

Aus der Klinik für Innere Medizin der Universität Rostock, Abteilung für Endokrinologie
Ernst – Heydemann - Strasse 6, 18057 Rostock

Direktor: Prof. Dr. med. R. Hampel

**Der Anteil verschiedener Lebensmittel an der alimentären Iodversorgung
in Deutschland**

Inauguraldissertation
zur
Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Universität Rostock

vorgelegt von
Julia Kairies, geboren am 10.07.1978 in Bergen/ Rügen
aus Berlin

Rostock, 28.03.2008

[urn:nbn:de:gbv:28-diss2008-0092-7](http://urn.nbn.de/urn:nbn:de:gbv:28-diss2008-0092-7)

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Universität Rostock am: 27.10.2008

Dekan: Prof. Dr. med. E. C. Reisinger

1. Gutachter: Prof. Dr. med. R. Hampel,
Klinik und Poliklinik für Innere Medizin der Universität Rostock,
Abteilung für Endokrinologie
2. Gutachter: Priv. - Doz. Dr. med. H. C. Schober,
Klinik für Innere Medizin I, Klinikum Südstadt Rostock
3. Gutachter: Priv. - Doz. Dr. med. M. Ventz,
Universitätsmedizin Berlin, Charité Campus Mitte, Bereich für Endokrinologie

Verteidigung am: 01.10.2008

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS.....	1
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	3
1 EINLEITUNG.....	5
1.1 Funktion des Iods für den menschlichen Körper.....	5
1.1.1 Iod als chemisches Element.....	5
1.1.2 Bedeutung des Iods für die Schilddrüsenhormone	6
1.1.3 Einfluss der Schilddrüsenhormone auf Stoffwechsel, Wachstum und Entwicklung	6
1.1.4 Regulation der Schilddrüsenhormone.....	7
1.2 Iodversorgung in Deutschland und Europa	8
1.2.1 Am Anfang war der Kropf.....	8
1.2.2 Iodversorgung heute.....	10
1.3 Ernährungsempfehlung zur optimalen Iodversorgung	12
1.4 Iodbedingte Krankheiten.....	14
1.4.1 Iodmanglerkrankungen	14
1.4.2 Folgen übermäßiger Iodzufuhr.....	15
1.4.3 Nutzen und Risiken der Iodprophylaxe in Deutschland	16
1.5 Problemstellung und Ziel der Arbeit	17
2 MATERIAL UND METHODEN	18
2.1 Auswahl und Sammlung der Lebensmittel.....	18
2.2 Bestimmung des Iodidgehaltes der Lebensmittel	18
2.2.1 Allgemeine Bemerkungen zur Methodik.....	18
2.2.2 Methodenvergleich	21
2.2.3 Cer - Arsenit - Methode nach Lorenz - Wawschinek	22
2.2.4 Probenvorbereitung für die HPLC mittels Festphasenextraktion (Getränkeproben)	23
2.2.5 Probenvorbereitung für die HPLC mittels Fällung (Milch).....	23
2.2.6 Probenvorbereitung für die HPLC mittels Fällung (Milchprodukte).....	23
2.2.7 Probenvorbereitung für die HPLC mittels Extraktion (feste Lebensmittelproben)	24
2.2.8 Bestimmung des Iodidgehaltes mittels HPLC und elektrochemischer Detektion	24
2.2.9 Qualitätssicherung und Quantifizierung	25
2.3 Probandenauswahl	26
2.4 Erhebung der Verzehrsdaten.....	26
2.5 Auswertung der Verzehrsdaten.....	27
2.6 Statistische Methoden	28

3 ERGEBNISSE.....	30
3.1 Iodidgehalt der Lebensmittel	30
3.1.1 Allgemeines	30
3.1.2 Iodidgehalt von Frucht - und Gemüsesaftgetränken	31
3.1.3 Iodidgehalt von Bier	32
3.1.4 Iodidgehalt von Softdrinks.....	36
3.1.5 Iodidgehalt von Mineralwasser.....	37
3.1.6 Iodidgehalt von Milch.....	38
3.1.7 Iodidgehalt von Milchprodukten.....	39
3.1.8 Iodidgehalt von Brot	40
3.1.9 Iodidgehalt von Varia	41
3.2 Iodidzufuhr (Verzehrsprotokoll).....	43
3.2.1 Probanden	43
3.2.2 Iodidaufnahme der Probanden	44
4 DISKUSSION.....	48
4.1 Analyse des Iodidgehaltes der Lebensmittel	49
4.2 Analyse der Iodidzufuhr der Probanden	57
4.3 Empfehlungen zur optimalen Iodidversorgung	60
4.4 Kritische Wertung der Datenerhebung	61
5 ZUSAMMENFASSUNG.....	62
6 THESEN	64
7 LITERATUR.....	68
8 ANHANG	77
8.1 Tabellen	77
8.2 Vordruck Verzehrsprotokoll	88
DANKSAGUNG.....	94
SELBSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG.....	95
TABELLARISCHER LEBENSLAUF	96

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BGB	- Bürgerliches Gesetzbuch
bzw.	- beziehungsweise
DGE	- Deutsche Gesellschaft für Ernährung
d	- daily (täglich)
dl	- Deziliter
EU	- Europäische Union
etc.	- et cetera
g	- Gramm
GC - MS	- Gaschromatographie - Massenspektrometrie
HMG – CoA - Reduktase	- Beta – Hydroxy – beta – Methylglutaryl – Coenzym – A - Reduktase
HPLC	- high performance liquid chromatography
HPLC - ECD	- high performance liquid chromatography with electrochemical detection
I-	- Iodid
ICP - MS	- inductively coupled plasma mass spectrometry
µg	- Mikrogramm
µl	- Mikroliter
l	- Liter
nm	- Nanometer
mol	- Mol
mmol	- Millimol
n	- Anzahl
NAA	- Neutronenaktivierungsanalyse
NaK - ATPase	- Natrium - Kalium - Adenosintriphosphase
o.g.	- oben genannte
pH	- « pouvoir hydrogène »
SAQ	- Summe der Abweichungsquadrate
SPSS	- Statistical Package for the Social Science
STH	- somatotropes Hormon
TRH	- thyrotropin releasing hormone
TSH	- thyroid stimulating hormone

T3	- Triiodthyronin
T4	- Tetraiodthyronin
rT3	- reverses Triiodthyronin
u.a.	- unter anderem
U.S.A.	- United States of America
WHO	- world health organisation
z.B.	- zum Beispiel
z.N.	- Zustand nach
ZNS	- Zentralnervensystem

1 EINLEITUNG

1.1 Funktion des Iods für den menschlichen Körper

1.1.1 Iod als chemisches Element

Iod ist ein essentielles Spurenelement, welches vom menschlichen Körper nicht selbst produziert wird, sondern durch die Nahrung zugeführt werden muss.

Der Name leitet sich vom altgriechischen Wort „Iodes“ (ιώο-ειδης) für „veilchenfarbig“ ab. Die beim Erhitzen von Iod freigesetzten Dämpfe sind violettfarben.

Es ist ein chemisches Element im Periodensystem mit der Ordnungszahl 53 und dem Elementsymbol I. Neben Fluor, Chlor, Astat und Brom gehört es zur Gruppe der Halogene.(29, 46, 65)

Die physiologische Bedeutung von Iod war schon im Altertum bekannt. Bereits 1500 Jahre vor unserer Zeitrechnung wurden Kropfkranken die jodhaltigen Schilddrüsen von Schafen oder Aschen von Meeresschwämmen verordnet.

Im Jahre 1811 isolierte der Pariser Salpetersieder Bernard Courtois erstmals Iod aus der Asche von Seetang. Dies geschah eher zufällig bei der Herstellung von Schiesspulver.

Den elementaren Charakter des Iods erforschten jedoch erst ab 1813 die französischen Naturwissenschaftler Nicolas Clement-Desormes und Joseph Louis Gay-Lussac, der dem Iod den heutigen Namen verlieh. (80)

Iod kommt wesentlich seltener vor als die übrigen Halogene. In der Natur findet man es am häufigsten in Form seiner Verbindungen. Es tritt nicht nur als Iodid auf, sondern auch als Iodat. Man findet es im Chilesalpeter, aber auch als Natriumiodat, Natriumperiodat oder Lautarit. Als Iodwasserstoff kommt es in geringen Mengen in vulkanischen Gasen vor.

Während der Verwitterung von Gesteinen werden lösliche Iodverbindungen durch Regenwasser freigesetzt oder zerfallen bei höheren Temperaturen. Die Ioddämpfe sammeln sich, da sie schwerer sind als Luft, in tiefliegenden Gebieten und reichern sich dort an. So gelangen sie schließlich, wie die Iodide, ins Grundwasser und in die Meere.

Organische Iodverbindungen findet man in Meeresalgen, Tangen und Schwämmen. (29, 46, 65)

1.1.2 Bedeutung des Iods für die Schilddrüsenhormone

Die Schilddrüsenfunktion des menschlichen Körpers ist von der Iodzufuhr und von der Effizienz des Iodstoffwechsels abhängig. Iod muss mit der Nahrung aufgenommen werden und dient im menschlichen Organismus ausschließlich der Synthese der Schilddrüsenhormone. Eine wichtige Rolle spielen dabei die Schilddrüsenfollikel, in denen sich das Kolloid befindet. Das Kolloid stellt die Speicherform der Schilddrüsenhormone dar und wird von den Drüsenzellen als einschichtiges Epithel umgeben.

Iodid wird aktiv aus der Blutbahn durch ein Natrium-Iodid -Symporterprotein gegen einen 20- bis 40fachen Gradienten an der basolateralen Membran in die Follikelzelle aufgenommen. Dieser Transport ist spezifisch, sättigbar und kompetitiv hemmbar. Daher kann er auch mit anderen Anionen, z.B. Perchlorat, Pertechnat und Thiocyanat blockiert werden.

An der apikalen Seite der Follikelzelle erreicht das Iodid über den Anionenaustauscher Pendrin das Kolloid. Dabei erfolgt der Einbau des Iods in Tyrosylreste des Thyreoglobulins. Es entstehen Mono - oder Diiiodtyrosin, die weiter zu Tri - und Tetraiodthyronin (T3 und T4) gekoppelt werden. Wieder endozytiertes Thyreoglobulin wird abgebaut und so freigesetztes T3 und T4 gelangt durch einfache Diffusion ins Blut.

Der Hormonvorrat im Kolloid reicht ohne exogene Iodaufnahme für eine normale Schilddrüsenfunktion bis zu zwei Monaten aus. (47, 50)

1.1.3 Einfluss der Schilddrüsenhormone auf Stoffwechsel, Wachstum und Entwicklung

Schilddrüsenhormone haben eine äußerst stimulierende Wirkung auf den Zellstoffwechsel.

In physiologischen Konzentrationen steigern sie den Sauerstoffverbrauch fast aller Gewebe. Als Ursache hierfür sieht man einen gesteigerten Substratumsatz der Zelle sowie eine erhöhte Expression der NaK - ATPase. Durch den gesteigerten Energieumsatz kommt es auch zur erhöhten Thermogenese.

Schilddrüsenhormone aktivieren die Gluconeogenese, Glycogenolyse und Lipogenese durch Induktion der jeweils beteiligten Schlüsselenzyme.

T3 und T4 regen die Cholesterinsynthese durch Stimulation des Schlüsselenzyms HMG - CoA - Reduktase an. Da gleichzeitig auch Cholesterinumsatz und Cholesterinabbau gesteigert werden, kommt es zu einer Erniedrigung des Cholesterinspiegels im Blut.

Auch das Körperwachstum wird durch vermehrte STH - Sekretion der Hypophyse (stimuliert durch Ausschüttung von Schilddrüsenhormonen) und die direkte Wirkung der Schilddrüsenhormone auf den Knochenstoffwechsel angeregt.

In Myozyten wirken Schilddrüsenhormone positiv auf die Expression von Beta-Rezeptoren und Myosin und steigern somit die Schlagkraft des Herzmuskels. Außerdem wird durch die vermehrte β -Rezeptorenexpression der Sauerstoffverbrauch gesteigert.

Bei Neugeborenen sind die Schilddrüsenhormone wichtig für differenzierte Wachstumsvorgänge, besonders für die Hirn- und Skelettreifung. Bei einem Mangel an Schilddrüsenhormonen im Neugeborenenalter kann es zu Entwicklungsstörungen (Kretinismus) kommen, bei welchen Entwicklungsverzögerungen des ZNS und Missbildungen des Skeletts, Sprachstörungen und Taubheit im Vordergrund stehen. (38, 47, 50, 78)

1.1.4 Regulation der Schilddrüsenhormone

Die Regulation der Schilddrüsenhormone baut auf drei wichtigen Säulen auf. Zum einen wird die Hormonaktivität neuroendokrin über die Hypothalamus - Hypophysen - Schilddrüsen-Achse gesteuert. Des Weiteren spielt der extrathyreoidale Metabolismus der Schilddrüsenhormone eine Rolle sowie die Aufnahme von Iod mit Nahrung und der damit verbundene Iodhaushalt.

