¹⁷⁴.

Die Symptome beim Vorliegen eines Magnesiummangels sind auf Grund einer eventuell gleichzeitig bestehenden Hypokaliämie und / oder Hypokalzämie nicht spezifisch. Wadenkrämpfe können ein Zeichen von Magnesiummangel sein.

Es können Reizbarkeit, Depression sowie Magnesiummangeltetanie auftreten. Vermehrte Extrasystolen des Herzens, erhöhte Digitalisempfindlichkeit sowie größere Bereitschaft der

¹⁷⁴ Vgl. Herold, G. (2010), S. 565.

Koronararterien zu Spasmen sind zu beobachten. Gelegentlich können intestinale Spasmen auftreten¹⁷⁵.

Über die Wirkung von Magnesium auf den Stoffwechsel sowie das Immunsystem wird in der Literatur berichtet. Magnesiummangel bewirkt totale Immuninkompetenz, ebenso wird die Zellproliferation und -differenzierung beeinflusst¹⁷⁶.

7.8.2 Magnesiumüberschuss

Ist das Serummagnesium > 1.05 mmol/l liegt eine Hypermagnesiämie vor. Keiner der untersuchten Senioren erreichte diese Grenze.

Exogene Zufuhr vor allem durch magnesiumhaltige Antazida sowie parenterale Magnesiumtherapie kann zum Magnesiumüberschuss führen. Weitere Ursachen stellen Niereninsuffizienz und Rhabdomyolyse dar. Magnesiumüberschuss über die Nahrungskette kann Diarrhoen verursachen.

Muskelschwäche, Nausea sowie Parästhesien im Gesicht wie auch Hypoventilation und Somnolenz können im Zusammenhang mit einem erhöhten Magnesiumspiegel beobachtet werden. Weiterhin ist im EKG eine Verlängerung der PQ-Zeit sowie eine Verbreiterung des QRS-Komplexes zu finden.

7.8.3 Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution

Die Magnesiumkonzentrationen der männlichen Probanden erbrachten einen Mittelwert von 20.03 µg/ml, wogegen der der weiblichen Teilnehmer bei 20.05 µg/ml gemessen wurde. Es ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied beider Werte. Der Mittelwert der Gesamtgruppe lag bei 20.04 µg/ml (SD = 1.72).

Der Normbereich bei Magnesium wurde mit 18 – 26 µg/ml festgelegt.

¹⁷⁵ Vgl. Herold, G. (2006), S. 513.

¹⁷⁶ Vgl. Casoni, J. (1990), S. 234-237.

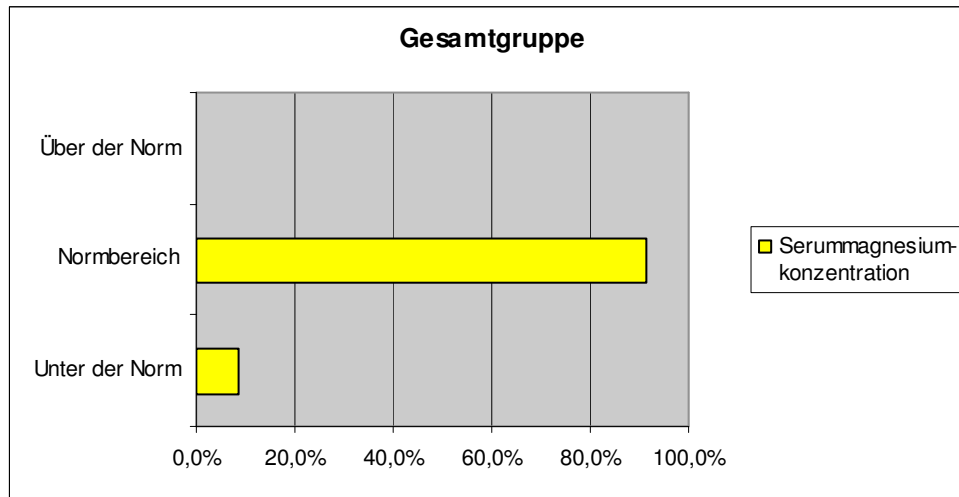


Abbildung 26: Häufigkeiten der Messwerte über bzw. unter der Norm und im Normbereich für die Gesamtgruppe bei den Serummagnesiumwerten

Bei den Berechnungen für die Gesamtgruppe wurden bei 8,6 % der Teilnehmer Magnesiumwerte unterhalb dieser Norm, bei 91,4 % Werte im Normbereich gemessen. Wie die obige Darstellung Abb. 26 zeigt, lag kein Wert über der Norm.

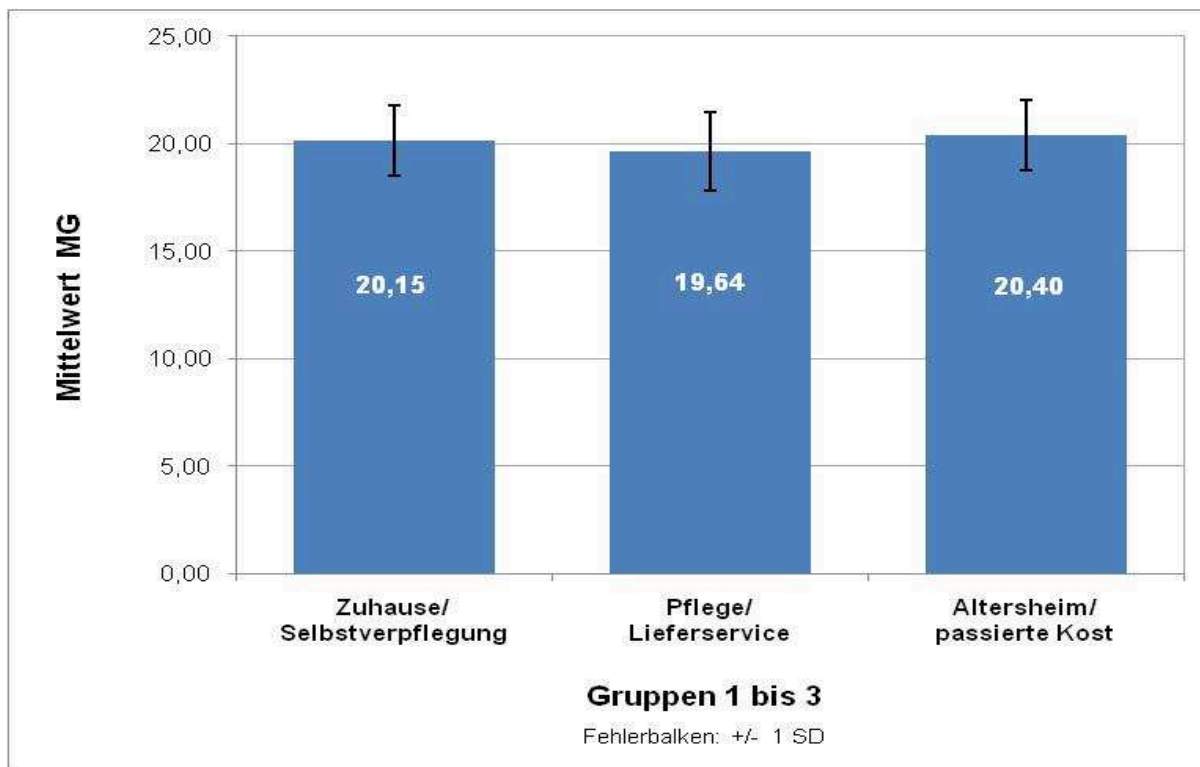


Abbildung 27: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen beim Magnesium im Verhältnis der Gruppen zueinander

Auf Grund der gemessenen Werte ergaben auch die Analysen der drei Untergruppen (Abb. 27) keine signifikanten Unterschiede.

Die Mittelwerte lagen beim Magnesium in allen drei Gruppen im unteren Drittel des Normbereichs. Die Streuung der Werte innerhalb der Gruppen war relativ gering. Somit war bei den meisten Probanden in jeder Gruppe die Magnesiumversorgung durch die Nahrung ausreichend gedeckt. Trotzdem sollte speziell bei älteren Menschen darauf geachtet werden, dass Magnesium in Form von Mineralwasser, Vollkornprodukten, grünem Gemüse usw. ausreichend zugeführt wird.

Tabelle 25: *Korrelationen von Magnesium mit den weiter ausgewerteten Spuren und Mengenelementen*

	CA	CU	FE	K	NA	P	S	SE	SR	ZN
MG	.11	-.15	.06	.14	.08	-.33*	-.30*	-.18	.10	-.20
	.35	.20	.62	.25	.61	.01*	.04*	.13	.42	.10

Anmerkungen:

Signifikante Werte sind mit * markiert.

Es fanden sich signifikante Korrelationen zwischen Magnesium und Phosphat ($p = .01$) bzw. zwischen Magnesium und Schwefel ($p = .04$). Es bestand bei diesen Korrelationen lediglich ein geringer linearer Zusammenhang. Auffällig ist jedoch, dass der Zusammenhang in beiden Fällen gegenläufig ist.

Beim untersuchten Kollektiv fanden sich keine signifikanten Unterschiede innerhalb der Gruppen (Männer und Frauen), des Weiteren ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Subgruppen. Daraus ist zu folgern, dass die Magnesiumversorgung der Probanden ausreichend war.

Wie bereits oben erwähnt, ist aber besonders im fortgeschrittenen Lebensalter darauf zu achten, dass der Magnesiumhaushalt ausgeglichen ist. Allerdings sind bei entsprechenden Symptomen (z. B. Wadenkrämpfen) immer differentialdiagnostische Abklärungen erforderlich.

Bei nachgewiesenem Magnesiummangel sollte deshalb eine milde Substitution in Betracht gezogen werden.

7.9 Natrium

7.9.1 Natriummangel

Kein Patient aus der Gesamtgruppe lag mit seinem Serumnatriumwert unter dem Normbereich.

Natrium ist für die Vorgänge des gesamten Stoffwechsels sowie für das Funktionieren des Immunsystems von essentieller Bedeutung. Wenn bei Erwachsenen eine Serumnatriumkonzentration < 135 mmol/l vorliegt, spricht man von einer Hyponatriämie. Dabei werden zwei Formen unterschieden:

1. Verdünnungshyponatriämie:

Hypotone Hyperhydratation, Erhöhung des EZV, Hypervolämie

Bei der Herzinsuffizienz kommt es durch vermehrte Wasser- und Salzretention zur Flüssigkeitsansammlung im Körper. Leberzirrhose, nephrotisches Syndrom und Kwashiorkor bedingen Albuminmangel, Wasserretention und auch Salzretention. Akute und chronische Niereninsuffizienz (Oligurie) führen bei hoher Flüssigkeitszufuhr ebenfalls zu einer Verdünnungshyponatriämie. Weitere Ursachen sind übermäßige ADH-Sekretion, schwere Hyperglykämie sowie auch Infusionen hypotoner Lösungen (iatrogene Ursache).

2. Verlustnatriämie:

Hypotone Dehydratation

Bei übermäßigem Erbrechen, vermehrten Durchfällen, Blutungen sowie Flüssigkeitsverlusten durch Verbrennungen erfolgt trotz gleichzeitiger adäquater Wasserzufuhr und ADH-Sekretion (Wasserretention) eine Verlusthyponatriämie. Das Gleiche findet sich auch bei Verlust von Salz und Wasser in transzellulären Räume (Pleurahöhle, Peritonealräume). Weiterhin kann es durch kurative Maßnahmen ebenfalls zur hypertonen Dehydratation kommen¹⁷⁷.

Die Hyponatriämie führt häufig zur Hospitalisation und hat im Vergleich zur Hypernatriämie eine schlechte Prognose^{178 179}.

7.9.2 Natriumüberschuss

Von den untersuchten Senioren lagen 72.9 % der Senioren über dem Normbereich.

Wenn bei Erwachsenen eine Serumnatriumkonzentrationen > 145 mmol/l vorliegt, spricht man von einer Hypernatriämie. Es wird dabei zwischen hypertoner Dehydratation (Hypernatriämie bei Hypovolämie) und der hypertonen Hyperhydratation (Hypernatriämie bei Hypervolämie) unterschieden.

¹⁷⁷ Vgl. Dörner, K. (2003), S. 179-180.

¹⁷⁸ Vgl. Asadollahi, K. (2006), S. 877-880.

¹⁷⁹ Stelfox, H. T. (2008), URL <http://ccforum.com/content/12/6/R162> [Stand: 17.10.2010].