Die thyreotropen Zellen der Adenohypophyse werden durch TRH angeregt, TSH zu produzieren und durch T3 / T4, Somatostatin, Glucocorticoide und Dopamin gehemmt. Ein hoher Plasmaspiegel von T4 ist das entscheidende Hemmsignal für die TSH-Ausschüttung.

Die intrazelluläre Umwandlung von T4 in aktives T3 oder inaktives rT3 reguliert auf einer weiteren Ebene die Wirkung der Schilddrüsenhormone. Sogenannte Deiodase-Isoenzyme sind dafür verantwortlich, ob sich T4 in T3 oder rT3 umwandelt. Dieser Vorgang der Umwandlung von T4 in T3 wird auch als Deiodierung oder Konversion bezeichnet.

Bei einer gestörten Deiodierung, also einer verminderten Umwandlung von T4 in T3 kommt es zum sogenannten Low - T3 - Syndrom (oder auch non - thyroidal illness genannt), welches durch einen niedrigen Serumspiegel von T3 charakterisiert ist.

Dieses Syndrom tritt gehäuft bei schweren, intensivpflichtigen Allgemeinerkrankungen, Crash - Diäten, Fastenkuren und chronischen Erkrankungen auf. (42)

Beeinflusst werden die Isoenzymesysteme durch verschiedene Faktoren wie Schilddrüsenfunktion, Ernährung, Plasmaglucosekonzentration, Hormone, Medikamente etc.

Auch die Iodidkonzentration im Blut reguliert Synthese und Sekretion der Schilddrüsenhormone. Bei geringer Iodidkonzentration wird die Aufnahme von Iod im Magen-Darm-Trakt und die Hormonsynthese stimuliert, auch wenn TSH fehlt. Dagegen wird bei hoher Iodidkonzentration im Plasma die Bildung von T4 und T3 sowie ihre proteolytische Freisetzung aus Thyreoglobulin nicht gefördert. (38, 47, 78)

Man spricht in diesem Zusammenhang auch vom „Plummer - Effekt“: durch hohe Dosen von Iodid wird die Schilddrüse in ihrer Funktion blockiert. Dieser hemmende Effekt ist jedoch nur von kurzer Dauer und wird nach einem gewissen Zeitraum wieder aufgehoben. Es kommt dann zum sogenannten „Escape - Phänomen“ oder auch „Wolff - Chaikoff - Effekt“. (28, 88)

1.2 Iodversorgung in Deutschland und Europa

1.2.1 Am Anfang war der Kropf

Deutschland war lange Zeit ein Iodmangelgebiet und ist es auch heute noch. Während der letzten Eiszeit wurde Iod aus den Gesteinen und Böden ausgewaschen und ins Meer transportiert. Je weiter südlich und je „hochgebirgiger“ man sich auf dem europäischen Kontinent bewegt, desto iodärmer werden die Böden. Ideale Bedingungen also auch für Tiere und Pflanzen ebenfalls als iodarme Lebewesen zu existieren und damit als Nahrungslieferant für den Menschen nur unwesentlich zu seiner Iodversorgung beizutragen.

Schon im Altertum sind Kröpfe bekannt. Man behandelt die Erkrankten mit iodhaltigen Schilddrüsen von Schafen und Aschen von Meeresschwämmen, die sie zu verzehren haben.

Roland von Parma benutzt im 13. Jahrhundert ausgeglühte Schwämme, um den Kropf zu behandeln. Bernard Courtois extrahiert 1811 Iod aus Seetang, französische Ärzte verwenden es ebenfalls gegen den Kropf.

In wissenschaftlichen Kreisen wird immer deutlicher, dass der Iodmangel Ursache des Kropfes ist. 1831 beschreibt der französische Agronom J. B. Boissingault bei Pflanzen die Aufnahme von Nitraten aus dem Boden und von Kohlendioxid in der Luft. Er publiziert im selben Jahr folgendes: „Ich bin sicher, dass der Kropf in den Cordilleren (Kolumbien) verschwinden würde, wenn die Behörden die notwendigen Maßnahmen ergriffen. Man müsste in der Hauptstadt eines jeden Bezirkes ein Jodsalzdepot schaffen, wo jeder Einwohner das Salz kaufen kann, das er benötigt.“ Seine Anregungen werden nicht beachtet und erst viel später hört man auf ihn. Auch Prevost in Genf erkennt 1849 als Ursache des Kropfes den Iodmangel. (80)

1792 schafft Fodere den Begriff des Kretinismus, der vom Kropf verursacht wird. Parry beschreibt 1806 das Krankheitsbild bei Vergrößerung der Schilddrüse: Tachykardie, Herzerweiterung, Exophthalmus, den tragischen Blick, Unstetigkeit und Angstzustände. Andere medizinische Gelehrte Europas machen ähnliche Entdeckungen. Karl von Basedow fasst 1840 jene Beobachtungen unter dem Namen „skrofulöse Anämie“ oder „okuläre Kachexie“ zusammen. Auch Grave und Charcot machen diese Krankheitssymptome in Irland und Frankreich Mitte des 19. Jahrhundert bekannt.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wird die myxödemale Idiotie dem angeborenen Fehlen der Schilddrüse zugeschrieben. Die Chirurgen Reverdin und Kocher beweisen dies 1882 bzw. 1883 mit den Folgen der Thyreoidektomie (Cachexia strumipriva), einem Eingriff der damals beim Vorliegen eines Kropf üblich war. Wieder einmal kommt das Thema auf die Iodsalzprophylaxe. 1860 zeigt Chatin die Möglichkeit auf, der Entwicklung des epidemischen Kropfes und des Kretinismus mit Iod vorzubeugen. Man injiziert den sogenannten Myxödemkranken weiterhin Schilddrüsenextrakte, um ihr Leiden ein wenig zu mindern.

Noch vor Beginn des zweiten Weltkrieges wird der endemischen Kropf in seinen verschiedenen klinischen pathophysiologischen, geographischen und soziotherapeutischen Aspekten in Europa gründlich untersucht (Maranon und Guy Laroche). Unter dem Einfluss von Marine (USA) und Kimball wird die Prophylaxe durch Anwendung von Iodsalz mit bemerkenswerten Ergebnissen verwirklicht. (80, 81)

Als erstes Land entwickelt die Schweiz 1922 ein Präventionsprogramm gegen den Iodmangel. Weitere Länder folgen diesem Beispiel. Auch in den USA, Schweden, Finnland, Österreich und Australien führt man wenig später die Iodsalzprophylaxe ein. In Deutschland wird in diesem Bereich noch wenig Engagement gezeigt. Weder gibt es offizielle Präventionsmaßnahmen noch Privatinitaliven von Wissenschaftlern oder Medizinern. Vor dem zweiten Weltkrieg laufen Vorbereitungen zur Iodprophylaxe in Sachsen, die durch Krieg und Nachkriegsnöte zum Erliegen kamen.

Nach der späteren Aufschlüsselung der biochemischen Strukturen der Schilddrüsenhormone entdeckt man, dass Iod ein wichtiger Baustein dieser Hormone ist.

Die Bindung des Iods in Form von Iodid durch die Schilddrüsenzelle, seine Oxydierung unter dem Einfluss der Schilddrüsenperoxidases, seine Anlagerung an die Thyrosinreste des Thyreoglobulins, die Synthese, Speicherung und Freisetzung der Hormone sowie die Deiodierung der Iodthyrosinreste lassen das Konzept des Iodzyklusses entstehen, der einen ökonomischen Umgang mit Iod im menschlichen Körper bedeutet.

Die Wirkungen des Iodmangels werden Gegenstand vieler klinischer und biochemischer Untersuchungen in den fünfziger und sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts. Die Weltgesundheitsorganisation realisiert seit 1960 in großem Ausmaß die Prophylaxe gegen Iodmangel, der die Hauptursache der endemischen Struma darstellt. (81)

1.2.2 Iodversorgung heute

Noch 1975 ist das endemische Kropfvorkommen sowie der zugrundeliegende Iodmangel in Deutschland belegt. Anfang der achtziger Jahre erfolgt ein Umdenken in der damaligen Bundesrepublik Deutschland und erste Änderungen werden eingeführt. Es kommt zu einer Neufassung der Diätenordnung und der Warnhinweis auf Lebensmitteln mit Iodsalz „nur bei ärztlich festgestelltem Jodmangel“ entfällt. Beim iodierten Salz kommt es zum Wechsel vom Kaliumiodid zum stabileren Kaliumiodat. 1984 wird der „Arbeitskreis Jodmangel“ gegründet, initiiert von führenden Endokrinologen Deutschlands.

Es folgen weitere Verordnungen, die die Iodaufnahme der Bevölkerung verbessern sollen: Iodsalz kann in Großküchen und bei der Lebensmittelherstellung verwendet werden, Säuglingsnahrung wird mit Kaliumiodat angereichert, iodiertes Pökelsalz wird erlaubt und es entfällt die Deklarierungspflicht von iodiertem Salz in Lebensmitteln. (2, 3, 7)

Im Gegensatz dazu bestand in den Regionen der ehemaligen DDR bis 1989 eine gesetzlich vorgeschriebene generelle Regelung der Iodsalzprophylaxe. 1979 entsteht erstmals der Entwurf eines „Kropfbekämpfungsprogramms“, 1983 wird die allgemeine „Jodsalzprophylaxe“ eingeführt, d.h. Haushaltssalz wird mit Iod angereichert. 1985 erfolgt die Gründung der „Interdisziplinären Jodkommision“, außerdem werden 84% des Paketsalzes mit Kaliumiodat iodiert. 1986 erfolgt die Einführung von iodierten Mineralstoffmischungen bei Nutztieren. (9, 10, 55)

In einer ersten gesamtdeutschen Studie, veröffentlicht von Hampel et al. 1995, wurden über 6000 Personen in 32 Regionen Deutschlands schilddrüsensonographisch untersucht sowie zu Ernährungsverhalten, zur Benutzen von iodiertem Speisesalz und zur Verwendung iodhaltiger Medikamente befragt. Es zeigte sich, dass 21 % der Kinder bis zu zehn Jahren, 52 % der 11- bis 18-Jährigen sowie 50 % der 18- bis 70-Jährigen eine zu große Schilddrüse besaßen, obwohl 83 % aller Befragten das Verwenden von iodiertem Speisesalz angaben. Die Strumaprävalenz zeigte sich damit in Gesamtdeutschland größer als bis dato angenommen.

Eine mangelhafte Effizienz der damaligen Strumaprophylaxe wurde von den Autoren beklagt.(34)

1996 folgt ein gesamtdeutsches Iodmonitoring. Es war vom Bundesgesundheitsministerium initiiert worden und soll repräsentative Angaben zur Iodversorgung der deutschen Bevölkerung erheben. Man geht von einer mittleren Iodaufnahme von 119 µg pro Tag bei Jugendlichen und Erwachsenen aus. Es bleibt ein Versorgungsdefizit von 30 - 40% bei einer täglichen Zufuhrempfehlung von 180 - 200 µg Iod. Gemäss WHO - Kriterien besteht somit ein Iodmangel Grad I. Es kristallisieren sich besondere Risikogruppen heraus, die trotz erhöhten Bedarfs weniger Iod als der Durchschnitt aufnehmen. Zu diesen Gruppen zählen Senioren und Frauen, Schwangere und Stillende sowie Heranwachsende und Wehrpflichtige. Nur bei 1,2 % der befragten Jugendlichen und Erwachsenen findet eine ausreichende Versorgung mit Iod von bis zu 300 µg pro Tag statt. (53)

In weiteren Studien, die sich regional konzentrieren, wird eine signifikante verbesserte Iodversorgung der Bevölkerung festgestellt: Untersuchungen in Mecklenburg / Vorpommern („Greifswalder Studie“) und Thüringen zeigen bei 11 - bis 17jährigen Schülern einen Anstieg der renalen Iodausscheidung von 60,1 µg / g Kreatinin 1994 auf 105,5 µg / g 1998 und 122 µg/ g Kreatinin im Jahr 2000. (54, 56, 73)

Auch in Sachsen, Thüringen, Bayern, im Saarland und in Berlin werden Ende der neunziger Jahre Iodurinwerte gefunden, die diesen in etwa entsprechen; von 97,1 µg/ g Kreatinin bei Frauen in Sachsen bis 200 µg/ g in der Region Würzburg. Hampel et al. führen 1999 eine bundesweite Studie durch, bei der sich eine mediane Iodurie von 148 µg/ g Kreatinin bei 6-12-Jährigen feststellen lässt. Eine Verbesserung der Iodversorgung wird deutlich, auch wenn das Optimum noch nicht in allen Regionen erreicht ist. (26, 32, 49, 68, 86, 87, 89)

Es wird zunehmend klarer, dass eine optimale Iodversorgung auch mit höherem Bildungsstand und damit verbundenem erhöhtem Gesundheits- und Ernährungsbewusstsein einhergeht. (39)

Scriba und Meng konstatieren 2002, dass man bei 70 % der deutschen Bevölkerung von einer ausreichenden Iodversorgung ausgehen kann, während die restlichen 30 % unter einem milden bis moderaten Iodmangel leiden. Eine stabile und regional sowie sozial gleichmäßig verteilte Iodversorgung wird angestrebt. (57)

Nichtsdestotrotz werden Stimmen laut, die von einer Überversorgung mit Iod und Zwangsmedikamentation durch iodiertes Salz und Lebensmittel, Nahrungsergänzungsmittel und Iodtabletten sprechen. Gesundheitliche Folgeschäden wie Iodakne oder Iodallergie werden angeführt. Man lehnt jegliche Iodsalzprophylaxe ab und wirft Mitgliedern des

„Arbeitskreises Jodmangel“ eine zu große Nähe zur Salzindustrie vor. (16, 17) Diese Gegner beharren auf ihren Thesen trotz wissenschaftlicher Erkenntnisse, die belegen, dass die eingeführte Iodsalzprophylaxe, die nach wie vor auf dem Freiwilligkeitsprinzip beruht, weder gesundheitliche Schäden hervorruft noch eine „Zwangsmedikation“ darstellt, wobei ein großer Teil der Bevölkerung noch immer nicht genügend Iod aufnimmt. (33, 37, 53, 57, 77)

1.3 Ernährungsempfehlung zur optimalen Iodversorgung

Eine ausgewogene Aufnahme des Spurenelements Iods kann durch bewußte Ernährung sicher gestellt werden. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung und der „Arbeitskreis Jodmangel“ haben hierfür ein Konzept entwickelt, welches auf vier Grundsäulen basiert:

1. Vollwertige Ernährung

Es wird der regelmäßiger Verzehr von Seefisch und anderen Meerestieren sowie Milch- und Milchprodukten empfohlen. Dabei sollten Milch und Milchprodukte täglich, Seefisch zweimal wöchentlich konsumiert werden.

2. Verwendung von Iodsalz

Die ausschließliche Verwendung von iodiertem Salz im Privathaushalt wird empfohlen. Speisenzubereitungen in Menschen, Kantinen und Gaststätten bevorzugen, die mit Iodsalz zubereitet worden sind, sind zu bevorzugen.

3. Lebzenmittel mit Iodsalz

Es wird empfohlen Brot- und Backwaren, Fleisch- und Wurstwaren sowie Fertiggerichte und andere Lebensmittel, die mit Iodsalz hergestellt sind, bevorzugt zu verzehren.

4. Iodtabletten

Die Verwendung von Iodtabletten wird empfohlen, wenn der Iodbedarf aus diätischen oder anderen Gründen nicht über die Nahrung gedeckt werden kann oder wenn ein erhöhter Iodbedarf wie z.B. während Schwangerschaft und Stillzeit besteht.

Generell gilt, dass der Iodidgehalt der Böden, als Spätfolge durch die Auswaschung der Eiszeit, in Deutschland sehr gering ist. Dadurch ist auch der Iodidgehalt in heimischen Agrarprodukten niedrig. Praktische Bedeutung als Iodlieferanten haben Seefische und andere Meerestiere sowie Milch und Milchprodukte in Abhängigkeit von der Tierfütterung und dem Einsatz von Iodophoren zur Euter - bzw. Milchleitungsdesinfektion. Aber auch einige Gemüsesorten und Pilze sind gute Iodidlieferanten.

Einen entscheidenden Beitrag zur Iodversorgung können Brot, Back - und Fleischprodukte leisten, sofern sie unter Verwendung von iodiertem Speisesalz hergestellt wurden. Beim Einkauf und Verzehr sollte darauf geachtet werden, dass die Produkte mit Iodsalz zubereitet worden sind. (2, 7, 33, 37, 45, 53, 57)

Die deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) hat bei den Empfehlungen für die tägliche Iodzufuhr diese altersabhängig und nach besonderen Umständen wie Schwangerschaft oder Stillzeit aufgetrennt. Dabei wird für Säuglinge bis zu zwölf Monaten eine minimale Iodaufnahme von 40-80 µg pro Tag gefordert. Kinder bis zu vier Jahren sollten mindestens 100 µg Iod pro Tag aufnehmen, Jugendliche ab 13 Jahren 200 µg Iod täglich. Auch bei Erwachsene bis 51 Jahren wird eine tägliche Aufnahme von 200 µg Iod empfohlen. Bei Schwangeren und Stillenden wird eine Iodzufuhr von 230 bzw. 260 µg Iod pro Tag nahe gelegt, da sie durch die Mitversorgung des Kindes einen erhöhten Bedarf haben und so mögliche Folgeschäden des Kindes durch einen Iodmangel verhindern können. (23)

Die Empfehlungen der DGE decken sich in etwa mit den Forderungen der WHO, wenngleich diese etwas niedriger liegen. Für Säuglinge bis zu zwölf Monaten wird eine tägliche Aufnahme von 50 µg empfohlen, für Kinder von zwei bis sechs Jahren etwa 90 µg Iod pro Tag. Bei Kindern von sieben bis zwölf Jahren erhöht sich die geforderte Zufuhr auf 120 µg. Jugendliche ab 13 Jahren und Erwachsene sollten eine tägliche Iodzufuhr von 150 µg sicherstellen, Schwangere und Stillende mindestens 200 µg. (84)

Auch die WHO verweist als wichtige Iodquelle auf iodiertes Speisesalz. Mögliche Verluste des Iodsalzes in der Nahrung können durch unsachgemäße Lagerung, Produktion, lange Transporte und langes Kochen entstehen. (21, 25, 84)

Der „Arbeitskreis Jodmangel“ betont immer wieder, dass die bisher erzielten Erfolge in der Iodversorgung der deutschen Bevölkerung vornehmlich auf die Verwendung von Iodsalz zurückzuführen sind. Iodiertes Salz in Deutschland ist mit 20 mg Iod (32 mg Kaliumjodat) pro Kilogramm Salz angereichert. Damit sei bei einer täglichen Aufnahme von fünf Gramm Iodsalz eine Zufuhr von 100 µg Iod sichergestellt. (4, 6)

Es ist jedoch nicht davon auszugehen, dass auf diesem Weg zusätzlich 100 µg Iodid in den Körper gelangen. Der größte Teil des Iodids sublimiert durch Garungsprozesse und wird mit dem Kochwasser (z.B. für Kartoffeln, Nudeln, Gemüse etc.) entsorgt. Real erhöht sich durch die Aufnahme von fünf Gramm Iodsalz die Iodidurie im Durchschnitt um etwa 7 µg / 1 Urin pro Tag. (36, 58)

Generell gehört Iodsalz in die Nahrungskette, wobei Industrie und Handwerk trotz einer 1993 vorgenommenen Gesetzesänderung („Zweite Verordnung zur Änderung der Vorschriften über

jodiertes Speisesalz“, BGB Teil I, Nr.68, vom 22.12.1993), die den Gebrauch von Iodsalz in Industrie und Gastronomie ausdrücklich erlaubt, Nachholbedarf haben. (5, 7, 13)

1.4 Iodbedingte Krankheiten

„Alle Dinge sind Gift und nichts ohne Gift, allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift ist.“ - so schreibt Paracelsus von Hohenheim in seinen „Sieben Verteidigungsreden“ von 1538. Dieser Leitsatz scheint auch auf das Spurenelement Iod beziehbar zu sein. Weder zu viel noch zu wenig Iod sind nützlich für den Körper. (60)

Seit der Einführung der Iodsalzprophylaxe sind immer wieder kritische als auch ängstliche Stimmen laut geworden, die befürchten, dass Menschen durch nicht deklariertes Iodsalz in Lebensmittel unter einer überhöhten Iodidzufuhr leiden. (16, 17)

1.4.1 Iodmangelerkrankungen

Zur Hormonbildung benötigt die Schilddrüse Iod in ausreichender Menge. Fehlt es in der Nahrung, können folgende Erkrankungen die Folge sein: durch mangelnde Hormonbildung kommt es zur Unterfunktion der Schilddrüse. Allgemeine Symptome wie Konzentrationsschwäche, Leistungsminderung, Schlafstörungen und erhöhte Infektanfälligkeit sind typische Anzeichen für eine iodmangelbedingte Unterfunktion der Schilddrüse. Das Schilddrüsengewebe vermehrt sich, um das Defizit an Schilddrüsenhormonen auszugleichen. Es kommt zur Vergrößerung der Schilddrüse, die als Struma bezeichnet wird. Bei Strumen wiederum kommt es schneller und leichter zur Entwicklung von heißen Knoten, die zu unkontrollierter Hormonproduktion und Überfunktion führen sowie von kalten Knoten, die sich funktionslos verhalten, später aber auch entarten können.

Bei ausgeprägtem Iodmangel finden sich Symptome wie schuppige, spröde Haut, Wassereinlagerungen im Gesicht, Verdaunungsprobleme, depressive Störungen, Heiserkeit, langsame Sprache und Unfruchtbarkeit bei Frauen. (37, 38, 78)

Bei der Erforschung der pathophysiologischen Hintergründe der Iodmangelstruma zeigte sich in den letzten 15 bis 20 Jahren ein Wandel des Erkenntnisstandes. Lange Zeit nahm man an, dass ein massiver Iodmangel und damit einhergehend ein erhöhter TSH - Spiegel Ursache der Struma waren, man therapierte aus diesem Grunde die Iodmangelstruma mit exogen zugeführten Schilddrüsenhormonen.

Ende der 1980er Jahre erste multizentrische, prospektive und randomisierte Studien, dass die Einnahme von Iod im Vergleich zu einer TSH - Suppression mit Levothyroxin einen signifikant längeren Effekt auf die Strumaverkleinerung hat. Hinzu kamen neue Erkenntnisse über die Autoregulation der Schilddrüse über Iod und Wachstumsfaktoren. So hat sich in den letzten Jahren mehr und mehr die These durchgesetzt, dass nicht TSH, sondern lokale Wachstumsfaktoren in Abhängigkeit vom intrathyreoidalen Iodgehalt für das Wachstum von Schilddrüsengewebe verantwortlich sind. Auf der anderen Seite sorgen bei ausreichendem Iodgehalt der Schilddrüsenzellen Iodlipide (Iodlaktone, Iodaldehyde) für einen wachstumshemmenden Effekt. Die hyperplastischen Veränderungen der Schilddrüsen werden somit nicht mehr als „kompenatorische Hyperplasie“ gedeutet, sondern vielmehr als ein Ungleichgewicht zwischen der stimulierenden Wirkung der lokalen Wachstumsfaktoren und der proliferationshemmenden Wirkung der Iodlipide. Ein therapeutischer Einsatz dieser ist aufgrund ihrer chemischen Instabilität noch nicht möglich. (28, 40, 62, 63)

1.4.2 Folgen übermäßiger Iodzufuhr

Hier kursiert der Begriff der sogenannten Iodallergie. Diese besteht jedoch nur bei allergischen Reaktionen auf großmolekulare Iodverbindungen wie sie beispielsweise in Röntgenkontrastmitteln, iodhaltigen Desinfektionsmitteln oder iodhaltigen Medikamenten vorhanden sind. Iodverbindungen, die im iodierten Speisesalz und in mit Iodsalz hergestellten Lebensmitteln vorkommen, sind Moleküle von so geringer Größe, dass sie vom menschlichen Organismus nicht als Antigen erkannt werden und somit auch keine Antikörperausbildung auslösen können. Besonders kleine Mengen Iodid reichen nicht für eine allergische Reaktion aus. Prinzipiell möglich wäre eine solche Reaktion nur bei einer Aufnahme von mehr als 1000 µg Iod pro Tag.

Die Iodakne spielt erst bei extrem hoher Iodzufuhr im Bereich von mehreren Milligramm pro Tag eine Rolle. In der Therapie und Prophylaxe, wo die verwendeten Ioddosierungen im Bereich von 100–200 µg pro Tag liegen, spielt Iodakne keine Rolle.

Bei vermehrter Iodzufuhr hält die Schilddrüse mittels mehrfacher Koppelungsmechanismen die Hormonsekretion im Allgemeinen konstant. Die zwei wichtigsten Steuermechanismen sind die Drosselung der Iodidpumpe der Schilddrüsenepithelmembran, so dass vom angebotenen Iodid weniger in die Zelle gelangt und die Sekretion des überschüssig aufgenommenen Iods in Form von nicht hormonellem Iod. (19, 77)

Im Zusammenhang mit chronisch erhöhter Iodzufuhr werden die iodinduzierte Hyper- und Hypothyreose diskutiert. Bei Entstehung der iodinduzierten Hyperthyreose scheint eine Struma mit knotigen, autonom funktionierenden Anteilen Vorbedingung zu sein. Bei erhöhtem Iodangebot produzieren die autonomen Anteile unkontrolliert Schilddrüsenhormone im Überschuss. Der sogenannte „Jodbasedow“ wird typischerweise dann beobachtet, wenn in einem Iodmangelgebiet Knotenstrumen mehr Iod zugeführt wird. Er wird jedoch auch bei Kropfträgern in iodreichen Gebieten beobachtet. Savoie et al. und Skare und Frey beobachteten iodinduzierte Hyperthyreosen in vorher völlig normalen Schilddrüsen. Hier nimmt man als Ursache nicht er - oder bekannte disseminierte Autonomien an.