Bei erhöhtem Flüssigkeitsverlust durch den Gastrointestinaltrakt oder Hyperhidrose entsteht die Hybernatriämie auf Grund der verminderten Zufuhr von Wasser. Weiterhin kann durch Trinken von Meerwasser ein Salzüberschuss hervorgerufen werden. Wogegen beim primären Hyperaldosteronismus ein Salzüberschuss durch verminderte Natriumexkretion entsteht. Chronische Nierenerkrankungen führen ebenfalls zur Hybernatriämie¹⁸⁰.

Natriumüberschuss kann besonders bei älteren Menschen neurologische Komplikationen hervorrufen¹⁸¹. Deshalb sollten besonders bei betagten Menschen der Elektrolyshaushalt kontrolliert und eventuell korrigiert werden¹⁸², da vor allem während längerer stationärer Aufenthalte sowie in Seniorenheimen häufig Elektrolytentgleisungen auftreten¹⁸³.

7.9.3 Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution

Die Serumnatriumkonzentrationen erbrachten bei den Männern einen Mittelwert von 3434.18 µg/ml, bei den Frauen dagegen wurde ein solcher von 3452.06 µg/ml gemessen. Statistisch fand sich hier ein signifikanter Unterschied ($p = .04$; vgl. Tab. 13)). Somit hatten die Teilnehmerinnen der Studie einen höheren Serumnatriumgehalt als die Teilnehmer.

Als Mittelwert für die Gesamtgruppe wurden 3447.71 µg/ml gemessen (SD = 114.50).

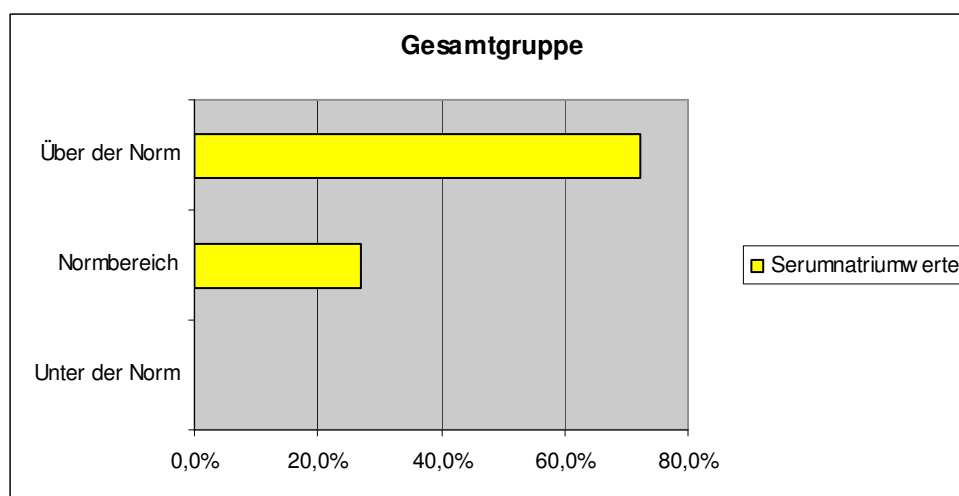


Abbildung 28: Häufigkeiten der Messwerte über bzw. unter der Norm und im Normbereich für die Gesamtgruppe bei den Serumnatriumwerten

Wie in Abb. 28 zu sehen ist, hatten von allen Teilnehmern der Kohorte insgesamt 27.1 % Serumnatriumwerte im Normbereich sowie 72.9 % über dem Normbereich. Messwerte un-

¹⁸⁰ Vgl. Dörner, K. (2003), S. 180.

¹⁸¹ Vgl. Agrawal, V. (2008), S. 956-964.

¹⁸² Vgl. Miller, M. (1999), S. 120-6.

¹⁸³ Vgl. Kugler, J. P. (2000), S. 3623-3630.

terhalb des Normbereiches wurden nicht gefunden. Der Normbereich lag zwischen 3170 und 3400 µg/ml.

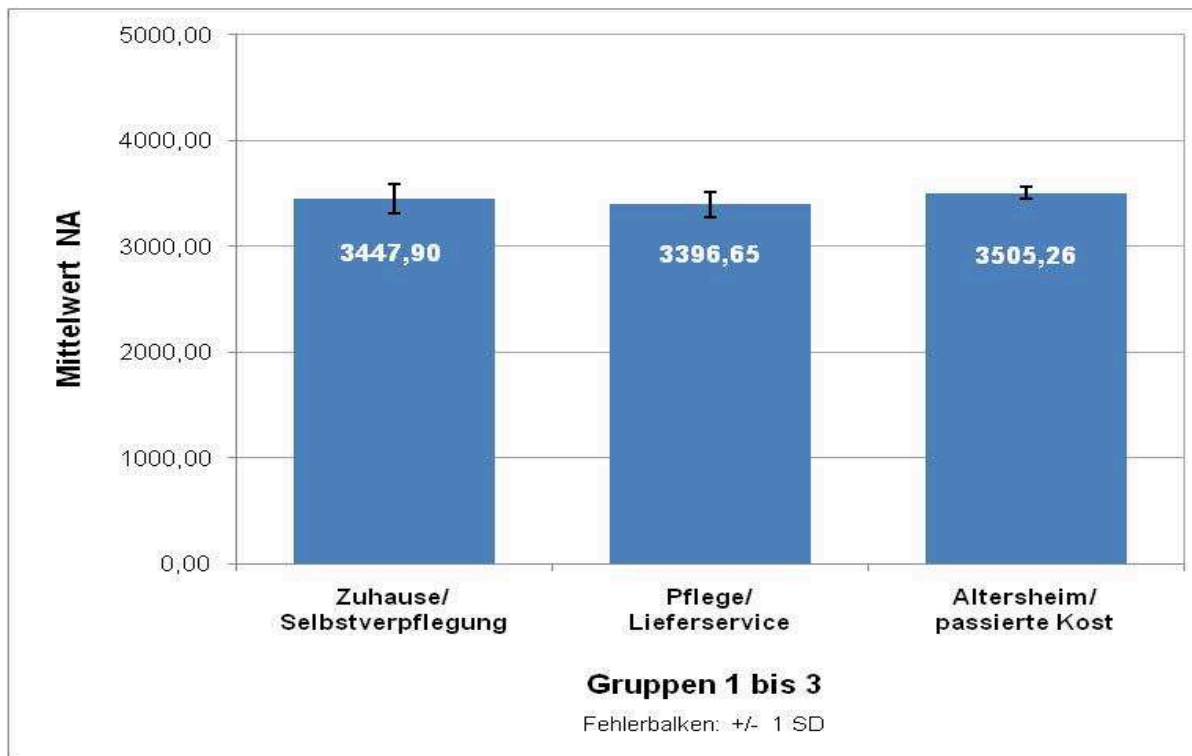


Abbildung 29: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen beim Natrium im Verhältnis der Gruppen zueinander

Bei der weiteren Analyse (Abb. 29) fiel die Gruppe der Teilnehmer auf, die mit passierter Kost ernährt wurde. Hier fanden sich Serumnatriumwerte signifikant über denen der Gruppe, welche nach Hause gelieferte Kost zu sich nahm ($p = .01$; vgl. Tab. 12).

Tabelle 26: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen für Natrium nach Geschlechtern innerhalb der Gesamtgruppe

µg/ml.	Männliche Probanden		Weibliche Probanden	
	M	SD	M	SD
NA	3434.46	128.53	3452.06	108.16

Bei der Geschlechteranalyse (vgl. Tabelle 26) fanden sich bei den Frauen wie oben bereits aufgeführt signifikant höhere Serumnatriumkonzentrationen als bei den Männern ($p = .04$; vgl. Tab. 13). Bei den Seniorinnen war im Verhältnis zu den Senioren die Streuung der Wer-

te um den Mittelwert geringer. Dieser Unterschied zwischen beiden Gruppen war bei der Varianzanalyse signifikant ($p = .04$; vgl. Tab. 15).

Ob sich der erhöhte Natriumgehalt im Serum von Frauen auf erhöhte Natriumaufnahme mit der Nahrung zurückführen lässt, bleibt zu diskutieren. Möglicherweise sind auch geschlechtsspezifische Stoffwechselvarianten dafür verantwortlich.

Da allerdings bei keinem der Probanden ein Natriumdefizit zu finden war, ist davon auszugehen, dass die Natriumversorgung der älteren Bevölkerung unter normalen Umständen absolut ausgeglichen ist.

Deshalb ist vor allem bei betagten Menschen darauf zu achten, dass Natrium in richtig dosierter Menge zugeführt wird. Nur bei nachgewiesenem Natriummangel ist in Anbetracht der gesamtgesundheitlichen Situation des Einzelnen, auf eine entsprechende Natriumsubstitution zu achten.

Tabelle 27: *Korrelationen von Natrium mit den weiter ausgewerteten Spuren und Mengenelementen*

	CA	CU	FE	K	MG	P	S	SE	SR	ZN
NA	-.05	.01	-.09	.24	.08	-.17	-.38*	-.00	.14	-.22
	.75	.97	.55	.11	.61	.24	.01*	.99	.34	.14

Anmerkungen:

Signifikante Werte sind mit * markiert.

Eine signifikante Korrelation fand sich zwischen Natrium und Schwefel ($p = .01$). Es bestand bei der vorliegenden Korrelation lediglich ein geringer linearer Zusammenhang. Auffällig ist jedoch, dass der Zusammenhang gegenläufig ist.

7.10 Phosphat

7.10.1 Phosphatmangel

Kein Serumphosphatwert lag bei den Senioren unter der Norm.

Phosphatmangel tritt sehr selten auf. Seine Ursache kann in verringerter Phosphatzufuhr, verminderter Absorption im Magen-Darm-Trakt oder/und erhöhter renaler Ausscheidung bestehen. Bei 20 – 40 % der schwerkranken erwachsenen Patienten kann Hypophosphatämie diagnostiziert werden. Meist treten unspezifische Symptome auf wie Lethargie, Apathie, Somnolenz bis hin zum Koma. Verminderte Kontraktion des Zwerchfells (Verringerung des Atemvolumens), Kardiomyopathie, Herzinsuffizienz und Herzrhythmusstörungen, ventrikulä-

re Tachykardien sowie neuromuskuläre Symptome respiratorische Insuffizienz bis hin zur Beatmungspflichtigkeit können sich einstellen^{184 185}.

7.10.2 Phosphatüberschuss

Bei 11.4 % der Senioren aus der Gesamtgruppe lag der Wert über dem Referenzbereich.

Eine Hyperphosphatämie besteht bei einem Serumphosphat von > 1.6 mmol/l (Anm.: = 158 µg/ml). Als Ursachen kommen Niereninsuffizienz (verminderte Phosphatausscheidung), vermehrte tubuläre Rückresorption, übermäßiger Phosphatanfall (Rhabdomyolyse, Zellerfall bei Tumorerkrankungen, Leukämie, Phosphatanfall bei Chemotherapien) in Frage. Weiterhin kann es durch phosphathaltige Darmreinigungs- sowie Kontrastmittel zu einer Vermehrung des Phosphats im Serum kommen.

Des Weiteren tritt Hyperphosphatämie bei immobilen Patienten, die länger parenteral ernährt werden, auf^{186 187}.

Klinisch können Lethargie bis hin zum Koma, Tachypnoe, Tetanie, Bradykardie bis zum Herzstillstand führend auftreten.

Ist die Nierenfunktion intakt, wird die Phosphatausscheidung mit Hilfe physiologischer Kochsalzlösung oder Natriumbikarbonat angeregt; falls diese Maßnahme nicht den erwünschten Erfolg zeigt, besteht die Option Acetazolamid zu verabreichen¹⁸⁸.

Bei allen Maßnahmen ist unbedingt auf die Elektrolytbilanzierung zu achten (Elektrolyte nach Kohlenhydratinfusion bei Gesunden).

Sollte die Nierenfunktion eingeschränkt sein, ist als einzige kurative Maßnahme die Hämodialyse angezeigt¹⁸⁹.

Phosphat spielt innerhalb der Immunität eine nicht zu unterschätzende Rolle. Die Sauerstoffaufnahme der Muskelzelle wird durch eine ausreichende Phosphataufnahme mit der Nahrung verbessert, der Metabolismus der Zelle angeregt und die körperliche Leistungsfähigkeit des Organismus gesteigert^{190 191 192}. Somit bewirkt ein ausgeglichener Phosphathaushalt

¹⁸⁴ Vgl. Santana e Meneses, J. F. (2009), S. 234-238.

¹⁸⁵ Vgl. Hicks, W. (2001), S. 227-233.

¹⁸⁶ Vgl. Hruska, K. A. (2008), S. 148-157.

¹⁸⁷ Vgl. Biarent, D. (1992), S. 558-560.

¹⁸⁸ Vgl. Vernon, W. B. (1988), S. 84-87.

¹⁸⁹ Vgl. Vernon, W. B. (1988), S. 84-87.

¹⁹⁰ Vgl. Bollaert, E. (1992), S. 1-7.

¹⁹¹ Vgl. Kreider, R. B. (1992), S. 20-47.

¹⁹² Vgl. Stewart, J. (1990), S. 80-84.

körperliche sowie immunologische Leistungsfähigkeit, er hat eine krankheitsprotektive Wirkung und trägt zum allgemeinen Wohlbefinden des Individuums bei.

7.10.3 Ergebnisse und Notwendigkeit der Substitution

Bei der Bestimmung der Phosphatkonzentrationen im Serum fand sich bei den männlichen Probanden ein Mittelwert von 125.71 $\mu\text{g/ml}$, wogegen bei den weiblichen Teilnehmerinnen ein solcher von 137.8 $\mu\text{g/ml}$ ermittelt wurde. Die Werte unterschieden sich signifikant ($p = .03$; vgl. Tab. 13). Somit ist festzustellen, dass die Frauen der Gesamtgruppe einen höheren Serumphosphatgehalt aufwiesen als die Vergleichsgruppe der Männer. Der Mittelwert der Gesamtgruppe der Senioren lag bei 134.86 $\mu\text{g/ml}$ (SD = 20.11).

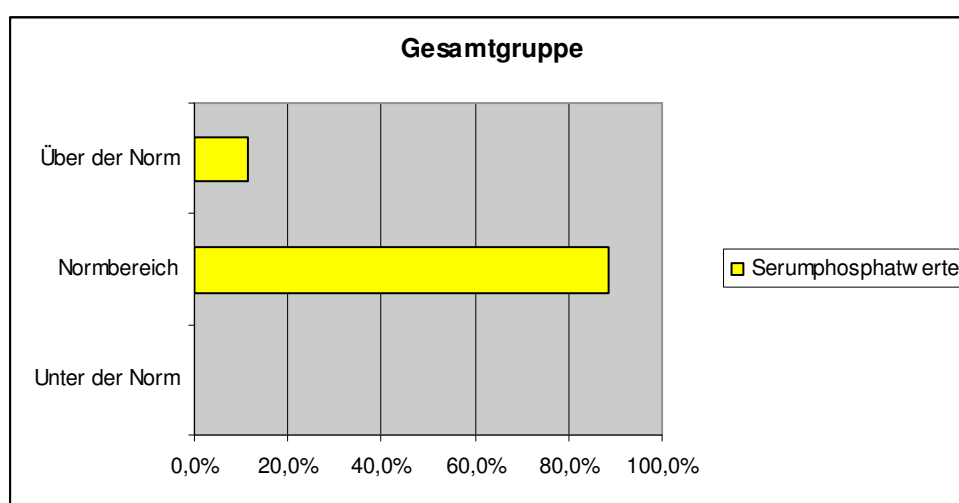


Abbildung 30: Häufigkeiten der Messwerte über bzw. unter der Norm und im Normbereich für die Gesamtgruppe bei den Serumphosphatwerten

Die Auswertung der Abb. 30 zeigt, dass innerhalb der Gesamtgruppe keiner der ermittelten Werte unter dem Normbereich lag, jedoch 88.6 % im und 11.4 % über dem Normbereich lagen (Normbereich = 78 – 158 $\mu\text{g/ml}$).

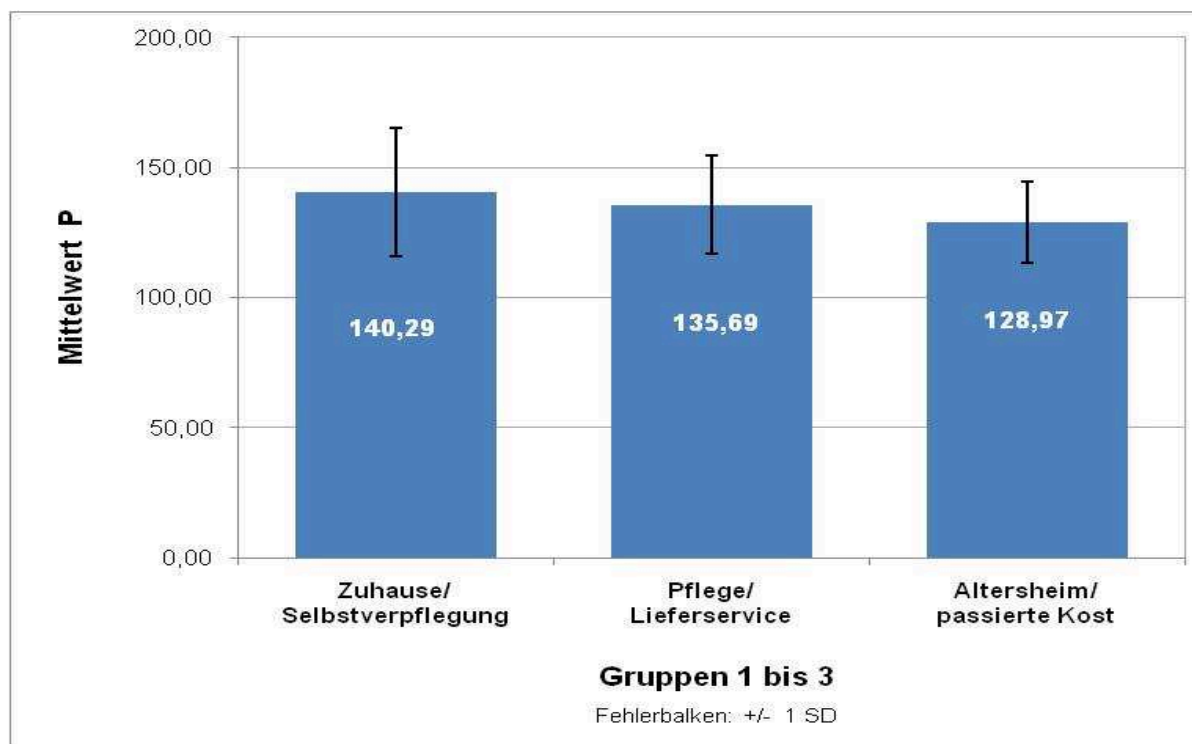


Abbildung 31: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen beim Phosphat im Verhältnis der Gruppen zueinander

Bei den drei Untergruppen (Abb. 31) fand sich kein signifikanter Unterschied der Konzentrationen. Die Mittelwerte lagen grundsätzlich im oberen Normbereich.

Tabelle 28: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen für Phosphat nach Geschlechtern innerhalb der Gesamtgruppe

µg/ml	Männliche Probanden		Weibliche Probanden	
	M	SD	M	SD
P	125.71	23.84	137.80	18.05

Die Ursache des statistisch bedeutsamen Unterschieds ($p = .03$; vgl. Tabelle 13) der Konzentrationen der weiblichen Teilnehmer im Vergleich zu den Männern ist derzeit offen. Inwieweit sich dieser Unterschied auf Lebensqualität bzw. Lebenserwartung sowie Infektanfälligkeit auswirken kann, sollte Gegenstand weiterer prospektiver Untersuchungen sein.

Die höheren Phosphatkonzentrationen bei den Frauen könnten auch an der per se besseren Konstitution der weiblichen Bevölkerung liegen - aber es wären auch hormonelle Aspekte zu

diskutieren. Inwieweit Phosphat außer auf die bereits bekannten Stoffwechselforgänge insbesondere im höheren Alter Einfluss zu nehmen vermag, bleibt offen.

Die Versorgung der untersuchten Senioren mit Phosphat war ausreichend.

Tabelle 29: Korrelationen von Phosphat mit den weiter ausgewerteten Spuren und Mengenelementen

	CA	CU	FE	K	MG	NA	S	SE	SR	ZN
P	.56*	.14	.28*	.05	-.33*	-.17	.52*	.58*	-.20	.34*
	.00*	.24	.02*	.70	.01*	.24	.00*	.00*	.09	.00*

Anmerkungen:

Signifikante Werte sind mit * markiert.

Signifikante Korrelationen fanden sich bei Phosphat und Calcium ($p = .00$), Phosphat und Eisen ($p = .02$), Phosphat und Magnesium ($p = .01$), Phosphat und Schwefel ($p = .00$), Phosphat und Selen ($p = .00$) sowie Phosphat und Zink ($p = .00$). Der lineare Zusammenhang zwischen den Elementen P und FE, MG, SE bzw. ZN ist gering, während der zwischen P und CA, S bzw. SE als mittelgroß bezeichnet werden kann. Auffällig ist jedoch, dass der Zusammenhang zwischen P und MG gegenläufig ist.

7.11 Schwefel

7.11.1 Schwefelmangel

Auf Grund ubiquitären Vorkommens von Schwefel in der Natur sowie ausreichender Anreicherung in der Nahrung ist die Auftrittswahrscheinlichkeit eines Schwefelmangelsyndroms vernachlässigbar klein. In der Literatur konnte dazu keine Angabe gefunden werden.

7.11.2 Schwefelüberschuss

Das ubiquitär vorkommende Element Schwefel spielt bei vielen Stoffwechselforgängen eine Rolle. Als Bestandteil von Enzymen, vor allem der Selenenzyme, ist es von nicht zu unterschätzender Wichtigkeit. Inwieweit Schwefel im Stoffwechsel sowie der Immunregulation vor allem bei der alternden Bevölkerung eine Rolle spielt, ist leider bisher wissenschaftlich unzureichend belegt.

7.11.3 Notwendigkeit der Substitution

Das Spurenelement Schwefel fand sich im Serum der männlichen Probanden mit einem Mittelwert von 1191.77 $\mu\text{g/ml}$, bei den weiblichen Teilnehmerinnen lag dieser bei 1179.57 $\mu\text{g/ml}$. Beim Vergleich der beiden Mittelwerte konnte kein signifikanter Unterschied gefunden wer-

den. Der Mittelwert innerhalb der Gesamtgruppe der Senioren wurde mit 1182.74 (SD = 128.52) gemessen.

Ein Normbereich für Schwefel konnte nicht in Erfahrung gebracht werden. Darum ist in diesem Zusammenhang eine Zuordnung der Probanden nicht erfolgt.

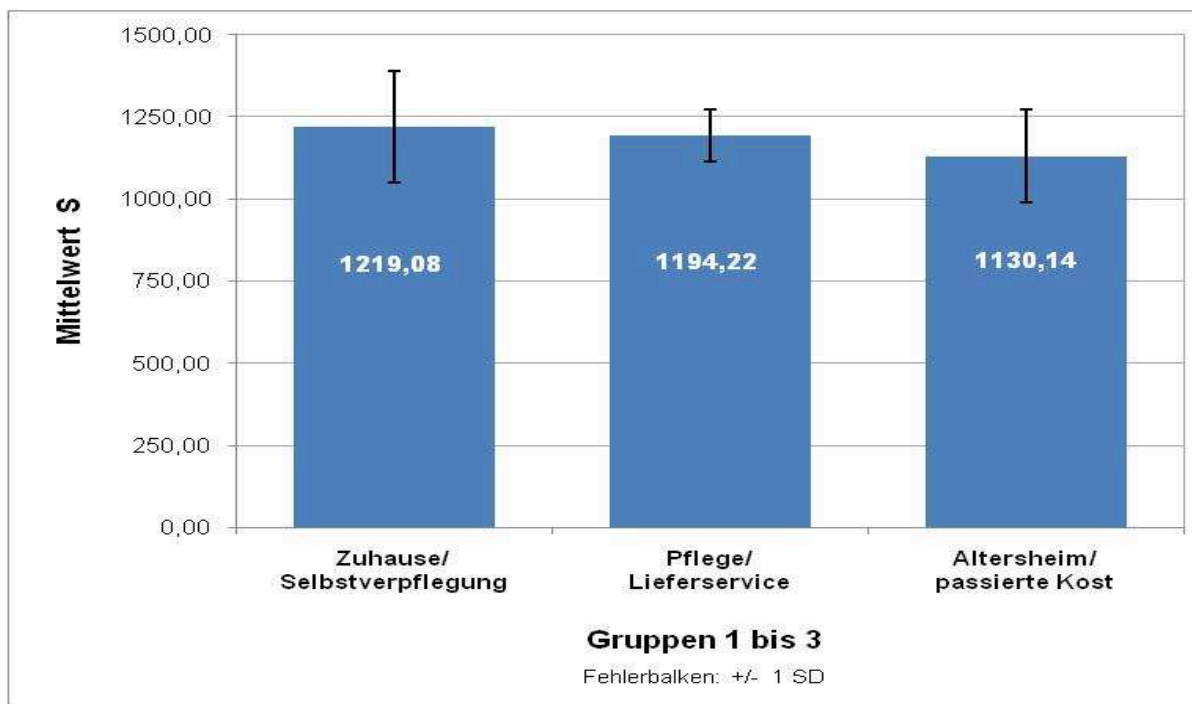


Abbildung 32: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen beim Schwefel im Verhältnis der Gruppen zueinander

Bei der weiteren statistischen Auswertung der definierten Gruppen konnten keine Signifikanzen ermittelt und somit keine signifikanten Konzentrationsunterschiede festgestellt werden.