Bei prädisponierten Personen können Iodiddosen von mehr als 500 µg täglich eine Schilddrüsenautoimmunogenität begünstigen.

Der iodinduzierte Kropf und die iodinduzierte Hypothyreose beruhen auf der paradoxen blockierenden Wirkung pharmakologischer Ioddosen auf den Hormonstoffwechsel. Lange Zeit galten normale Schilddrüsen gegenüber diesem paradoxen Iodeffekt als resistent. Genaue Messungen haben aber gezeigt, dass bei Schilddrüsengesunden, die täglich 50 - 250 µg Iodid erhalten, das Serumthyroxin um circa 15 % abfällt, während das TSH leicht ansteigt. Alle Werte bleiben jedoch im euthyreoten Bereich; klinische Symptome treten nicht auf. Bekannt ist außerdem, dass der Morbus Basedow und die Autoimmunthyreoiditis zu dieser hemmenden Iodwirkung prädisponieren. (19, 77)

1.4.3 Nutzen und Risiken der Iodprophylaxe in Deutschland

Seit 1981 erfolgt in Deutschland die schrittweise Einführung prophylaktischer Maßnahmen gegen den Iodmangel. Dabei gingen Ost- und Westdeutschland zunächst eigene Wege, ab Beginn der Neunziger Jahre werden gesamtdeutsche Entscheidungen getroffen, die zu einer verbesserten Iodversorgung der Bevölkerung führen sollen. Seit 1989 kann Iodsalz in Großküchen und in der Lebensmittelindustrie eingesetzt werden, seit 1991 ist iodiertes Nitritpökelsalz erlaubt. (11, 12)

Verschiedene regionale Studien zeigen Mitte der Neunziger Jahre einen deutlichen Anstieg der mittleren Iodidurie. Der Iodmangelkropf Neugeborener sank unter 1% und die damit oft verbundene transitorische Hypothyreose verschwanden. An der Verbesserung der Iodversorgung innerhalb Deutschlands besteht somit kein Zweifel, der Optimalbereich ist jedoch noch nicht in allen Regionen erreicht. Man geht davon aus, dass bei circa 70 % der deutschen Bevölkerung eine ausreichende Iodversorgung besteht. Insgesamt scheint damit ein

deutlicher Nutzen und Gesundheitsvorteil von den prophylaktischen, jedoch noch freiwilligen Maßnahmen nachgewiesen zu sein. (26, 32, 49, 57, 68, 86, 87, 89)

1.5 Problemstellung und Ziel der Arbeit

Bei der Beschäftigung mit dem Thema Iod und Iodprophylaxe fällt immer wieder auf, was für eine große Rolle die Ernährung bzw. die zur Verfügung stehenden Lebensmittel spielen. Daran anknüpfend verwundert es, dass für die meisten Lebensmittel (z.B. Fisch, Milch, Brot) nur ungefähre Werte für den Iodidgehalt bekannt sind. Diese sind meist aus verschiedenen Untersuchungen und Studien zusammengetragen.

Der Iodidgehalt ist bei Lebensmitteln, mit Ausnahme des Speisesalzes, nicht offiziell deklariert. Um so wichtiger ist es zu wissen, mit welchen Nahrungsmitteln in welchem quantitativen Umfang Iod dem Körper zugeführt wird und ob dies in ausreichenden Maßen besteht.

Mehrere Studien zum Iodidgehalt in Lebensmittel wurden besonders in den skandinavischen Ländern, der Schweiz und in den USA durchgeführt. Hierbei kam immer wieder zum Ausdruck, dass besonders marine Lebensmittel (Fisch, Algen etc.), Milch- und Milchprodukte sowie Brot - und Backwaren einen relativ hohen Iodidgehalt aufwiesen. (8, 20, 43, 45, 61)

Hampel et al. hatten 2004 bei stagnierendem Iodsalzanteil aber steigender Iodidurie der deutschen Bevölkerung auf möglicherweise versteckte „Jodidnester“ in Lebensmittel hingewiesen. Hierbei waren Stichproben bei Nahrungsergänzungsmittel und Getränkeproben mit besonders hohen Iodidwerten aufgefallen. Als nicht-quantifizierbare Iodidquellen wurden u.a. iodidhaltiges Tierfutter und Iodophore in der Landwirtschaft, hoher Anteil an Nichtinnungsmitgliedern im Ernährungshandwerk (Salzkauf von sogenannten fliegenden Händlern), „Jodnester“ in Lebensmittel und Nahrungsergänzungsmittel ausgemacht. (37)

Um die individuelle Iodidaufnahme durch häufig konsumierte Lebensmittel wie Brot, Milch und Säfte abzuschätzen, wurden von mehr als 500 Lebensmittelproben der Iodidgehalt bestimmt. Zusätzlich wurden 40 Probanden nach ihrem Essverhalten befragt und die tägliche Iodidaufnahme berechnet und ausgewertet.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Auswahl und Sammlung der Lebensmittel

Beginnend im Dezember 2003, wurden über einen Zeitraum von 14 Monaten 510 Lebensmittelproben in verschiedenen Supermärkten und Getränkekettchen deutschlandweit gesammelt.

Bei den Supermarktketten handelte es sich um Aldi, Edeka, Lidl, Marktkauf, Netto, Norma, Penny, Plus, real, Sky, Spar, Selgros und Metro. Zusätzlich wurden Getränkeproben bei den in ganz Deutschland vertretenen Getränkekettchen Hoffmann und Markgrafen gekauft. Diese Einkäufe erfolgten in Mecklenburg/ Vorpommern, Berlin, Brandenburg und Bayern.

Insgesamt wurden 383 Getränkeproben auf ihren Iodidgehalt untersucht. Dabei handelte es sich um 170 Proben verschiedener Säfte, 152 Bierproben, 33 Proben diverser Mineralwässer und 28 Proben sogenannter Softdrinks.

Außerdem wurden 63 verschiedene Brot -, 14 Milch -, 40 Milchprodukteproben sowie zehn verschiedene Lebensmittel wie Brotaufstriche, Obst, Sojamilch und Rotwein getestet.

Nach Einkauf der Lebensmittel wurden Einkaufsort, Einkaufsdatum, Verfallsdatum sowie Produktname und Herstellungs firma dokumentiert. Anschließend wurden Proben des jeweiligen Lebensmittels in Monovetten gefüllt, luftdicht verschlossen und nummeriert. Lediglich bei Brotproben wurden zwei Scheiben je Brot in Tiefkühlgefriertüten verpackt. Alle Lebensmittelproben wurden bis zur Weiterverarbeitung im Labor bei kälter als mindestens – 20 °C gelagert.

2.2 Bestimmung des Iodidgehaltes der Lebensmittel

2.2.1 Allgemeine Bemerkungen zur Methodik

Die Bestimmung von Iodid in Lebensmitteln kann sich aufgrund der gering vorliegenden Konzentrationen problematisch gestalten. Es müssen Analyseverfahren eingesetzt werden, die in der Lage sind, auch Spuren von Iodid sicher zu quantifizieren.

Weiterhin kann Iod in unterschiedlichen Bindungsformen vorliegen. Die häufigste Form ist zumeist das Iodid. In Urin z.B. liegt fast ausschließlich Iodid vor. Der Iodgehalt kann in diesen Fällen als Iodidgehalt angegeben werden. Es gibt allerdings auch Ausnahmen.

Bei der Verwendung von iodiertem Speisesalz wird neben Iodid auch Iodat eingesetzt. Dieses wandelt sich zwar spontan in Iodid um, es können aber durchaus nennenswerte Iodatkonzentrationen auftreten. Neben anorganischen Iodverbindungen muss darüber hinaus mit organischen Iodverbindungen gerechnet werden. Diese werden zumeist nicht detektiert, können aber durch Aufschlüsse der Probenmatrix in eine messbare Form überführt werden. Bei der Interpretation von ermittelten Iodidgehalten in biologischem Material und Lebensmitteln muss folglich auch über das verwendete Analysenverfahren diskutiert werden. Dies sollte unter folgenden Gesichtspunkten geschehen:

- Detektion des Iodids (Messmethode)
- Aufschluss der organischen Probenmatrix bzw. Isolierung des Iodids aus der Probenmatrix (Extraktion)

Der Iodidgehalt von Lebensmitteln liegt etwa in einer Größenordnung von 1 - 500 µg I⁻ / l. Häufig werden Gehalte unter 10 µg I⁻ / l (bzw. µg I⁻ / kg) gefunden. Der Iodidgehalt unterscheidet sich in verschiedenen Materialien deutlich und kann darüber hinaus regional unterschiedlich stark schwanken.

Damit liegt der Iodidgehalt von Lebensmittel teilweise unter dem Iodidgehalt von humanem Urin. Typische Iodidgehalte von menschlichem Urin liegen in der Größenordnung von 50 - 300 µg I⁻ / l.

Um eine solche sichere quantitative Bestimmung geringer Iodidmengen durchzuführen, stehen nur wenige analytische Methoden zur Verfügung.

Lange Zeit war die Methode nach Sandell und Kolthoff (Cer - Arsenit - Methode) das einzige in Frage kommende Analyseverfahren. Modifikationen dieser Methode haben sich als Standardmethode bei der Bestimmung der renalen Iodexkretion entwickelt. (48, 52, 70, 71, 82, 90)

Allerdings ist die Cer - Arsenit - Methode als kinetische Methode sehr störanfällig. Gemessen wird der konzentrations-, temperatur- und zeitabhängige katalytische Effekt von Iodid auf die Redoxreaktion von gelbem Cer - (IV) und Arsen - (III) zu farblosem Cer - (III) und Arsen - (V). Substanzen, die diese Reaktion beeinflussen, führen zu einer Verfälschung des Analyseergebnisses. Katalytisch wirkende Verbindungen täuschen somit einen höheren Iodidgehalt vor. Unter dem Einfluss hemmender Substanzen können falsch niedrige Messergebnissen zustande kommen.

Bei der Untersuchung von Urin, der aus analytischer Sicht eine einfache, relativ konstante organische Matrix aufweist, kann der Störeinfluss durch einen sauren, oxidativen Aufschluss minimiert werden, so dass die Sandell - Kolthoff - Methode problemlos einsetzbar ist.

Die Anwendung dieser Methode bei der Untersuchung von Proben mit stark schwankender organischer Matrix wie z.B. Lebensmittelproben gestaltet sich schwieriger. Eine Beseitigung der Störstoffe während der Probenvorbereitung ist von entscheidender Bedeutung, um Unregelmäßigkeiten während der Detektion zu vermeiden. Ein in einer Probenmatrix eingesetztes Verfahren kann nicht ohne weiteres auf eine andere Probenmatrix übernommen werden. Der oxidative Aufschluss nach Lorenz - Wawschinek erreicht bei Proben mit hohem organischem Anteil häufig keine vollständige Mineralisierung. Dies führt zu Überbefunden bei der Untersuchung von Lebensmitteln. Häufig wird deshalb ein alkalischer Aufschluss für die Untersuchung von Lebensmitteln eingesetzt, der nicht zu Überbefunden führt. Fraglich bleibt, ob dadurch alle Einflussgrößen der Cer - Arsenit - Methode beseitigt werden können. (71, 82, 90)

Neben der Cer - Arsenit - Methode sind inzwischen weitere Verfahren zur Spurenbestimmung von Iodid in biologischen Materialien entwickelt worden. Diese Methoden beruhen auf der HPLC (High Performance Liquid Chromatography) in Kopplung mit elektrochemischer Detektion und auf der ICP - MS (Induktiv gekoppeltes Plasma mit massenspektrometrischer Detektion).(13, 43, 74)

Generell gilt, dass beim Einsatz von verschiedenen Analysemethoden, gerade bei der Untersuchung von biologischem Material methodenbedingte Abweichungen der Analysenergebnisse auftreten. Dieser Umstand ist auch bei der Iodidbestimmung bekannt. Bis dato gibt es keine Methode, die als „Goldstandard“ für die Ermittlung des Iodidgehaltes von Lebensmitteln eingestuft werden kann. Erschwerend kommt hinzu, dass es mit Ausnahme von Milchpulver keine zertifizierten Referenzmaterialien für Iodid gibt. Dies erschwert die Validierung der Analysenmethoden zur Iodidbestimmung in Lebensmitteln. Eine Charakterisierung des Analysenverfahrens kann hier nur über die Ermittlung der analytischen Parameter wie Präzision, Wiederholbarkeit und Wiederfindungsraten erfolgen.

Ein weiteres Problem bei der Bestimmung des Iodidgehaltes ist das bereits erwähnte Vorliegen verschiedenen Oxidationsstufen. In biologischen Materialien muss neben anorganischem Iod auch mit organisch gebundenem Iod gerechnet werden. Je nach Probenaufschluss und Nachweismethode können unterschiedliche Bindungsanteile bestimmt werden. Bei dem oxidativen Aufschluss nach Wawschinek werden die Iodverbindungen in eine höhere Oxidationsstufe überführt. Anschließend werden sie zu Iodid reduziert, welches

dann mittels Sandell - Kolthoff - Methode quantitativ bestimmt wird. Damit kann neben bereits vorliegendem Iodid auch organisch gebundenes Iod und höhere Oxidationsstufen des Iods (z.B. Iodatzsätze im Speisesalz) als Iodid miterfasst und gemessen werden.

Beim Einsatz des alkalischen Aufschlusses geht man davon aus, dass organisch gebundenes Iod miterfasst wird. Ob hier eine Bestimmung höherer Oxidationsstufen des Iods auch möglich ist, bleibt ungeklärt. (14, 35) Im Falle der Verwendung von Extraktionsverfahren (43, 67) wird ausschließlich Iodid erfasst. Dies gilt insbesondere, wenn die HPLC mit elektrochemischer Detektion zur Quantifizierung eingesetzt wird. (71, 72, 82, 90)

In den durchgeführten Untersuchungen wurde sich für ein Analysenverfahren entschieden, welches eine alkalische Extraktion mit Hilfe eines Ionenpaarreagenzes mit chromatographischer Abtrennung von Störstoffen und einer empfindlichen, selektiven Detektion durch einen elektrochemischen Detektor verbindet. Die Eignung des Analysenverfahrens für die Bestimmung von Iodid in Lebensmittel wurde durch die Untersuchung eines Referenzmaterials und die Erhebung analytischer Kenngrößen nachgewiesen.

2.2.2 Methodenvergleich

Zum Zwecke des Methodenvergleichs erfolgte bei den ersten zehn Proben eine Bestimmung des Iodidgehaltes mit der Cer - Arsenit - Methode nach Sandell - Kolthoff modifiziert nach Lorenz - Wawschinek im Vergleich zur HPLC. (14, 52, 71, 72, 90)

Tabelle 1: Bestimmung des Iodidgehaltes der Proben 1 bis 10 nach Lorenz – Wawschinek

Probe		HPLC µg/l	Wawschinek Mess 1 µg/dl	Wawschinek Mess 2 µg/dl
1	Saft	<1		
2	Saft	19,2	145	
3	Saft	<1	154	
4	Saft	2,48	114	66,2
5	Saft	5,73	97,6	81,5
6	Saft	<1	83,1	69,1
7	Saft	12,19	81,6	79,8
8	Saft	1,94		
9	Saft	1,84		
10	Saft	<1		

Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass sich bei der Methode nach Wawschinek deutlich höhere Werte finden als bei der Iodidbestimmung mittels HPLC. Als mögliche Ursache wird ein unzureichender Aufschluss der Probenmatrix angenommen.

2.2.3 Cer - Arsenit - Methode nach Lorenz - Wawschinek

Die Cer – Arsenit - Methode nach Lorenz - Wawschinek wird folgendermaßen durchgeführt: 500 µl flüssiges Probenmaterial und 500 µl Veraschungslösung werden in einem hohen Reagenzglas mit Schliffstopfen bei 95 °C eine Stunde erhitzt. Nach dem Abkühlen werden 5 ml Arsenitlösung zupipettiert. Das Ganze mischt man mindestens fünf Sekunden bis zur vollständigen Durchmischung. Nach 15 Minuten werden 250 µl Cer (IV) - sulfatlösung im 30 - Sekunden - Takt hinzugegeben. Dabei ist eine exakte Durchmischung wichtig. Genau zehn Minuten nach der Cer (IV) - sulfatzugabe zur ersten Probe wird die Extinktion bei 405 nm gemessen. Dies erfolgt im 30 - Sekunden - Takt. Hierfür wird ein Photometer (ECOM 6122, Eppendorf) mit Absaugküvette und eine Stoppuhr benutzt.

Die Kalibrierkurve wird durch nichtlineare Approximation an eine Exponentialkurve per Computer berechnet und als Funktion sowie grafisch dargestellt. Gleichzeitig werden die berechneten Ergebnisse angezeigt und ausgedruckt.

Veraschungslösung: 250 g Natriumchlorat und 147 ml Perchlorsäure wurden in Wasser gelöst und auf 1000 ml mit Wasser aufgefüllt; bei Raumtemperatur war die Lösung mindestens 4 Wochen haltbar.

Arsenitlösung: 12,992 g Natrium-m-Arsenit wurden mit 30 g Natriumchlorid in Wasser gelöst, mit 120 ml Schwefelsäure (40%) versetzt und auf 1000 ml mit Wasser aufgefüllt; bei Raumtemperatur war die Lösung mindestens vier Wochen haltbar.

Cer (IV) - Sulfatlösung: die Lösung (0,1mol/ l in Schwefelsäure, Fluka) wurde gebrauchsfertig bezogen.

2.2.4 Probenvorbereitung für die HPLC mittels Festphasenextraktion (Getränkeproben)

Zur Bestimmung des Iodidgehaltes der Getränkeproben wurden C18-Festphasenextraktionssäulen (Macherey & Nagel, 3 ml (500 mg)) oder vergleichbares Material, das vorher auf seine Iodidfreiheit getestet wurde, mit 3 ml HPLC - reinem Methanol konditioniert und anschließend mit 3 ml destilliertem Wasser gespült (Tropfgeschwindigkeit: circa 2 Tropfen/ Sekunde). Es wurde darauf geachtet, dass die Säule während des Spül- und Konditionierungsvorganges nicht trocken lief.

Anschließend wurden 0,5 ml der Probe oder des Standard aufgetragen, das Eluat wurde verworfen. Von weiteren aufgetragenen 0,5 ml Probe oder Standard wurde das Eluat aufgefangen, die Säule lief dabei vorschriftsmäßig trocken (Tropfgeschwindigkeit: circa 1 Tropfen/Sekunde).

Die Bestimmung des Iodidgehaltes mittels HPLC und elektrochemischer Detektion erfolgte nach Punkt 2.2.8.

2.2.5 Probenvorbereitung für die HPLC mittels Fällung (Milch)

Bei der Vorbereitung der Milchproben zur Messung des Iodidgehaltes wurde 0,5 ml der Probe mit Trichloressigsäure gefällt. Nach zehn Minuten Standzeit erfolgte die Abzentrifugierung.

Bei unzureichender Beseitigung der Milchmatrix, auffällig durch Störpeaks im Chromatogramm, wurde eine zusätzliche Fällung mit Ammoniumsulfat durchgeführt.

Die Bestimmung des Iodidgehaltes mittels HPLC und elektrochemischer Detektion erfolgte nach Punkt 2.2.8.

2.2.6 Probenvorbereitung für die HPLC mittels Fällung (Milchprodukte)

Bei den Milchprodukten wurden 5 g der jeweiligen Probe eingewogen und mit Trichloressigsäure gefällt. Nach einer Standzeit von zehn Minuten erfolgte die Abzentrifugierung. Vom Überstand wurde 1 ml abgenommen und hierzu 1 ml gesättigte Ammoniumsulfatlösung zugegeben. Der anfallende Niederschlag wurde erneut abzentrifugiert. Der Iodidgehalt des Überstandes wurde mittels HPLC und elektrochemischer Detektion nach Punkt 2.2.8 bestimmt.

2.2.7 Probenvorbereitung für die HPLC mittels Extraktion (feste Lebensmittelproben)

Bei der Untersuchung der festen Lebensmittel (z.B. Brot, Honig) wurden 10 g der jeweiligen Probe eingewogen und mit 40 ml doppelt konzentriertem Laufmittel versetzt.

Das Laufmittel setzte sich folgendermaßen zusammen: 40 % Acetonitril, 40 mmol Tetra - n - butylammoniumhydroxid, 20 mmol n - Octylamin, 40 mmol Kaliumdihydrogenphosphat und 0,2 mol Natriumchlorid je Liter. Der pH - Wert betrug 6,5.

Das Ganze wurde mittels Stomacher 400 circulator (Seward, Vereinigtes Königreich) homogenisiert und anschließend abzentrifugiert. Im Überstand erfolgte die Bestimmung des Iodidgehaltes mittels HPLC und elektrochemischer Detektion nach Punkt 2.2.8.

Bei der Untersuchung von Spotproben (kurzfristige Probeuntersuchungen) wurden 100 mg des Lebensmittels in ein Zentrifugenglas eingewogen und 1 ml doppelt konzentriertes Laufmittel hinzugegeben. Die Proben wurden mittels Ultraschallprozessor UP 200S (Sonotrode S2 2 mm, Hielscher GmbH, Deutschland) homogenisiert und anschließend abzentrifugiert. Die Quantifizierung des Iodidgehaltes erfolgte wieder gemäß Punkt 2.2.8.

2.2.8 Bestimmung des Iodidgehaltes mittels HPLC und elektrochemischer Detektion

Als Grundlage bei der HPLC dient die Ionenpaarchromatographie an C18-Material (reversed phase chromatography). (65) Iodid bildet mit einem Ionenpaarreagens (Tetra-n-butylammoniumhydroxid) ein Ionenpaar, das chromatographisch von Probenbestandteilen getrennt und anschließend selektiv mittels elektrochemischer Detektion quantifiziert wird.

Die HPLC - Anlage besteht aus einem Aspec XLi Autosampler (Abimed, Deutschland), einer flußgesteuerten HPLC - Pumpe FLOM 301 (PEEK Ausführung, FLOM Corporation, Japan), einem Laufmittelentgaser DG1310 (Gamma Analysentechnik GmbH, Deutschland), einem Pulsdämpfer (esa, Deutschland) und einem elektrochemischen Detektor (Coulochem II ECD) mit Messzelle 5040 und Goldelektrode (Bischoff Chromatography, Deutschland).

Die Detektion erfolgte bei +200 mV und bei 0 mV. Als Trennsäule diente eine Luna C18(2), 4,6 x 150 mm, 5 µm mit SecurityGuard (phenomenex, Deutschland).

Es wurden jeweils 25 µl Probenmenge injiziert. Die Flußgeschwindigkeit betrug 1 ml/ Minute. Als Laufmittel diente eine Mischung aus 20 % Acetonitril und 80 % gepufferter Ionenpaarreagens. Zur Herstellung des Ionenpaarreagenzes wurden 20 mmol Tetra-n-butylammoniumhydroxid, 10 mmol n-Octylamin, 20 mmol Kaliumdihydrogenphosphat und

0,1 mol Natriumchlorid in einem Liter deionisiertem Wasser gelöst. Der pH - Wert wurde mittels verdünnter Phosphorsäure (ca. 4 %) auf 6,5 eingestellt. (14, 76)

2.2.9 Qualitätssicherung und Quantifizierung

Zur Qualitätssicherung wurde bei der Cer - Arsenit - Methode in jeder Kalibrierung mittels statistischer SAQ - Auswertung (Summe der Abweichungsquadrate) die Abweichung der Kalibrierwerte von den theoretisch berechneten Kalibrierwerten ermittelt. Überschritten die Extinktionswerte die Grenzen von $\pm 5 \%$, wurde die gesamte Messreihe wiederholt.

Außerdem wurde ein Kontrollstandard (20 $\mu\text{g}/\text{dl}$) pro Messreihe mitgeführt. Weiterhin wurde in jeder Messserie eine Probe mit bekanntem Iodidgehalt mitgeführt. Die Werte des Kontrollstandards und der Probe wurden in Kontrollkarten eingetragen und mussten innerhalb der Qualitätsparameter liegen. Andernfalls wurde die Messung wiederholt.

Für die Validierung der HPLC - Methode einschließlich Probenvorbereitung wurden das zertifizierte Milchpulver des Community Bureau of Reference BCR 151 (Promochem, Deutschland) eingesetzt. Bei Messungen an verschiedenen Tagen wurden dabei die in Tabelle 1 wiedergegebenen Kenndaten ermittelt.

Tabelle 2: In zertifizierten Referenzmaterialien mit HPLC - ECD ermittelte Iodidgehalte

Milchpulver	Gehalt lt. Zertifikat	Gehalt bestimmt (n=10)	Wiederfindungsrate bei Zusatz der doppelten Iodmenge
	$\mu\text{g I/g}$ (%)	$\mu\text{g I/g}$ (%)	(%)
BCR 151	$5,35 \pm 0,14$ $(100 \pm 2,61)$	$5,66 \pm 0,60$ $(105,8 \pm 10,6)$	(96,8-104,1)

Für Probenmaterialien, bei denen zertifizierte Referenzmaterialien nicht zur Verfügung standen, wurden Wiederfindungsraten ermittelt werden. Diese lagen bei Milch im Bereich von 94,3 bis 107,2 %, bei Brot im Bereich von 96,7 bis 109,9 % und bei den Getränkeproben im Bereich von 95,5 bis 106,8 %.