Schwefel, ein ubiquitär vorkommendes Spurenelement, kann mit der Nahrung leicht aufgenommen werden. Inwieweit es einen Einfluss auf immunmodulatorische Vorgänge, Alterungsprozesse sowie weitere positive bzw. negative Eigenschaften besitzt, ist sicher wert in einer weiteren Studie untersucht zu werden.

Nachdem sich beim untersuchten Kollektiv keine signifikanten Unterschiede zwischen Männern und Frauen, des Weiteren auch keine signifikanten Unterschiede innerhalb der Subgruppen ergaben, kann daraus geschlossen werden, dass die Versorgung mit Schwefel durch die Nahrungskette ausreichend war.

Tabelle 30: *Korrelationen von Schwefel mit den weiter ausgewerteten Spuren und Mengenelementen*

	CA	CU	FE	K	MG	NA	P	SE	SR	ZN
S	.53*	.05	.26	.08	-.30*	-.38*	.52*	.30*	-.03	.55*
	.00*	.72	.07	.60	.04*	.01*	.00*	.03*	.83	.00*

Anmerkungen:

Signifikante Werte sind mit * markiert.

Signifikante Korrelationen fanden sich bei Schwefel und Calcium ($p = .00$), Schwefel und Magnesium ($p = .04$), Schwefel und Natrium ($p = .01$), Schwefel und Phosphat ($p = .00$), Schwefel und Selen ($p = .03$) sowie Schwefel und Zink ($p = .00$).

7.12 Gesamteiweiß

Die Konzentration des Gesamteiweißes im menschlichen Serum ist vor allem ein Indikator für das Funktionieren der Stoffwechselfvorgänge im menschlichen Organismus. Da die Produktion der Immunglobuline, die Bereitstellung und der Transport von Enzymen, Coenzymen sowie diversen anderen immunologisch äußerst wichtigen Faktoren von dessen Zusammensetzung und ausreichendem Vorhandensein abhängt, ist ihm besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Bei Eiweißmangel kann es zu dadurch bedingten Ödemen kommen, die besonders im fortgeschrittenen Alter zu Perfusionsstörungen des peripheren Gewebes und somit vor allem bei immobilen Menschen vermehrt zu Dekubitalgeschwüren führen können.

Speziell zum Erreichen eines hohen Lebensalters spielt die Eiweißzusammensetzung im menschlichen Körper eine übergeordnete Rolle.

Das Gesamteiweiß der männlichen Probandengruppe unterschied sich mit 7064.06 $\mu\text{g}/\text{dl}$ nicht signifikant von der Konzentration der Teilnehmerinnen. Diese hatten einen Mittelwert von 70490.57 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Die Gesamtgruppe der Senioren erreichte einen Mittelwert von 70528.57 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ($\text{SD} = 6123.66$).

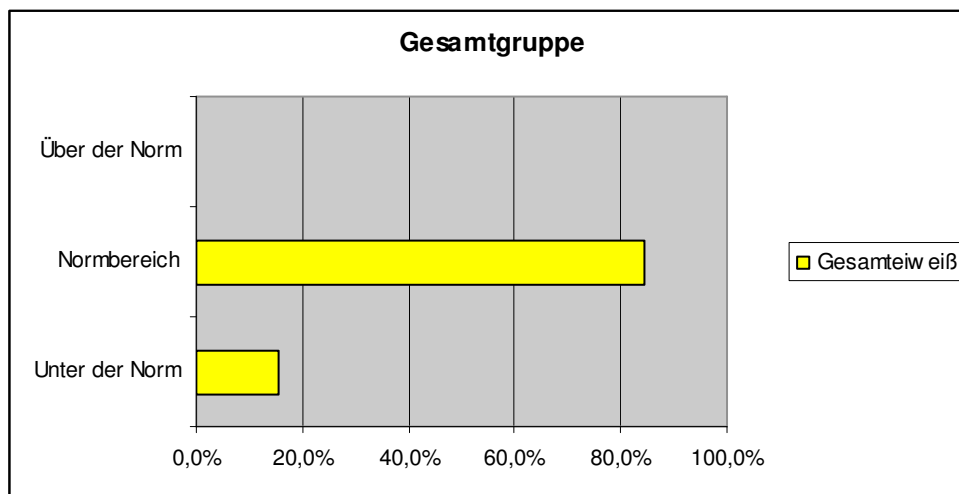


Abbildung 33: Häufigkeiten der Messwerte über bzw. unter der Norm und im Normbereich für die Gesamtgruppe beim Gesamteiweiß

Wie die Abbildung 33 zeigt, lagen die Gesamteiweißkonzentrationen der Seren der Gesamtgruppe bei 15,7 % der Patienten unter der Norm. 84,3 % der Patienten wiesen eine solche im Normbereich auf, dagegen lag beim Serumeiweißgehalt kein Wert über dem Normbereich. Dieser wurde in einer Größenordnung von 66000 – 86000 µg/dl festgelegt.

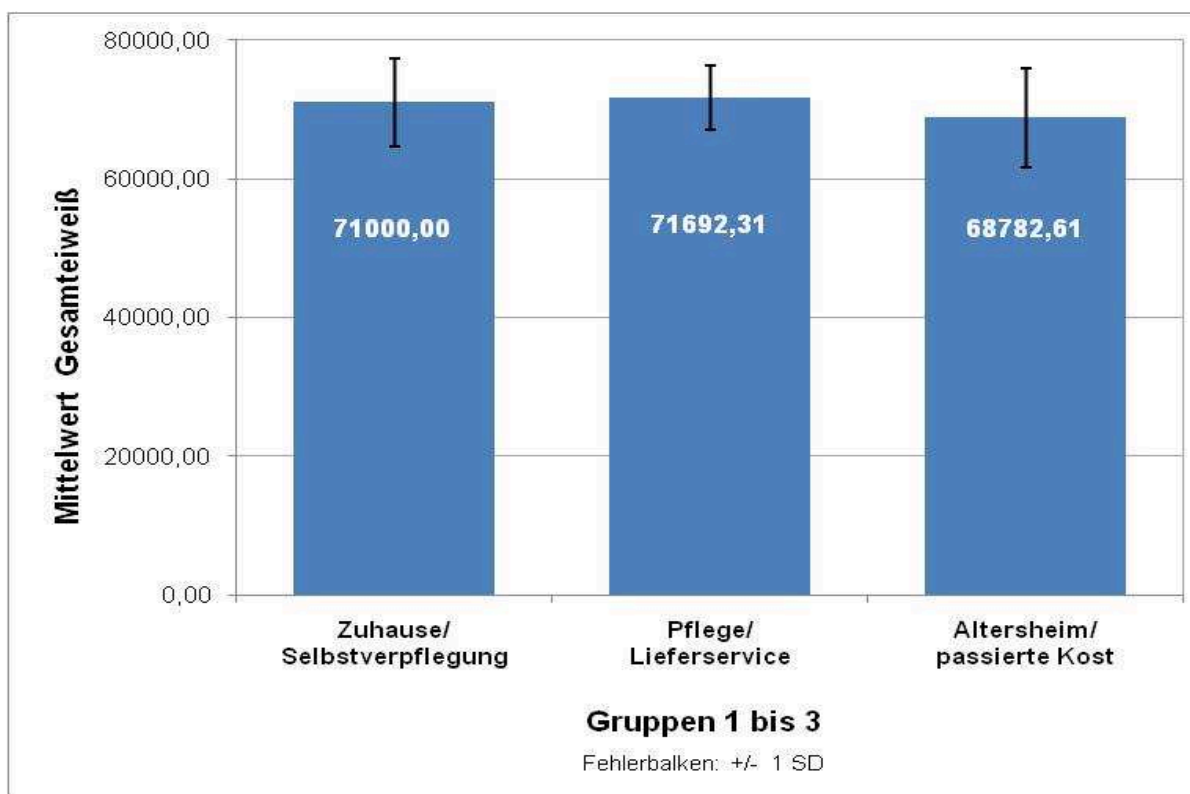


Abbildung 34: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen beim Gesamteiweiß im Verhältnis der Gruppen zueinander

Die Analysen der Gruppen erbrachten keine signifikanten Unterschiede. Daraus ist zu schließen, dass die Eiweißzufuhr über die enterale Nahrungskette beim untersuchten Kollektiv noch ausreichend war.

Auch wenn kein signifikanter Unterschied festzustellen war, sollte doch aus der aufgezeigten Tendenz geschlossen werden, dass vor allem im vorgerückten Lebensalter auf ausreichende, verträgliche Eiweißzufuhr durch die Ernährung zu achten ist.

Tabelle 31: *Korrelationen von Gesamteiweiß mit den weiter ausgewerteten Spuren und Mengenelementen*

	CA	CU	FE	K	MG	NA	P	S	SE	SR	ZN
Gesamteiweiß	.35*	.18	.25*	.05	-.06	-.17	.29*	.75*	.23	.10	.56*
	.00*	.13	.03*	.66	.63	.27	.02*	.00*	.06	.43	.00*

Anmerkungen:

Signifikante Werte sind mit * markiert.

Signifikante Korrelationen fanden sich für Gesamteiweiß und Calcium ($p = .00$), Gesamteiweiß und Eisen ($p = .03$), Gesamteiweiß und Phosphat ($p = .02$), Gesamteiweiß und Schwefel ($p = .00$) sowie Gesamteiweiß und Zink ($p = .00$). Der lineare Zusammenhang zwischen den Werten Gesamteiweiß und CA, FE bzw. P ist gering, während der zwischen Gesamteiweiß und ZN als mittelgroß und zwischen Gesamteiweiß und S als hoch bezeichnet werden kann.

8 Schlussbetrachtung

Ein ausgewogener Spurenelementhaushalt fördert die kognitiven Leistungen der Patienten¹⁹³¹⁹⁴ ¹⁹⁵ ¹⁹⁶. Dies ist bei einer immer älter werdenden Bevölkerung von großem Interesse. Durch entsprechende Vigilanz und bei entsprechender Substitution können die üblicherweise angewandten Methoden des mentalen Trainings und vor allem Pflegekosten in nicht zu unterschätzender Höhe eingespart werden. Dies wird vor allem für die kommenden Jahrzehnte für die Bevölkerung von Bedeutung sein.

In letzter Zeit wurden im Bereich der Ernährung die Probiotika favorisiert. Inwieweit diese jedoch wirkungsvoll sind ist derzeit noch unklar¹⁹⁷ ¹⁹⁸. Allerdings haben diese Produkte auch keine negativen Auswirkungen auf den menschlichen Organismus.

Die Höhe der Substitution von Spurenelementen wird in der Literatur kontrovers diskutiert¹⁹⁹²⁰⁰. Es existieren unterschiedliche Ansichten über die Supplementierung von Spurenelementen²⁰¹. Aus Frankreich wird berichtet, dass innerhalb seiner Bevölkerung kein Substitutionsbedarf besteht²⁰². Ein Grund dafür könnte die mediterrane Ernährung der französischen Bevölkerung sein. Allerdings ist zu bedenken, dass die Ernährungsgewohnheiten in den verschiedenen Departements des Landes völlig unterschiedlich sind.

In Griechenland, so wird ebenfalls in der Literatur berichtet, bestehen erhebliche Dysbalancen im Spurenelementhaushalt der Bevölkerung²⁰³. Dies würde, nachdem sich die griechische Bevölkerung auch mediterran ernährt, der französischen Publikation²⁰⁴ völlig widersprechen. Daraus ist zu schließen, dass solche Studien nicht unbedingt aussagekräftig für eine ganze Bevölkerung sind, sondern eben nur eine von vielen Facetten darstellen und deshalb mit Vorbehalt zu betrachten sind.