Die Quantifizierung des Iodidgehaltes erfolgte nach der Kalibrierkurvenmethode und der Methode der einfachen Standardaddition.

Bei der Kalibrierkurvenmethode erfolgte die Aufnahme einer Kalibrierkurve, die den Konzentrationsbereich der zu messenden Proben abdeckte. Da bei der elektrochemischen Detektion das Detektorsignal nicht konstant war (eine Abnahme des Signals aufgrund von Verschmutzungen der Detektorelektrode war häufig), wurde nach jeweils sechs Proben ein Kalibrierstandard eingefügt. Mit Hilfe dieses Kalibrierstandards wurde die Kalibrierkurve in einem Iterationsverfahren für jede gemessene Probe angepasst. (67, 90)

Beim Standardadditionsverfahren bewährte sich eine Aufstockung der Probe mit einem Iodidgehalt von etwa der doppelten mittleren Konzentration der in der Probenart gefundenen Iodidmenge. Bei Getränkeproben wurde beispielsweise ein Standard von 10 µg/l in einem Verhältnis von 1:1 zugesetzt.

Die nach der Kalibrierkurvenmethode und dem Standardadditionsverfahren gemessenen Iodidgehalte durften nicht mehr als 10 % voneinander abweichen. Aus den Werten der Kalibrierkurvenmethode und der Standardaddition errechnete Wiederfindungsraten mussten im Bereich von 90 bis 110 % liegen. War dies nicht der Fall, wurden die Messungen wiederholt.

2.3 Probandenauswahl

Zur Untersuchung der Ernährungssituation, insbesondere der täglichen Iodidaufnahme, wurden bei 40 gesunden Probanden ein 7 - Tage - Verzehrprotokoll durchgeführt. (21) An der Studie waren 21 weibliche und 19 männliche Personen im Alter von 20 bis 73 Jahren beteiligt. Allen Probanden war gemein, dass sie zum Befragungszeitpunkt ihren Wohnsitz in Deutschland hatten, keine Schilddrüsen - oder Iodmedikation benötigten und bereit waren, an der Studie teilzunehmen.

2.4 Erhebung der Verzehrsdaten

Die 40 rekrutierten Probanden protokollierten über einen Zeitraum von sieben aufeinanderfolgenden Tagen alle von ihnen verzehrten Lebensmittel. Als Protokoll diente hierbei eine Vorlage, die der Ernährungssoftware „DGE - PC professional“ entnommen wurde (siehe Anhang). Aufgeführt waren die 109 laut DGE in Deutschland am häufigsten verzehrten Lebensmittel. Mit Hilfe einer Strichliste hielten die Probanden die Häufigkeit der

von ihnen verzehrten Lebensmittel fest. Am Ende der Woche addierten sie die Anzahl der Striche pro Lebensmittel. Jeder einzelne Strich eines Lebensmittels entsprach dabei der gebräuchlichen Kücheneinheit dieses Lebensmittels. Nicht in der Liste aufgeführte Lebensmittel konnten entsprechend selbständig ergänzt werden. (22)

Vor der Aushändigung der Unterlagen erfolgte mit jedem Proband ein persönliches Gespräch über die Protokollführung und zur Klärung eventueller Fragen. Am zweiten Tag der Erhebung wurde eine telefonische Absprache bezüglich eventuell aufgetretener Probleme durchgeführt. Während des gesamten Erhebungszeitraumes stand der Untersucher zur Klärung auftretender Fragen den Probanden telefonisch zur Verfügung. Eine Messung des Körpergewichts erfolgte am ersten und letzten Tag der Protokollführung.

2.5 Auswertung der Verzehrsdaten

Die Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe der „DGE - professional“ - Ernährungssoftware Version 2.70.010 (22).

Dafür wurden zuerst die Klientendaten (Name, Geschlecht, Alter, Körpergröße und Gewicht) unter einer fortlaufenden Klientennummer gespeichert. Der entsprechende BMI wurde dann durch die Software ermittelt. Anschließend wurde der gewählte Standardplan (Standard = 109 Lebensmittel für Nicht - Vegetarier), die Dauer der Protokollführung (sieben Tage) und die Anzahl der eine Verzehrsliste führenden Personen (eine) eingegeben. Der nächste Schritt bestand in der Erfassung des Verzehrs jedes einzelnen Probanden. Dazu wurde der jeweilige Standardplan aufgerufen und die verzehrte Menge des aufgeführten Lebensmittels laut Verzehrsprotokoll eingetragen. Für nicht auf der Liste befindliche Lebensmittel bestand die Möglichkeit, diese Mittels Codenummer oder Suchbegriff aus dem im Programm enthaltenen Bundeslebensmittelschlüssel (Version II.3) herauszusuchen.

Daraufhin erfolgte durch die Software eine automatische Auflistung der Menge der wichtigsten Nährstoffe, die innerhalb der sieben protokollierten Tage von den Probanden aufgenommen wurden. Über ein Analyseprogramm bestand dann die Möglichkeit, die Tabelle des Gesamtverzehrs, ein Ergebnisformular mit Balkendiagramm zum Vergleich der Ist – Werte der Nährstoffzufuhr mit den empfohlenen Mengen der DGE und ein Auswertungsschreiben für die Probanden zu erstellen. Wir beschränkten uns in unserer Studie auf die Auswertung der Iodidaufnahme der einzelnen Probanden.

2.6 Statistische Methoden

Bei der Auswertung der erhobenen Iodidwerte aller Lebensmittelproben erfolgte zunächst eine Aufteilung in verschiedene Lebensmittelgruppen, zu denen Getränke, Milchen, Milchprodukte, Brot und Varia zählten. Die Gruppe der Getränke unterteilte sich in Fruchtsaftgetränke, Biere, Softdrinks und Mineralwässer. Mit Ausnahme der Varia bestand jede Lebensmittelgruppe aus mindestens zwei Chargen, jede Charge wiederum aus mindestens zwei Proben. Die Chargen wurden anhand der Haltbarkeitsdaten der Lebensmittel eingeteilt. Bei den Varia handelte es sich um zehn Proben verschiedener fester und flüssiger Lebensmittel.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mithilfe des Computerprogramms SPSS, Version 15.0. Folgende Lage - und Streuparameter wurden zur Datenbeschreibung ermittelt: Mittelwert, Median, Standardabweichung, Minimum, Maximum und das 95 % - Konfidenzintervall. Aufgrund der Einteilung aller Proben in jeweils eine definierte Charge, wurde eine Prüfung auf Normalverteilung nicht durchgeführt. (75)

Bei den Signifikanzberechnungen innerhalb der einzelnen Lebensmittelgruppen wurde zuerst der Kruskal - Wallis - Test durchgeführt. War $p < 0,05$, so war von signifikanten Unterschieden zwischen einzelnen Chargen auszugehen. Daraufhin wurde mithilfe des Mann - Whitney - Tests ($p < 0,05$) differenziert, zwischen jeweils welchen Chargen innerhalb einer Lebensmittelgruppe signifikante Unterschiede bestanden.

Bei der Auswertung der Iodidaufnahme war eine Aufgliederung der Probanden in verschiedene Gruppen sinnvoll. Es erfolgte zunächst eine Aufteilung nach Geschlecht. Die Gruppe der weiblichen Probanden ($n = 21$) war dabei unwesentlich größer als die der männlichen ($n = 19$). Dann erfolgte die Aufteilung der Probanden nach Alter. Es gab vier verschiedene Altersgruppen. Elf Teilnehmer waren zwischen 20 und 25 Jahre alt. Die Gruppe der 26 - bis 50Jährigen bestand aus 20 Teilnehmern. Bei der Gruppe der 51 - bis 65Jährigen gab es vier Probanden, bei den 66 - bis 75 -Jährigen waren es fünf Probanden.

Die Auswertung der Iodidaufnahme erfolgte außerdem nach Bildungsgrad der Probanden. Dabei war die Anzahl der Teilnehmer mit Hochschulabschluss ($n = 26$) höher als derjenigen ohne Hochschulabschluss ($n = 14$). Zusätzlich erfolgte die Einteilung der Probanden in verschiedene „Gewichtsklassen“, aufgestellt nach den Leitlinien der WHO. Hierbei wurde der jeweilige BMI der Teilnehmer berücksichtigt. (83) Probanden mit einem BMI kleiner als 18,5 galten als untergewichtig. Dies traf auf drei Teilnehmer zu. Als normalgewichtig galten

alle Probanden mit einem BMI zwischen 18,5 und 24,9. Dies traf auf die meisten Teilnehmer zu (n = 25). Außerdem gab es die Gruppe der Übergewichtigen mit einem BMI größer als 24,9. Hiervon waren 12 Teilnehmer betroffen.

Es wurden dann für die Gesamtheit aller Probanden und für die oben aufgeführten Gruppen jeweils die Daten der deskriptiven Statistik (Minimum, Maximum, Standardabweichung und Mittelwert) für die tägliche Iodidaufnahme berechnet.

3 ERGEBNISSE

3.1 Iodidgehalt der Lebensmittel

3.1.1 Allgemeines

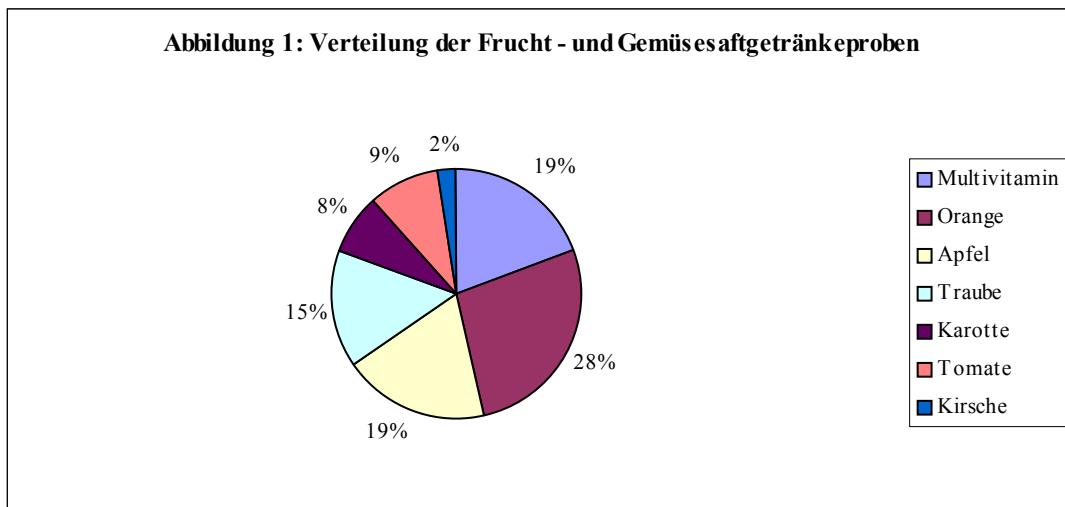
Untersucht wurden 510 Lebensmittelproben, die sich in acht verschiedene Lebensmittelgruppen aufteilten: Frucht - und Gemüsesaftgetränke, Bier, Softdrinks, Mineralwasser, Milch, Milchprodukte, Brot und Varia. Alle Lebensmittelgruppen wiederum wurden (bis auf die Varia) in mindestens zwei bzw. höchstens zehn Chargen unterteilt. Jede Charge war durch einen exakt definierten Zeitraum, der sich nach dem Haltbarkeitsdaten der jeweiligen Lebensmittel richtete, abgegrenzt. Jede Lebensmittelprobe wurde so je nach Lebensmittelgruppe und Haltbarkeitsdatum einer Charge zugewiesen. Eine Charge bestand aus mindestens zwei, höchsten 35 Proben. Die Zusammensetzung der einzelnen Chargen ist Tabelle 6 (Anhang) zu entnehmen.

Von den 510 untersuchten Lebensmittelproben waren circa 75 % Getränkeproben, die sich wiederum aus Frucht - und Gemüsesaftgetränken, Bier, Softdrinks und Mineralwasser zusammensetzten. Die Frucht - und Gemüsesaftgetränke sowie die Bierproben nahmen hierbei den größten Anteil ein. Brotproben machten circa 12 %, Milchprodukteproben etwa 7,9 % aller untersuchten Lebensmittel aus. Den kleinsten Anteil machten mit etwas weniger als 3 % die Iodidproben der Milchen aus.