Wie bereits oben erwähnt, besteht bei der deutschen Bevölkerung durchaus eine partielle Spurenelementdefizienz. Von einer generalisierten Nahrungsergänzung ist aufgrund der ein-

¹⁹³ Vgl. Thomas, D. (2007), S. 21-55.

¹⁹⁴ Vgl. Lam, P. K. (2008), S. 22-27.

¹⁹⁵ Vgl. Bourre, J. M. (2006), S. 377-385.

¹⁹⁶ Vgl. Moynahan, E. J. (1979), S. 65-79.

¹⁹⁷ Vgl. Calder, P. C. (2002), S. 165-177.

¹⁹⁸ Vgl. Rückgauer, M. (2001), S. 73-78.

¹⁹⁹ Vgl. Sebastian, R. S. (2007), S. 1322-1332.

²⁰⁰ Vgl. Otsuka, Y. (2000), S. 809-819.

²⁰¹ Vgl. Pennington, J. A. (1996), S. 2304-2308..

²⁰² Vgl. Leblanc, J. C. (2005), S. 624-641.

²⁰³ Vgl. Kouremenou-Dona, E. (2006), S. 76-81

²⁰⁴ Vgl. Leblanc, J. C. (2005), S. 624-641

gangs beschriebenen negativen Wirkungen absolut abzusehen. Die Menge eventueller Substitutionen wird immer noch kontrovers diskutiert.

Im Bereich der orthomolekularen Medizin werden derzeit gießkannenartige Nahrungsergänzungsvorschläge angeboten. Diese sind aufgrund eventueller Nebenwirkungen mit äußerster Vorsicht zu betrachten. In diesem Bereich sind doppelt verblindete evidenzbasierte Studien unbedingt von Nöten. Nur dadurch könnten die im Raum stehenden Behauptungen bewiesen werden.

Allerdings bleibt festzustellen, dass im Bereich der Spurenelemente, insbesondere bei der betagten Bevölkerung, ein großer Forschungsbedarf besteht.

9 Zusammenfassung

Ein ausgeglichener Spuren- und Mengenelementhaushalt ist vor allem für die körperliche Abwehr vonnöten²⁰⁵. Deshalb sollte, wenn nachgewiesene Defizienzen bestehen, ein entsprechender Ausgleich stattfinden²⁰⁶. Dies dient, wie in der neueren Literatur beschrieben, zur Verhütung von Erkrankungen oder mindert zumindest deren Verläufe ab^{207 208 209 210 211 212 213 214}. Gerade bei der älteren Bevölkerung können Dysbalancen im Spuren- und Mengenelementhaushalt, wie bereits gezeigt, lebenslimitierend sein.

Ziel dieser Arbeit war es zu untersuchen, ob speziell bei Senioren auf Grund ihrer besonderen Lebenssituation eine Substitution von Spuren- und Mengenelementen erforderlich ist. Zu diesem Zweck wurde zunächst ein kurzer Überblick über die Physiologie bzw. die Bioverfügbarkeit und das Vorkommen der einzelnen Spuren- und Mengenelemente gegeben. Der Vollständigkeit halber wurde bei den Senioren auch der „Eiweißstatus“ untersucht und in die Auswertungen miteinbezogen.

Den verarbeiteten Daten liegen die Untersuchungsergebnisse von 70 Senioren zu Grunde. Bei der Zusammensetzung der Gruppe handelte es sich um keine repräsentative Stichprobe, die Auswahl der Probanden war zufallsbedingt. Es erfolgte dann innerhalb dieser Gruppe eine Aufteilung nach Männern und Frauen bzw. eine Zuordnung nach Art und Weise ihrer Ernährungsform in die drei Subgruppen.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem SPSS 17.0 - Programm. Dabei wurden für die Gesamtgruppe auch die Korrelationen der jeweiligen Spuren- und Mengenelemente berechnet, um aufzuzeigen, inwieweit die Konzentration bei zwei Elementen jeweils zusammenhängt. Inwieweit diese Aussagen über Zusammenhänge jedoch zu interpretieren sind, war nicht Gegenstand dieser Arbeit.

Die folgende Matrix zeigt die Korrelationen der einzelnen Spuren- und Mengenelemente untereinander. Die obere Größe zu je zwei Elementen gibt den jeweiligen Korrelationskoeffi-

²⁰⁵ Vgl. Girodon, F. (1999), S. 748-754.

²⁰⁶ Vgl. Wirth, R. (2006), S. 163-166.

²⁰⁷ Vgl. Martin, C. M. (2006), S. 450-464.

²⁰⁸ Vgl. Failla, M. L. (2003), S. 1443-1447.

²⁰⁹ Vgl. Jvicic, N. (2007), S. 74-76.

²¹⁰ Vgl. Rückgauer, M. (2001), S. 73-78.

²¹¹ Vgl. Calder, P. C. (2002), S. 165-177.

²¹² Vgl. Maggini, S. (2007), S. 29-35.

²¹³ Vgl. Chandra, S. (1986), S. 1-65.

²¹⁴ Vgl. Wintergerst, E. S. (2007), S. 301-323.

Die Analyse der Daten differenziert nach den Geschlechtern zeigte folgende Ergebnisse:

$\mu\text{g/ml}$	Normbereich	Mittelwerte (SD)		Signifikanzen
		männlich	weiblich	
CA	86 – 104	86.23 (6.25)	91.62 (6.74)	T-Test: $t(68) = -2.92$; $p = .01$ Anova * - signifikant ($p = .02$)
CU	0.70 – 1.52	1.19	1.33	-
FE	0.370 – 1.650	1.35	1.20	-
K	140 - 211	156.53	179.49	T-Test: $t(68) = -2.31$; $p = .02$
MG	18 - 26	20.03	20.05	-
NA	3170 – 3400	3434.18 (128.53)	3452.06 (108.16)	T-Test: $t(68) = -2.14$; $p = .04$ Anova * - signifikant ($p = .04$)
P	78 – 158	125.71	137.80	T-Test: $t(68) = -2.23$; $p = .03$
S	--	1191.77	1179.57	-
SE	0.047 – 0.118	0.05	0.05	-
SR	-	0.07	0.05	-
ZN	0.58 -1.18	0.73	0.70	-

*) Anmerkung: vgl. Tabelle 14

Beim Calcium, Kalium, Natrium und Phosphat lagen die Werte der untersuchten Patientinnen signifikant über den Mittelwerten der männlichen Senioren (T-Tests). Auch bei den Elementen Kupfer und Magnesium wurden höhere Werte für die Frauen ermittelt. Es lag aber, abgesehen vom Element Natrium, keine Überversorgung vor. Die Werte bewegten sich grundsätzlich im mittleren Bereich der Referenzspannen. Bei den Elementen Eisen, Schwefel, Strontium und Zink ergab die Analyse höhere Mittelwerte für die männlichen Senioren. Dabei lag lediglich beim Calcium der Wert auf der Untergrenze des Referenzbereichs.

Die Unterschiede beim Geschlechtervergleich innerhalb der Gesamtgruppe waren bei den Elementen Calcium, Kalium, Natrium und Phosphat aufgrund des T-Tests signifikant. Dieser Unterschied wurde bei den Elementen Calcium und Natrium durch die ANOVA Varianzanalyse noch verstärkt.

Die Analyse der Daten differenziert nach den einzelnen Gruppen führte zu folgenden Ergebnissen:

$\mu\text{g/ml}$	Normbereich	Gruppen – Mittelwerte (SD)			Signifikanzen T-Tests vgl. Tab. 10,11,12 ANOVA vgl. Tab. 14
		1	2	3	
CA	86 – 104	91.96	89.80	89.39	-
CU	0.70 – 1.52	1.35	1.20	1.36	T-Test - Gruppe 2 und 3 (p = .04)
FE	0.370 – 1.650	1.36 (.43)	1.21 (.40)	1.14 (.54)	ANOVA-Varianzanalyse (p = .01)
K	140 - 211	188.19	152.88	184.65	T-Test - Gruppe 1 und 2 (p = .00) T-Test - Gruppe 2 und 3 (p = .00)
MG	18 - 26	20.15	19.64	20.40	-
NA	3170 – 3400	3447.90	3396.65	3505.26	T-Test - Gruppe 2 und 3 (p = .01)
P	78 – 158	140.29	135.69	128.97	-
S	-	1219.08 (171.01)	1194.22 (79.61)	1130.14 (141.42)	ANOVA-Varianzanalyse (p = .03)
SE	0.047 – 0.118	0.06 (.013)	0.05 (.012)	0.04 (.014)	T-Test - Gruppe 1 und 2 (p = .01) T-Test - Gruppe 1 und 3 (p = .00) T-Test - Gruppe 2 und 3 (p = .02) ANOVA-Varianzanalyse (p = .02)
SR	-	0.05 (.02)	0.06 (.02)	0.06 (.03)	ANOVA-Varianzanalyse (p = .01)
ZN	0.58 - 1.18	0.75	0.72	0.66	T-Test - Gruppe 1 und 2 (p = .03) T-Test - Gruppe 1 und 3 (p = .02) T-Test - Gruppe 2 und 3 (p = .04)

Die Tabelle zeigt für jedes Spuren- und Mengenelement zunächst den jeweiligen Normbereich, der für diese Auswertung maßgeblich war. Anschließend sind die errechneten Mittelwerte der einzelnen Gruppen entsprechend zugeordnet. Die grün eingefärbten Felder kennzeichnen die jeweiligen Höchstwerte, die gelben Felder markieren den mittleren und die orangen Felder den unteren Wert.

Betrachtet man das Farbenspiel der einzelnen Gruppen, so kann man ein Gefälle innerhalb der Gruppen 1 – 3 erkennen. Die Gruppe 1, die sich zu Hause selbst versorgte, erzielte im Verhältnis das beste Ergebnis, gefolgt von der Gruppe 2, die fertiges Essen geliefert bekam, und der Gruppe 3, der fertige, passierte Kost verabreicht wurde. Bei den Elementen Selen und Zink war dieser Zusammenhang zwischen den drei Gruppen sogar signifikant.

Bei den Elementen Eisen, Schwefel, Selen und Strontium wurden neben den Mittelwerten auch noch die Standardabweichungen in die Tabelle mit aufgenommen. Bei diesen Elementen zeigte die ANOVA Varianzanalyse zwischen den drei Gruppen signifikante Unterschiede. Beim Selen wurde der bedeutsame Unterschied aus dem T-Test somit noch verstärkt.

Geht man davon aus, dass zu Hause selbst zubereitetes Essen anschließend sofort verzehrt wird, während bei den anderen beiden Gruppen zwischen Zubereitung und Verzehr ein längerer Zeitraum besteht und die Speisen warm gehalten werden müssen, so könnte in diesem Tatbestand eventuell eine mögliche Erklärung zu finden sein. Bei den Nährstoffen ist allgemein bekannt, dass bei Speisen auf kurze Steh- und Warmhaltezeiten geachtet werden soll, um die Nährstoffverluste nicht zu erhöhen. Inwieweit solche Überlegungen oder auch die Art der Zubereitung der Speisen in Großküchen diese Ergebnisse der Gruppenanalyse beeinflussen, war nicht Gegenstand dieser Arbeit.

Neben der Nährstoffzufuhr über Lebensmittel, werden zunehmend auch Nahrungsergänzungsmittel konsumiert. Dies zeigt sich auch in der Auswertung des Ergebnisberichts der Nationalen Verzehrsstudie II, der zufolge 27.6 % der Befragten Nahrungsergänzungsmittel einnehmen. Differenziert man innerhalb dieser Gruppe, die Supplemente einnimmt, nach dem Geschlecht, waren 39.8 % davon Männer und 60.2 % Frauen. Unterscheidet man in diesem Zusammenhang jedoch nach dem Alter, so ist die Anzahl der Männer und Frauen, die Nahrungsergänzungsmittel zu sich nehmen, im Alter von 35-50 Jahren am höchsten, gefolgt von der Altersgruppe mit 65 - 80 Jahren.²¹⁵

Die Auswertung der erhobenen Daten für die Gesamtgruppe hat bei der Frage nach der Substitution von Spuren- und Mengenelementen folgende Ergebnisse gezeigt:

Calcium	Es kann auf eine Calciumunterversorgung der alternden Bevölkerung geschlossen werden. Vor allem bei Männern, die mit zunehmendem Alter häufig zu einseitiger Nahrungsaufnahme neigen, ist dies besonders zu berücksichtigen. Dies ist damit zu begründen, dass Männer in dieser Studie den Frauen gegenüber niedrigere Serumcalciumwerte aufwiesen. Deshalb ist auf eine besonders calciumreiche Ernährung zu achten.
Kupfer	Es wurde kein signifikanter Kupfermangel, aber auch kein bedeutsamer Kupferüberschuss gemessen. Somit lag in keiner der Gruppen ein substituitionsbedürftiger Kupfermangel vor.
Eisen	Es wurde in keiner der Ernährungsgruppen ein statistisch signifikanter Eisenmangel festgestellt.