Die Werte der deskriptiven Statistik (Minimum, Maximum, Median, Mittelwert, Standardabweichung und 95% - Konfidenzintervall) sind im Anhang in Tabelle 6 aufgeführt. Die graphische Darstellung der einzelnen Messreihen (Chargen) erfolgte anhand von Box - Whisker - Plots. Diese werden auf Basis des jeweiligen Medianwertes, der 25 % - und 75 % - Quantile („Box“) und des Mini - und Maximalwertes („Whiskers“) konstruiert. Das Kreissymbol (°) kennzeichnet die Ausreißer, das Sternchensymbol (*) markiert Extremwerte der jeweiligen Messreihen. Eine Ausnahme bildete die graphische Darstellung der Varia. Hier wurden die Einzelwerte anhand von Säulendiagrammen dargestellt.

3.1.2 Iodidgehalt von Frucht - und Gemüsesaftgetränken

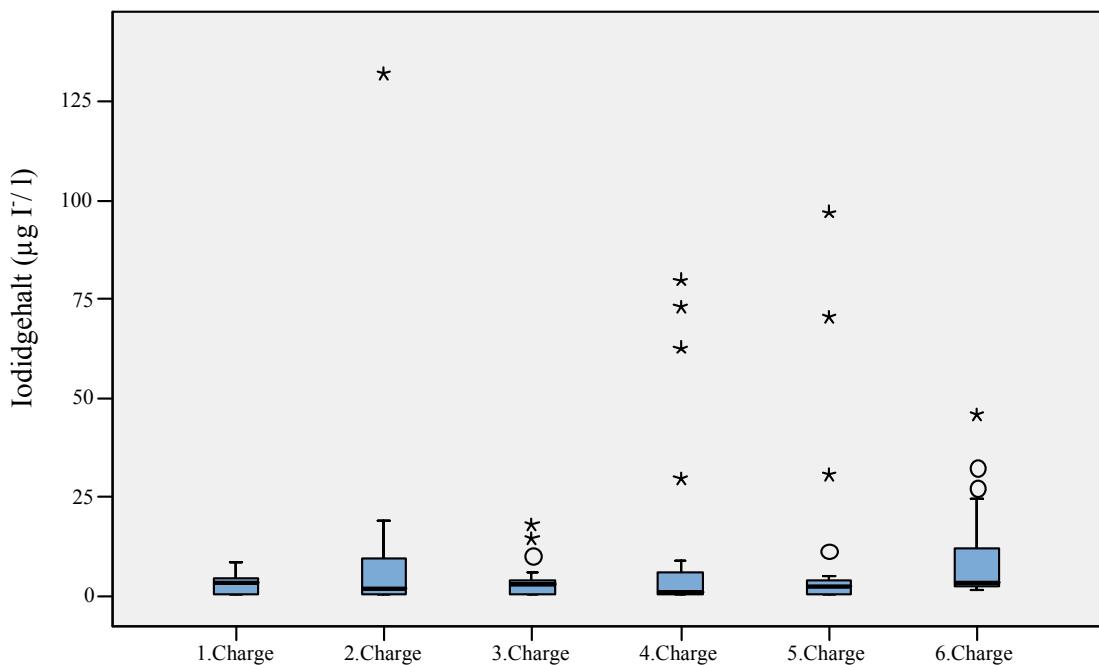
Es wurden insgesamt 170 Proben von Frucht - und Gemüsesaftgetränken auf ihren Iodidgehalt untersucht. Diese verteilten sich auf insgesamt auf sechs unterschiedliche Chargen. Dabei waren fast ein Drittel aller Proben Orangensaftgetränke, jeweils 19 % der untersuchten Fruchtsaftgetränke waren Multivitamin - und Apfelfruchtsäfte. Weitere Proben wurden von verschiedenen Trauben-, Karotten -, Tomaten - und Kirschsaftgetränken erstellt. Die genaue Verteilung ist der Abbildung 1 zu entnehmen.



Der mittlere Iodidgehalt aller Saftproben lag bei $7,4 \pm 17 \mu\text{g I-} / \text{l}$. Alle Iodidwerte variierten zwischen < 1 und $132 \mu\text{g I-} / \text{l}$.

Der niedrigste mittlere Iodidwert mit $3,2 \pm 17 \mu\text{g I-} / \text{l}$ war bei der ersten Charge zu ermitteln. Der höchste mittlere Iodidwert mit $10,3 \pm 23,8 \mu\text{g I-} / \text{l}$ ergab sich bei der fünften Charge. Circa 28 % aller Frucht – und Gemüsesaftproben erzielten Iodidwerte, die unter der Detektionsgrenze von $1 \mu\text{g I-} / \text{l}$ lagen. Den höchsten Iodidgehalt mit $132 \mu\text{g I-} / \text{l}$ erzielte eine Tomatensaftprobe aus der zweiten Charge.

**Abbildung 2: Iodidgehalt von Frucht - und Gemüsesaftgetränken;
1. – 6. Charge**



(°) = Ausreißerwerte (*) = Extremwerte

In der dritten Charge zeigte sich ebenfalls eine relativ geringe Iodidkonzentration. Sie betrug im Mittel $3,6 \pm 4,5 \mu\text{g I}^- / \text{l}$. Die zweite und vierte Charge konnten höhere Iodidkonzentrationen aufweisen, die mittleren Iodidgehalte lagen bei $9 \pm 24,3 \mu\text{g I}^- / \text{l}$ bzw. bei $10 \pm 20,7 \mu\text{g I}^- / \text{l}$. In der sechsten Charge wurde ein mittlerer Iodidgehalt von $7,4 \pm 10,2 \mu\text{g I}^- / \text{l}$ ermittelt.

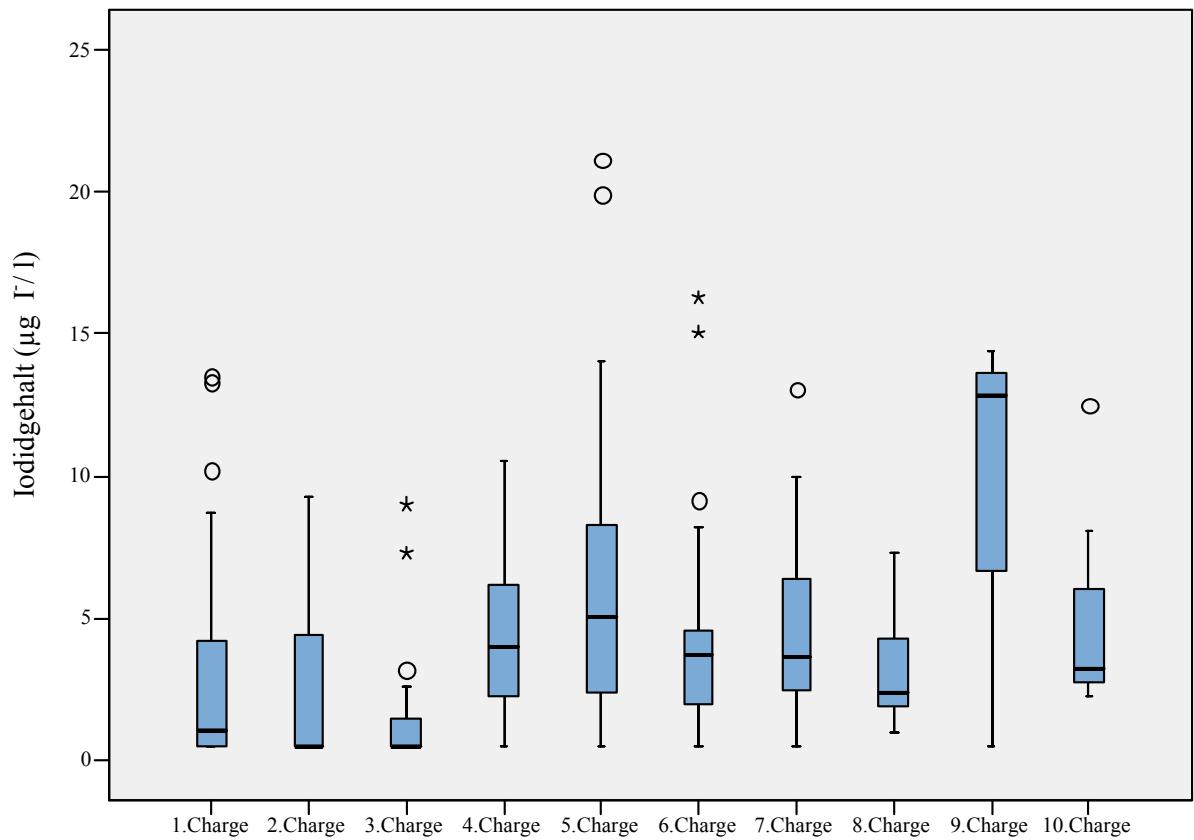
Im Vergleich der einzelnen Chargen zueinander gab es keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der medianen Iodidkonzentrationen ($p > 0,05$).

3.1.3 Iodidgehalt von Bier

Bei der Bestimmung des Iodidgehaltes von Bier wurden 152 Getränkeproben untersucht, die sich auf zehn verschiedene Chargen verteilten.

Der mittlere Iodidgehalt aller Proben lag bei $4,2 \pm 4,2 \mu\text{g I}^- / \text{l}$. Die Iodidwerte aller Bierproben variierten zwischen < 1 und $21,15 \mu\text{g I}^- / \text{l}$. Dabei zeigte sich in der neunten Charge ($n = 3$) mit $9,2 \pm 7,6 \mu\text{g I}^- / \text{l}$ der höchste mittlere Iodidgehalt. Die dritte Biercharge ($n = 20$) erzielte mit $1,6 \pm 2,4 \mu\text{g I}^- / \text{l}$ den niedrigsten mittleren Iodidgehalt.

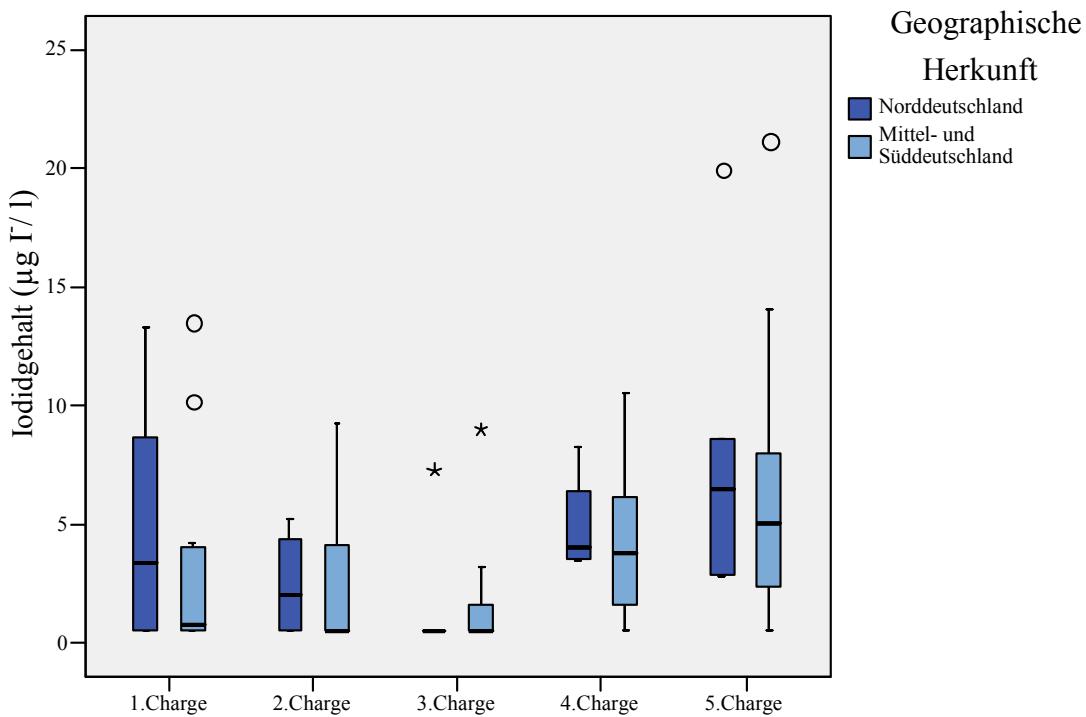
Abbildung 3: Iodidgehalt von Bier; 1.-10.Charge



(°) = Ausreißerwerte (*) = Extremwerte

Innerhalb der einzelnen Chargen zeigten sich signifikante Unterschiede bezüglich der medianen Iodidwerte (Kruskal - Wallis - Test; $p < 0,05$). Diese signifikanten Unterschiede wurden zwischen der ersten und fünften, der zweiten und vierten, der zweiten und fünften, der zweiten und sechsten, der zweiten und siebenten sowie der zweiten und zehnten Charge deutlich (Mann – Whitney - Test; $p < 0,05$). Weiterhin zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen der dritten und vierten, der dritten und fünften, der dritten und sechsten, der dritten und siebenten, der dritten und achten sowie zwischen der dritten und zehnten Charge (Mann - Whitney - Test; $p < 0,05$).