²¹⁵ Vgl. Rubner M.-Institut (2008).

Kalium	Bei den Frauen wurde ein signifikant höherer Mittelwert errechnet. Ein substituitionsnotwendiger Mangel wurde nicht ermittelt. Es ist aber festzustellen, dass besonders im höheren Lebensalter, allein schon aufgrund zunehmender Medikationen, vor allem auch auf den Kaliumhaushalt geachtet werden sollte.
Magnesium	Die Ergebnisse zeigen, dass die Magnesiumversorgung der Probanden ausreichend war. Wie bereits oben erwähnt, ist aber besonders im fortgeschrittenen Lebensalter darauf zu achten, dass der Magnesiumhaushalt ausgeglichen ist. Allerdings sind bei entsprechenden Symptomen (z. B. Wadenkrämpfen) immer differentialdiagnostische Abklärungen erforderlich. Bei nachgewiesenem Magnesiummangel sollte deshalb eine milde Substitution in Betracht gezogen werden.
Natrium	Da bei keinem der Probanden ein Natriumdefizit zu finden war, ist davon auszugehen, dass die Natriumversorgung der älteren Bevölkerung unter normalen Umständen absolut ausgeglichen ist.
Phosphat	Die Versorgung der untersuchten Senioren mit Phosphat war ausreichend.
Schwefel	Es wird davon ausgegangen, dass die Versorgung mit Schwefel durch die Nahrungskette ausreichend war.
Selen	Die Analyse hat gezeigt, dass die meisten Teilnehmer der Studie mit ihrem Selengehalt im Serum an der Untergrenze des Normbereichs bzw. unterhalb der Norm lagen. Diese Tatsache lässt eine gezielte Substitution für gerechtfertigt erscheinen.
Strontium	Es wird angenommen, dass die Versorgung mit Strontium nach derzeitigen Erkenntnissen über die Nahrungskette ausreichend ist.
Zink	Da bei fast allen untersuchten Senioren die Werte des Zinkserums innerhalb des Normbereichs gemessen wurden, muss auf eine gezielte Substitution nicht geachtet werden.

Es ist jedoch festzustellen, dass immer eine individuelle Supplementierung angebracht ist, die sich an den bestehenden Komorbiditäten zu orientieren hat. Außerdem muss auch auf die individuelle Konstitution des Patienten, vor allem im höheren Lebensalter, sowie auch auf sein soziales Umfeld geachtet werden.

Weiterhin besteht ein großer Bedarf an wissenschaftlichen Untersuchungen, um nicht nur die Verstoffwechslung der Spurenelemente, sondern auch deren Wirkungen und Wechselwirkungen, deren Aktivität in Enzymen und andere den Stoffwechsel und die Immunität beeinflussenden Strukturen und Interaktionen aufzuklären.

Im Rahmen eines gesamtheitlichen Gesundheitssystems ist es von Nöten, nicht nur horizontal, sondern auch vertikal zu denken. Im Interesse der allgemeinen fachübergreifenden wis-

senschaftlichen Forschung wäre vergrößertes Engagement in diesem Bereich wünschenswert.

10 Literaturverzeichnis

- Agrawal, V., Agarwal, M., Joshi, S. R., Ghosh, A. K. (2008)
Hyponatremia and hypernatremia: disorders of water balance, in: Journal of Association of Physicians of India, Dec, 56, S. 956-964.
- Al-Delaimy, W. K., Rimm, E. B., Willett, W. C., Stampfer, M. J., Hu, F. B. (2004)
Magnesium intake and risk of coronary heart disease among men, in: American Journal of Clinical Nutrition, 23, 1, S. 63-70.
- Aleksandrowicz, J., Astaldi, G., Bodzon, A., Lisiewicz, J., Mysliwiec, D., Sasiaded, U., Atrycharska, M., Walewska-Czyzewska, M. (1976)
Trace elements and immunologic defects. Zinc deficiency and activity of lysosomal acid phosphatase in lymphocyte of mice, in: Milan, 55, S. 195-200.
- Arthur, J. R., Nicol, F., Beckett, G. J. (1993)
Selenium deficiency, thyroid hormone metabolism, and thyroid hormone deiodinases, in: American Journal of Clinical Nutrition, 57, 2, S. 236-239.
- Arvilommi, H., Poikonen, K., Jokinen, I., Muukkonen, O., Reasaenen, L., Foreman, J., Huttenen, J. K. (1983)
Selenium and immune functions in humans, in: Infect Immun Journal, 41, S. 185-189.
- Asadollahi, K., Beeching, N., Gill, G. (2006)
Hyponatraemia as a risk factor for hospital mortality, in: Oxford Journals Medicine, 99, 12, S. 877-880.
- Atmaca, G. (2004)
Antioxidant effects of sulfur-containing amino acids, in: Yonsei Medical Journal, 45, 5, S. 776-788.
- Baalsrud, K. J., Overnies, G. (1986)
Influence of vitamin E an selenium supplement an antibody production horses, Equine Veterinary Journal, 18, S. 472-474.
- Bauersachs, G. (2010)
Myoglobelin, URL: <http://www.bioanorganik.tu-berlin.de> [Stand 30.09.2010].
- Belbraouet, S., Biaudet, H., Tébi, A., Chau, N., Gray-Donald, K., Debry, G. (2007)
Serum zinc and copper status in hospitalized vs. healthy elderly subjects, in: Journal of the American College of Nutrition, 26, 6, S. 650-654.
- Bendtzen, K., Mayland, L. (1982)
Role of ZN²⁺ an other divalent metal ions in human lymphokine production in vitro, in: Scandinavian Journal of Immunology, 15, S. 81-86.
- Berardesca, E., Cameli, N., Primavera, G., Carrera, M. (2006)
Clinical and instrumental evaluation of skin improvement after treatment with a new 50 % pyruvic acid peel, in: Dermatologic Surgery, 32, 4, S. 526-531.

- Biarent, D., Brumagne, C., Steppe, M., Bouton, J. M. (1992)
Acute phosphate intoxication in seven infants under parenteral nutrition, in: *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 16, 6, S. 558-560.
- Böcker, W., Denk, H., Heitz, Ph. (2004)
Pathologie, 3. Auflage, Urban & Fischer.
- Boldt, D. H. (1999)
New perspectives on iron - an introduction, in: *American Journal of Medicine Sciences*, 318, 4, S. 207-212.
- Bollaert, E., Gimenez, N., Robin Lherbier, B. (1992)
Respectiv effects of malnutrition and phosphat depletion on endurance swimming an muscle metabolism in rats, in: *Acta Physiologica Scandinavica*, 144/1, S. 1-7.
- Bossek, J. (2010),
URL: <http://www.biolk-gsg.de/buch/kap1/ruhepotential.html> [Stand 13.10.2010].
- Bourre, J. M. (2006)
Effects of nutrients (in food) on the structure and function of the nervous system: update on dietary requirements for brain. Part 1: micronutrients, in: *The Journal of Nutrition Health and Aging*, 10, 5, S. 377-385.
- Boyne, R., Arthur, J. R. (1986)
The response of selenium deficient mice to *Candida albicans* infections, in: *Journal of Nutrition*, 116, S. 816-822.
- Boyne, R., Arthur, J. R., Wilson, A. B. (1986)
An in vivo and in vitro study of selenium deficiency and infection in rats, in: *Journal of Comparative Pathology*, 96, S. 379-386.
- Brien, S., Prescott, P., Bashir, N., Lewith, H., Lewith, G. (2008)
Systematic review of the nutritional supplements dimethyl sulfoxide (DMSO) and methylsulfonylmethane (MSM) in the treatment of osteoarthritis, in: *Osteoarthritis Cartilage*, 16, 11 S. 1277-1288 (Epub 2008 Apr 15).
- Briggs, W. A., Pedersen, M. M., Mahajan, S. K., Prasad, A. S., McDonald, F. D. (1982)
Lymphocyte and granulocyte function in zinc-treated and zinc-deficient hemodialysis patients, in: *Kidney International*, 21, S. 827-832.
- Bryan, C. F., Leech, S. H. (1983)
The immunoregulatory nature of iron Lymphocyte proliferation, in: *Dell. Immunol*, 75, S. 71-79.
- Businco, L., Menghi, A. M., Rosse, P., D'Amelio, R., Galli, E. (1980)
Zinc-dependent chemotactic defect in an infant with acrodermatitis, in: *Archives of Disease in Childhood*, 55, S. 966-968.
- Calder, P. C., Kwe, S. (2002)
The immune system: a target for functional foods?, in: *The British Journal of Nutrition*, 88, 2, S. 165-177.
- Casoni, J., Guglielmini, C., Graziano, L., Reali, M. G., Mazotta, D., Abbasciao, V. (1990)
Changes of magnesium concentrations in endurance athletes, in: *The American Journal of Sports Medicine*, 11/3, S. 234-237.

- Chandra, R. K., Au, B. (1980)
Single nutrient deficiency and cell-mediated immune responses, in: American Journal of Clinical Nutrition, 33, S. 736-738.
- Chandra, R. K. (1984)
Excessive intake of zinc impairs immune response, in: The American Medical Association, 252, 11, S. 1443-1446.
- Chandra, S., Chandra, R. K. (1986)
Nutrition, immune response and outcome, in: Progress in Food Nutrition Science, 10, 1-2, S. 1-65.
- Chang, H. Y., Hu, Y. W., Yue, C. S., Wen, Y. W., Yeh, W. T., Hsu, L. S., Tsai, S. Y., Pan, W. H. (2006)
Effect of potassium-enriched salt on cardiovascular mortality and medical expenses of elderly men, in: American Journal of Clinical Nutrition, 83, 6, S. 1289-1296.
- CHEMGAROO (Hrsg.) (2010)
Glutathion-Peroxidase, URL: http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/16/im/antioxsys/an-tiox-sys.vlu/Page/vsc/de/ch/16/im/antioxsys/glutathion_perox.vscml.html
[Stand 07.10.2010].
- Clark, L. C., Combs, G. F. Jr., Turnbull, B. W., Slate, E. H., Chalker, D. K., Chow, J., Davis, L. S., Glover, R. A., Graham, G. F., Gross, E. G., Krongrad, A., Leshner, J. L. Jr., Park, H. K., Sanders, B. B. Jr., Smith, C. L., Taylor, J. R. (1996)
Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin. A randomized controlled trial in: Nutritional Prevention of Cancer Study Group, JAMA, 276, 24, S. 1957-1963.
- Couvreur, Y., Quarre, J. P., Bailly, A., Cornut, P. (1986)
Zinc deficiency and lymphocyte subpopulations, in: A study by flow cytometry, in: Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 10, S. 239-241.
- Dörner, K. (2003)
Klinische Chemie und Hämatologie, 5. Auflage Thieme-Verlag.
- Dötsch, M., Busch, J., Batenburg, M., Liem, G., Tareilus, E., Mueller, R., Meijer, G. (2009)
Strategies to reduce sodium consumption: a food industry perspective, in: Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 49, 10, S. 841-851.
- Dreno, B., Vandermeeren, M. A., Boiteau, H. L., Stalder, J. F., Barriere, H. (1986)
Plasma zinc is decreased only in generalized pustular psoriasis, in: Dermatologica, 173, S. 209-212.
- Duchateau, J., Delepesse, G., Vrijens, R., Collet, H. (1981)
Beneficial effects of oral zinc supplementation on the immune response of old people, in: Journal of the American Medical Association, 70, S. 1001-1004.
- Ebert W. M. (2005)
Labordiagnostik in der naturheilkundlichen Praxis, Band 2: Mineralien, Spurenelemente, Vitamine, Hormone, Sonntag-Verlag.
- Ekmekcioglu, C. (2000)
Spurenelemente auf dem Weg ins 21. Jahrhundert – zunehmende Bedeutung von Eisen, Kupfer, Selen und Zink, in: Journal für Ernährungsmedizin 2, 2, S. 18-23.

- Ekmekcioglu, C., Marktl, W. (2006)
Essenzielle Spurenelemente, 1. Auflage, Springer Verlag, Wien.
- Elsner, Frank, Dipl.-Math., Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows; Grundlegende Konzepte und Techniken; Version 2.7; 26. Februar 2009; Uni Osnabrück, Rechenzentrum; S.89.
- Eskew, M. L., Scheuchzuber, W. J., Scholz, R. W., Reddy, C. C., Zarkower, A. (1986)
The effects of ozone inhalation on the immunological response of selenium and vitamin E-deprived rats, in: Environmental Research, 40, S. 274-284.
- Failla, M. L. (2003)
Trace elements and host defense: recent advances and continuing challenges, in: The Journal of Nutrition, 133, 5, 1, S. 1443-1447.
- Flynn, A., Yen, B. R. (1981)
Mineral deficiency effects on the generation of cytotoxic T-cells and T-helper cell factors in vitro, in: Journal of Nutrition, 111, S. 907-913.
- Fosmire, G. J. (1990)
American Journal of Clinical Nutrition, Zinc toxicity, in: The American Society for Clinical Nutrition, 51, S. 225-227.
- Gärtner R., Gasnier B.C., Dietrich J.W., Krebs B., Angstwurm, M.W. (2002)
Selenium supplementation in patients with autoimmune thyroiditis decreases thyroid peroxidase antibodies concentrations, in: The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 87, 4, S. 1687-1691.
- Girodon, F., Galan, P., Monget, A. L., Boutron-Ruault, M. C., Brunet-Lecomte, P., Preziosi, P., Arnaud, J., Manuguerra, J. C., Herchberg, S. (1999)
Impact of trace elements and vitamin supplementation on immunity and infections in institutionalized elderly patients: a randomized controlled trial, in: Archives of Internal Medicine, 159, 7, S. 748-754.
- Good, M. F., Chapman, D. E., Powell, L. W., Halliday, J. W. (1986)
The effect of iron (Fe³⁺) on the cloning efficiency of human memory T4+lymphocytes, in: Clinical & Experimental Immunology, 66, S. 340-347.
- Gregory, P. J., Sperry, M., Wilson, A. F. (2008)
Dietary supplements for osteoarthritis, in: American Family Physician, 77, 2, S. 177-184.
- Gross, R. L., Osdin, N., Fong, L., Newberne, P. M. (1979)
Depressed immunological function in zinc-deprived rats as measured by mitogen response of spleen, thymus and peripheral blood, in: American Journal of Clinical Nutrition, 32, S. 1260-1266.
- Hatanaka N., Nakaden H., Yamamoto Y., Matsuo S., Fujikawa T., Matsusue S. (2000)
Selenium kinetics and changes in glutathione peroxidase activities in patients receiving long-term parenteral nutrition and effects of supplementation with selenite, in: Nutrition, Jan, 16, 1, S. 22-26.
- Herold, G. (2006)
Innere Medizin, Köln.
- Herold, G. (2010)
Innere Medizin, Köln.

- Hicks, W., Hardy, G. (2001)
Phosphate supplementation for hypophosphataemia and parenteral nutrition, in:
Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care, 4, 3, S. 227-233.
- Horn, F., Lindenmeier, G., Moc, I., Grillhösl, Ch., Berghold, S., Schneider, N., Münster, B. (2003)
Biochemie des Menschen, 2. Auflage, Thieme.
- Horváth, K., Noker, P. E., Somfai-Relle, S., Glávits, R., Financsek, I., Schauss, A. G. (2002)
Toxicity of methylsulfonylmethane in rats, in: Food and Chemical Toxicology, 40, 10, S. 1459-1462.
- Hruska, K. A., Mathew, S., Lund, R., Qiu, P., Pratt, R. (2008)
Hyperphosphatemia of chronic kidney disease, in: Kidney International, Jul, 74, 2, S. 148-157 (Epub 2008 Apr 30).
- Hwang, J. S., Chen, J. F., Yang, T. S., Wu, D. J., Tsai, K. S., Ho, C., Wu, C. H., Su, S. L., Wang, C. J., Tu, S. T (2008)
The effects of strontium ranelate in Asian women with postmenopausal osteoporosis, in: Calcified Tissue International, 83, 5, S. 308-314 (Epub 2008 Oct 9).
- Iezhitsa, I. N., Spasov, A.A. (2008)
Potassium magnesium homeostasis: physiology, pathophysiology, clinical consequences of deficiency and pharmacological correction, in: Uspekhi Fiziologicheskikh Nauk, 39, 1, S. 23-41.
- Internetservice Kummer + Oster GbR (Hrsg.) (2010),
Mineralstoffe, URL <http://jumk.de/bmi/mineralstofftabelle.php>
[Stand: 17.10.2010].
- Jackson, M. L. (1988)
Selenium: Geochemical Distribution and Associations with Human Heart and Cancer Death Rates and Longevity in China and the US, in: Biological Trace Element Research, 15, S. 13-21.
- Jones, D. G., Suttle, N. F. (1981)
Some effects of copper deficiency on leucocyte function in sheep and cattle, in: Research in Veterinary Science, 31, S. 151-156.
- Jvicic, N., Prejac, F., Kopjar, N., Momcilovic, B. (2007)
The sister chromatid exchange rate is inversely related to the Se, Sr, Mn and Be trace element nutritional status, in: Journal of Trace Elements and Biology in Medicine, 21, 1, S. 74-76 (Epub 2007 Oct 23).
- Khaw, K. T., Barrett-Connor, E. (1987)
Dietary potassium and stroke-associated mortality. A 12-year prospective population study, in: The New England Journal of Medicine, 316, 5, S. 235-240.
- Killilea, D. W., Maier, J. A. (2008)
A connection between magnesium deficiency and aging: new insights from cellular studies, in: Magnesium Research, the official organ of SDRM (the international Society for the Development of Research on Magnesium), 21, 2, S. 77-82.
- Kim, Y. H., Kim, D. H., Lim, H., Baek, D. Y., Shin, H. K., Kim, J. K. (2009)
The anti-inflammatory effects of methylsulfonylmethane on lipopolysaccharide-induced inflammatory responses in murine macrophages, in: Biological & Pharmaceutical Bulletin, 32, 4, S. 651-656.

- Köhrle, J. (1999)
The trace element selenium and the thyroid gland, in: *Biochimie*, 81, 5, S. 527-533.
- Köhrle, J., Schomburg, L. (2006)
Selen, Selenproteine, Selenmangel, Selenvergiftung, in: Adam, O., Schauder, P., Ollenschläger, G. (Hrsg.), *Ernährungsmedizin: Prävention und Therapie*, 3. Auflage, Elsevier, Urban & Fischer, Ill. 6, S. 149-158.
- Koller, L. D., Mulhern, S. A., Frankel, N. C., Steven, M. G., Williams, J. R. (1987)
Immune dysfunction in rats fed a diet deficient in copper, in: *American Journal of Clinical Nutrition*, 45, S. 997-1006.
- Kouremenou-Dona, E., Dona, A., Papoutsis, J., Spiliopoulou, C. (2006)
Copper and zinc concentrations in serum of healthy Greek adults, in: *Sci. Total Environ*, 15, 359, 1-3, S. 76-81 (Epub 2005 Jun 13).
- Kreider, R. B., Miller, G. W., Schenck, D. (1992)
Effects of phosphate loading metabolic and myocardial responses to maximal and endurance exercise, in: *International Journal of Sport Nutrition*, 2/1, S. 20-47.
- Kugler, J. P., Hustead, T. (2000)
Hyponatremia and hypernatremia in the elderly, in: *American Family Physician*, 61, 12, S. 3623-3630.
- Lam, P. K., Kritz-Silverstein, D., Barrett Connor, E., Milne, D., Nielsen, F., Gamst, A., Morton, D., Wingard, D. (2008)
Plasma trace elements and cognitive function in older men and women: the Rancho Bernardo study, in: *The Journal of Nutrition Health and Aging*, 12, 1, S. 22-27.
- Larsen, H. J., Tollersrud, S. (1981)
Effect of dietary vitamin E and selenium on the phytaemagglutinin response of pig lymphocytes, in: *Research in Veterinary Science*, 31, S. 301-305.
- Lasch, K., Bräsel, C., Jahn, H. (1999)
Selenium therapy in colorectal tumors?, in: *Medizinische Klinik (Munich)*, 94, 3, S. 97-100.
- Leblanc, J. C., Guérin, T., Noël, L., Calamassi-Tran, G., Volatier, J. L., Verger, P. (2005)
Dietary exposure estimates of 18 elements from 1st French Total Diet Study, in: *Food Additives & Contaminants*, 22, 7, S. 624-641.
- Lindinger, M. J., Sjogaard, G. (1991)
Kaliumregulation während körperlicher Belastung und Erholung, in: *Sports Medicine*, 11/6, S. 382-401.
- Lukasewycz, O. A., Prohaska, J. R. (1982)
Immunization against transplantable leukemia impaired in copper-deficient mice, in: *Journal of the National Cancer Institute*, 69, S. 489-493.
- MacFarquhar, J. K., Broussard, D. L., Melstrom, P., Hutchinson, R., Wolkin, A., Martin, C., Burk, R. F., Dunn, J. R., Green, A. L., Hammond, R., Schaffner, W., Jones, T. F. (2010)
Acute selenium toxicity associated with a dietary supplement, in: *Archives of Internal Medicine*, 170, 3, S. 256-261.

- Maggini, S., Wintergerst, E. S., Beveridge, S., Hornig, D. H. (2007)
Selected vitamins and trace elements support immune function by strengthening epithelial barriers and cellular and humoral immune responses, in: *The British Journal of Nutrition*, 98, 1, S. 29-35.
- Magnuson, B. A., Appleton, J., Ryan, B., Matulka, R. A. (2007)
Oral developmental toxicity study of methylsulfonylmethane in rats, in: *Food and Chemical Toxicology*, 45, 6, S. 977-984 (Epub 2006).
- Mahabir, S., Spitz, M. R., Barrera, S. L., Beaver, S. H., Etzel, C., Forman, M. R. (2007)
Dietary zinc, copper and selenium, and risk of lung cancer, in: *International Journal of Cancer*, 120, 5, S. 1108-1115.
- Malá, S., Kovárů, F., Misurová, L., Pavlata, L., Dvorák, R., Cíz, M. (2009)
Influence of selenium on innate immune response in kids, in: *Folia Microbiol (Praha)*, 54, 6, S. 545-548.
- Marinex-Cairo, S., Coello, P., Alvarez, M. T., Diaz, S., Alrid, S. (1980)
PMN-cell phagocytic function in malnourished patients with zinc uptake, in: *Archivos de Investigación Médica*, 11, S. 227-238.
- Martin, C. M. (2006)
Vitamins for the elderly: from A to zinc, in: *The Consultant Pharmacist: The Journal of the American Society of Consultant Pharmacist*, 21, 6, S. 450-464.
- McGarry, M. P. (1975)
Metallic copper-induced granulocyte exudation in the study of granulocytopenia, in: *Cell Tissue Kinet*, 8, S. 355-360.
- McMahan, L. H., Montgomery, D. W., Guschewsky, A., Woods, A. H., Zukoski, C. F. (1976)
In vitro effects of zinc chloride on spontaneous sheep red blood cell (e) rosette formation by lymphocytes from cancer patients and normal subjects, in: *Immunology Communications*, 5, S. 53-67.
- Medbo, J. I., Sejersted, O. M. (1990)
Änderungen der Kaliumkonzentration im Plasma bei hochintensiver Belastung, in: *Journal of Physiology*, 421, S. 100-122.
- Meissner, D. (1997)
Reference values for blood and serum selenium in the Dresden area, in: *Medizinische Klinik (Munich)*, 92, 3, S. 41-42.
- Meunier, P. J., Roux, C., Seeman, E., Ortolani, S., Badurski, J. E., Spector, T. D., Cannata, J., Balogh, A., Lemmel, E. M., Pors-Nielsen, S., Rizzoli, R., Genant, H. K., Reginster, J. Y. (2004)
The effects of strontium ranelate on the risk of vertebral fracture in women with postmenopausal osteoporosis, in: *New England Journal of Medicine*, 350, 5, S. 459-468.
- Meunier, P. J., Roux, C., Ortolani, S., Diaz-Curiel, M., Compston, J., Marquis, P., Cormier, C., Isaia, G., Badurski, J., Wark, J. D., Collette, J., Reginster, J. Y. (2009)
Effects of long-term strontium ranelate treatment on vertebral fracture risk in postmenopausal women with osteoporosis, in: *Osteoporosis International*, 20, 10, S. 1663-1673 (Epub 2009 Jan 20).
- Miller, G. D., Jarvis, J. K., McBean, L. D. (2001)

- The importance of meeting calcium needs with foods, in: *Journal of the American College of Nutrition*, 20, 2, S. 168-185.
- Miller, M. (1999)
Aging and water metabolism in health and illness, in: *Gerontologie und Geriatrie*, 32, 1, S. 120-6.
- Möhnle, P., Goetz, A. E. (2001)
Magnesium application: physiological effects, pharmacology and indication, in: *Anaesthesist*, 50, S. 377-391.
- Moynahan, E. J. (1979)
Trace elements in man, in: *Philosophical Transactions of the Royal Society London B.: Biological Sciences*, 288, 1026, S. 65-79.
- Mulhern, S. A., Vessy, A. R., Taylor, G. L., Magruder, L. E. (1985)
Suppression of antibody response by excess dietary zinc exposure during certain stages of ontogeny, in: *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 18, S. 453-461.
- Muñoz, C., Rios, E., Olivos, J., Brunser, O., Olivares, M. (2007)
Iron, copper and immunocompetence, in: *The Journal of Nutrition*, 98, 1, S. 24-28.
- Nyström-Rosander von, C., Lindh, U., Ilbäck, N. G., Hjelm, E., Thelin, S., Lindqvist, O., Fri-man, G. (2003)
Interactions between *Chlamydia pneumoniae* and trace elements: a possible link to aortic valve sclerosis, in: *Biological Trace Element Research*, 91, 2, S. 97-110.
- Oberleithner, H., Callies, C., Kusche-Vihrog, K., Schillers, H., Shahin, V., Riethmüller, C., Macgregor, G. A., de Wardener, H. (2009)
Potassium softens vascular endothelium and increases nitric oxide release, in: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 8, S. 2829-2834 (Epub 2009 Feb 6).
- Otsuka, Y., Isomoto, S., Noda, H. (2000)
Dietary intake of trace elements in the general population, estimated from a regional nutritional survey, and comparison with recommended dietary allowances and tolerable upper intake levels, in: *Nippon Koshu Eisei Zasshi (Japanese Journal of Public Health)*, 47, 9, S. 809-819.
- Ozcelik, D., Uzun, H. (2009)
Copper intoxication; antioxidant defenses and oxidative damage in rat brain, in: *Biol Trace Elem Res.*, Jan, 127, 1, S. 45-52 (Epub: 2008, Sep, 12).
- Paes, F. M., Serafini, A. N. (2010)
Systemic metabolic radiopharmaceutical therapy in the treatment of metastatic bone pain, in: *Seminars in Nuclear Medicine*, 40, 2, S. 89-104.
- Paku, S., Inaba, Y., Seki, C., Hara, Y., Yamazaki, M., Tsukada, M. (2002)
Selenium deficiency and electrocardiography changes in patients with severe motor and intellectual disabilities on long-term tube feeding, in: *No To Hattatsu*, 34, 1, S. 37-42.
- Parcell, S. (2002)
Sulfur in human nutrition and applications in medicine, in: *Alternative Medicine Review*, 7, 1, S. 22-44.

- Pennington, J. A. (1996)
Intakes of minerals from diets and foods: is there a need for concern?, in: Journal of Nutrition, 126, 9, S. 2304-2308.
- Peplowski, M. A., Mahan, D. C., Murray, F. A., Moxon, A. L., Cantor, A. H., Ekstrom, K. E. (1980)
Effect of dietary and injectable vitamin E and selenium in weanling swine antigenically challenged with sheep red blood cells, in: Journal of Animal Science, 51, S. 344-351.
- Pfrendschuh, M., Schölmerich, J., (2004)
Pathophysiologie Pathobiochemie, 2. Auflage, Elsevier Urban&Fischer.
- Prasad, A. S., Anadas, S., Oberleas, D. (1970)
Zinc: Human Nutrition and Metabolic Effects, in: Annals of Internal Medicine, 73, S. 631-636.
- Prasad, A. S. (1985)
Clinical and biochemical manifestation zinc deficiency in human subjects, in: Journal of Pharmacology, 16, S. 344-352.
- Prasad, A. S., Fitzgerald, J. T., Hess, J. W., Kaplan, J., Pelen, F., Dardenne, M. (1993)
Zinc deficiency in elderly patients in: Nutrition, 9, 3, S. 218-224.
- Refett, J. K., Spears, J. W., Brown, T. T. jr. (1988)
Effect of dietary selenium on the primary and secondary immune response in calves challenged with infectious bovine rhinotracheitis virus, in: Journal of Nutrition, 118, S. 229-235.
- Renz-Polster, H., Krautzig, S., Braun, J. (2004)
Innere Medizin, 3. Auflage, Urban & Fischer
- Rick, W. (1990)
Klinische Chemie und Mikroskopie, 6. Auflage, Springer Verlag.
- Riond, J. L. (2004)
Contamination of the food chain with caesium-137 and strontium-90 in Switzerland, in: Schweizer Archiv für Tierheilkunde, 146, 12, S. 547-554.
- Rubner Max-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Nationale Verzehrsstudie II, in: Bundesministerium für Ernährung LuV; 2008, S. 143.
- Rükgauer, M., Neugebauer, R. J., Plecko, T. (2001)
The relation between selenium, zinc and copper concentration and the trace element dependent antioxidative status, in: Journal of Trace Elements in Medicine a Biology in Medicine, 15, 2-3, S. 73-78.
- Santana e Meneses, J. F., Leite, H. P., de Carvalho, W. B., Lopes, E. Jr. (2009)
Hypophosphatemia in critically ill children: prevalence and associated risk factors, in: Pediatric Critical Care Medicine, 10, 2, S. 234-238.
- Schlieper, C. A. (1981)
Arbeitsbuch Ernährung, 2. Auflage, Verlag Dr. Felix Büchner- Verlag Handwerk und Technik GmbH.
- Schmidt, R., Thews, G., Lang, F. (2000)
Physiologie des Menschen, 28. Auflage, Springer.

- Sebastian, R. S., Cleveland, L. E., Goldman, J. D., Moshfegh, A. J. (2007)
Older adults who use vitamin/mineral supplements differ from nonusers in nutrient intake adequacy and dietary attitudes, *Journal of the American Dietetic Association*, 107, 8, S. 1322-1332.
- Sherman, A. R. (1992)
Zinc, copper, and iron nutrition and immunity, in: *The Journal of Nutrition*, 122, 3, S. 604-609.
- Shike, M. (2009)
Copper in parenteral nutrition, in: *Gastroenterology*, 137, 5, S. 13-17.
- Sichuan University (Hrsg.) (2010)
URL: [http://219.221.200.61/ywwy/zbsw\(E\)/edetail5.htm](http://219.221.200.61/ywwy/zbsw(E)/edetail5.htm) [Stand 10.10.2010].
- Simpson, F. O. (1988)
Sodium intake, body sodium, and sodium excretion, in: *Lancet*, 2, 8601, S. 25-29.
- Sparks, D. L., Friedland, R., Petanceska, S., Schreurs, B. G., Shi, J., Perry, G., Smith, M. A., Sharma, A., Derosa, S., Ziolkowski, C., Stankovic, G. (2006)
Trace copper levels in the drinking water, but not zinc or aluminum influence CNS Alzheimer-like pathology, in: *The Journal of Nutrition Health and Aging*, 10, 4, S. 247-254.
- Speier, C., Baker, S. S., Newburger, P. E. (1985)
Relationship between in vitro selenium supply, glutathione peroxidase activity and phagocytic function in the HL-60 human myeloid cell line, in: *The Journal of Biological Chemistry*, 260, S. 8951-8955.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2009)
Bevölkerung Deutschlands bis 2060 - 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, Wiesbaden.
- Stehling, O., Smith, P. M., Biederbick, A., Balk, J., Lill, R., Mühlenhoff, U. (2007)
Investigation of iron-sulfur protein maturation in eukaryotes, in: *Methods in Molecular Biology*, 372, S. 325-342.
- Stelfox, H. T., Ahmed, S. B., Khandwala, F., Zygun, D., Shahpori, R., Laupland, K. (2008)
The epidemiology of intensive care unit-acquired hyponatraemia and hypernatraemia in medical-surgical intensive care units, in: *Critical Care*,
URL: <http://ccforum.com/content/12/6/R162> [Stand: 17.10.2010].
- Stewart, J. (1990)
Phosphate loading and the effects on VO_{2max} in trained cyclists, in: *Research Quarterly For Exercise and Sport*, 61/1, S. 80-84.
- Struthers, A. D., Quigley, C., Brown, M. J. (1988)
Schnelle Veränderungen der Plasma-Kalium-Konzentration während eines Squashspiels, in: *Clin. Sci.*, 74/4, S. 397-401.
- Sugarman, B. (1983)
Zinc and infection, in: *Reviews of Infectious Disease*, 5, S. 137-147.
- Thomas, D. (2007)
The mineral depletion of foods available to us as a nation (1940-2002) – a review of the 6th Edition of McCance and Widdowson, in: *Nutrition and Health*, 19, 1-2, S. 21-55.

- Thomas, L. (1992)
Labor und Diagnose: Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik, 4. Auflage, Die Medizinische Verlagsgesellschaft.
- Toyokuni, S. (1996)
Iron-induced carcinogenesis: the role of redox regulation, in: Free Radical Biology and Medicine, 20, 4, S. 553-566.
- Turker, O., Kumanlioglu, K., Karapolat, I., Dogan, I., (2006)
Selenium treatment in autoimmune thyroiditis: 9-month follow-up with variable doses, in: European Journal of Endocrinology, 190, 1, S. 151-156.
- Vernon, W. B., Atkins, J. M., Stewart, R. D. (1988)
Hyperphosphatemia from lipid emulsion in a patient on total parenteral nutrition, in: Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 12, 1, S. 84-87.
- Warner, G. L., Lawrence, D. A. (1986)
Stimulation of murine lymphocyte responses by cations, in: Cellular Immunology, 101, S. 425-439.
- Watson, R. R., Moriguchi, S., McRae, B., Tobin, L., Mayberry, J. C., Lucas, D. (1986)
Effects of selenium in vitro on human T-lymphocyte functions and K-562 tumor cell growth, in: Journal of Leukocyte Biology, 39, S. 447-456.
- Whiting, S. J., Boyle, J. L., Thompson, A., Mirwald, R. L., Faulkner, R. A. (2002)
Dietary protein, phosphorus and potassium are beneficial to bone mineral density in adult men consuming adequate dietary calcium, in: Journal of the American College of Nutrition, 21, 5, S. 402-409.
- Wich, P. (Hrsg.) (2010)
Periodensystem der Elemente, URL: <http://www.experimentalchemie.de/05-e-pse.htm> [Stand 30.09.2010].
- Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.) (2009)
Cytochrom-c-Oxidase, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Cytochrom-c-Oxidase> [Stand 01.10.2010].
- Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.) (2010)
 α -Carboanhydrasen, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/A-Carboanhydrasen> [Stand 03.10.2010].
- Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.) (2010)
Calmodulin, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Calmodulin> [Stand 09.10.2010].
- Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.) (2010)
Kupfer - Biologische Eigenschaften, URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Kupfer#Biologische_Eigenschaften [Stand 01.10.2010].
- Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.) (2010)
Natrium-Kalium-Pumpe, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Natrium-Kalium-Pumpe> [Stand 10.10.2010].
- Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.) (2010)
Strontium, URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Strontium> [Stand 03.10.2010].
- Wiley Online Library (Hrsg.) (2010)

Fenton-Reaktion,

URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ange.v118:34/issuetoc> [Stand 30.09.2010].

Williams, D. M. (1983)

Copper deficiency in humans, in: *Semin Hematol*, 20, 2, S. 118-128.

Wintergerst, E. S., Maggini, S., Hornig, D. H. (2007)

Contribution of selected vitamins and trace elements to immune function, in: *Annals of Nutrition and Metabolism*, 51, 4, S. 301-323 (Epub 2007 Aug 28).

Wirth, R. (2006)

Vitamins and trace elements in nutrition. Update 2005, in: *Medizinische Klinik. (München)*, 101, 1, S. 163-166.

Yip, R. (1994)

Changes in iron metabolism with age, in: *Iron Metabolism in Health and Disease*, Brock, J. H., Halliday, J. W., Pippard, M. J. & Powell, L. W. (Hrsg.), S. 427-448.

Zheng, Y., Li, X. K., Wang, Y., Cai, L. (2008)

The role of zinc, copper and iron in the pathogenesis of diabetes and diabetic complications: therapeutic effects by chelators, in: *Hemoglobin*, 32, 1, S. 135-145.

Zumkley, H. (1983)

Spurenelemente, Thieme.