Abbildung 4: Iodidgehalt von Bier nach Produktionsstätte; 1.-5.Charge

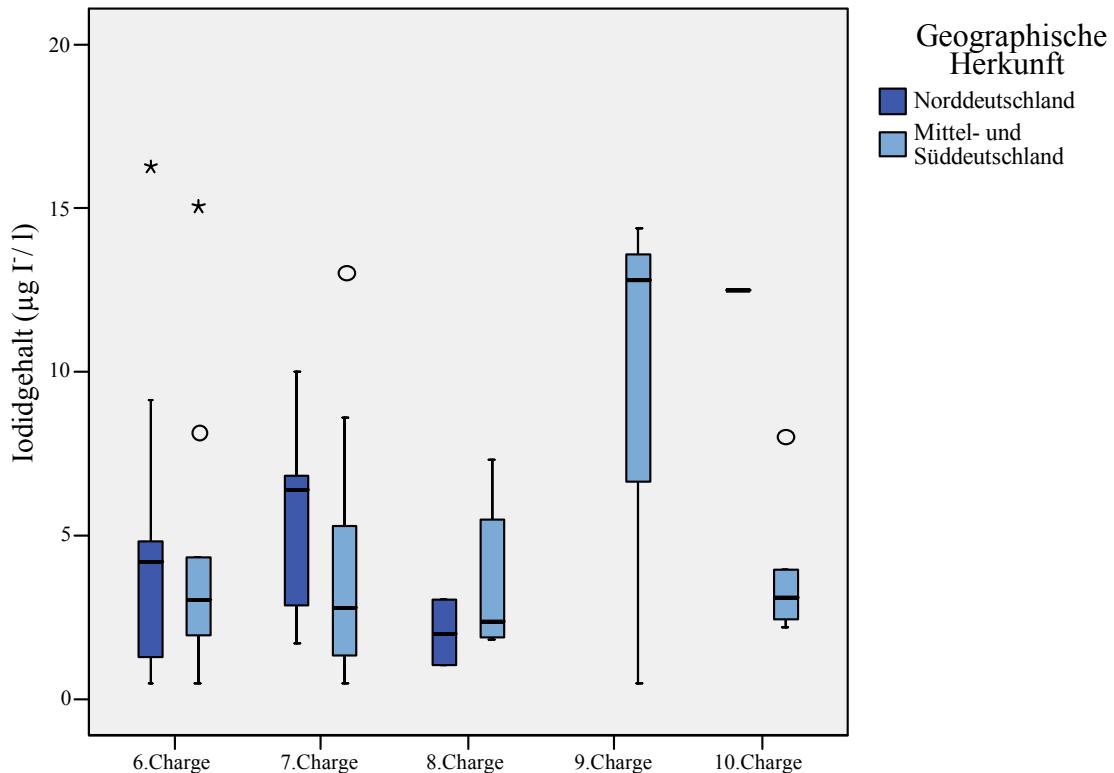


(°) = Ausreißerwerte (*) = Extremwerte

Bezüglich ihrer Produktionsstätten zeigten sich in der Tendenz höhere Iodidkonzentrationen bei Bieren aus dem norddeutschen Raum. Lediglich in der zweiten, dritten und achten Charge konnten im Durchschnitt bei den Bieren aus Mittel- und Süddeutschland minimal höhere Iodidwerte erreicht werden. Innerhalb der restlichen Chargen, mit Ausnahme der neunten Charge, die ausschließlich aus Bierproben aus dem mittel- und süddeutschen Raum bestand, erreichten die norddeutschen Biere im Mittel höhere Iodidgehalte. Besonders auffällig war dies beim Vergleich innerhalb der ersten und zehnten Charge. Betrug der mittlere Iodidgehalt bei den Proben mit norddeutscher Produktionsstätte bei der ersten Charge $5,3 \pm 5,6 \mu\text{g I- / l}$, so lagen die Mittelwerte der Proben aus den südlicheren Regionen bei $3,2 \pm 4,3 \mu\text{g I- / l}$.

Bei der zehnten Charge war die Differenz noch größer, ermittelt wurde ein durchschnittlicher Iodidgehalt von $12,5 \pm 0 \mu\text{g I- / l}$ bei den norddeutschen Bieren. Hingegen betrug der mittlere Iodidgehalt der Bierproben aus dem mittel- und süddeutschen Raum nur $3,8 \pm 2,2 \mu\text{g I- / l}$.

Abbildung 5: Iodidgehalt von Bier nach Produktionsstätte; 6.-10.Charge



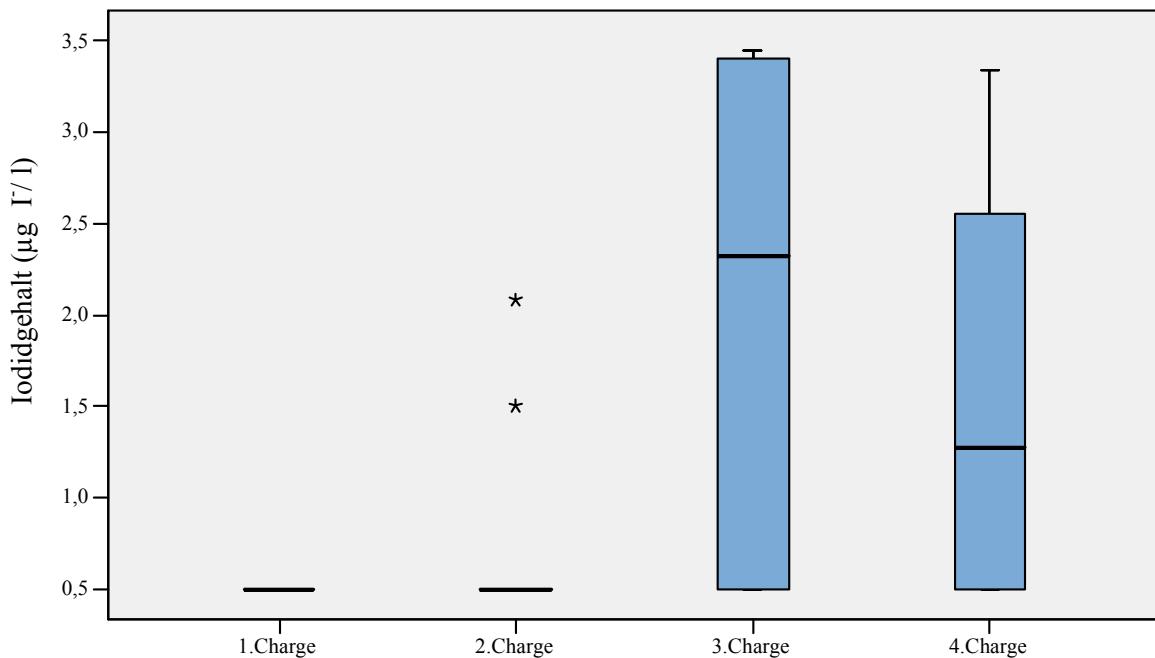
(°) = Ausreißerwerte (*) = Extremwerte

Hinsichtlich ihrer medianen Iodidkonzentrationen unterschieden sich die Iodidwerte der Bierproben aus Nord - bzw. Mittel - und Süddeutschland innerhalb der einzelnen Chargen nicht signifikant (Kruskal – Wallis - Test; $p > 0,05$). Jedoch ließ sich feststellen, dass der mittlere Iodidgehalt aller norddeutschen Bierproben ($n = 49$) bei $4,7 \pm 4,2 \mu\text{g I- / l}$ etwas höher als der aller Bierproben aus Mittel- und Süddeutschland ($n = 103$) lag. Dieser betrug $3,9 \pm 4,1 \mu\text{g I- / l}$.

Die genaue Aufteilung der Bierchargen nach Produktionsort ist Tabelle 7 (Anhang) zu entnehmen.

3.1.4 Iodidgehalt von Softdrinks

Abbildung 6: Iodidgehalt von Softdrinks; 1.-4. Charge



(*) = Extremwerte

Bei den Softdrinks wurden 28 Getränkeproben verteilt auf vier Chargen untersucht. Die ermittelten Iodidwerte lagen zwischen < 1 und 3,5 µg I⁻ / l. Der mittlere Iodidgehalt aller Softdrinkproben lag bei $1,2 \pm 1 \mu\text{g I}^- / \text{l}$.

Den höchsten Mittelwert erzielt die dritte Charge ($n = 6$) mit $2,1 \pm 1,4 \mu\text{g I}^- / \text{l}$, in der ersten Charge ($n = 6$) fand sich der niedrigste mittlere Iodidgehalt. Alle untersuchten Chargen wiesen Proben mit Werten unterhalb der Detektionsgrenze von < 1 µg I⁻ / l auf. Diese machten insgesamt etwa 60 % aller untersuchten Softdrinkproben aus.

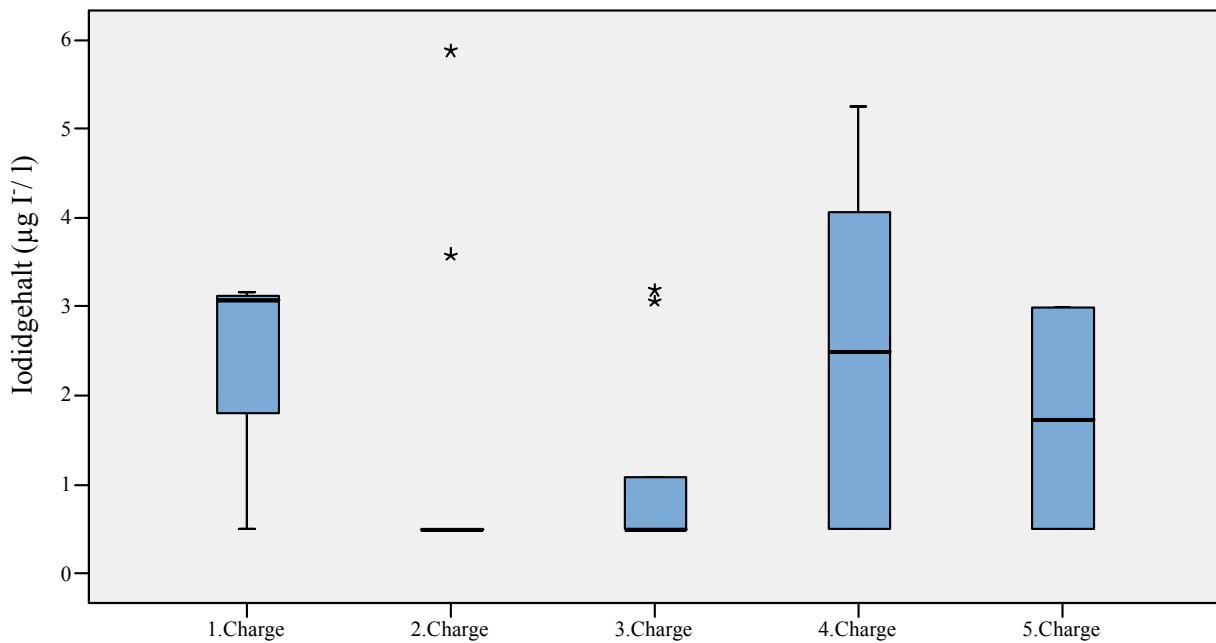
In der zweiten Charge ($n = 10$) betrug die mittlere Iodidkonzentration $0,8 \pm 0,6 \mu\text{g I}^- / \text{l}$, in der vierten Charge ($n = 6$) belief sie sich auf $1,6 \pm 1,2 \mu\text{g I}^- / \text{l}$.

Im Vergleich der einzelnen Chargen zueinander zeigten sich zwischen erster und dritter, erster und vierter sowie zwischen zweiter und dritter signifikante Unterschiede (Mann - Whitney - Test, $p < 0,05$).

3.1.5 Iodidgehalt von Mineralwasser

Beim Mineralwasser wurden 33 Proben innerhalb von fünf verschiedenen Chargen untersucht. Dabei lag die mittlere Iodidkonzentration aller Proben bei $1,8 \pm 1,7 \mu\text{g I}^- / \text{l}$.

Abbildung 7: Iodidgehalt von Mineralwasser; 1.-5.Charge



(*) = Extremwerte

Alle Iodidwerte lagen zwischen < 1 und $5,9 \mu\text{g I}^- / \text{l}$. Die erste ($n = 3$) und vierte Charge ($n = 10$) erreichten mit $2,3$ und $2,5 \mu\text{g I}^- / \text{l}$ die höchsten mittleren Iodidwerte.

In der zweiten Charge ($n = 9$) betrug die mittlere Iodidkonzentration $1,4 \pm 2 \mu\text{g I}^- / \text{l}$. In der dritten Charge ($n = 9$) war der mittlere Iodidgehalt $1,2 \pm 1,1 \mu\text{g I}^- / \text{l}$.

Im Vergleich der einzelnen Chargen zueinander gab es keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die medianen Iodidkonzentrationen (Kruskal - Wallis - Test; $p > 0,05$).

3.1.6 Iodidgehalt von Milch

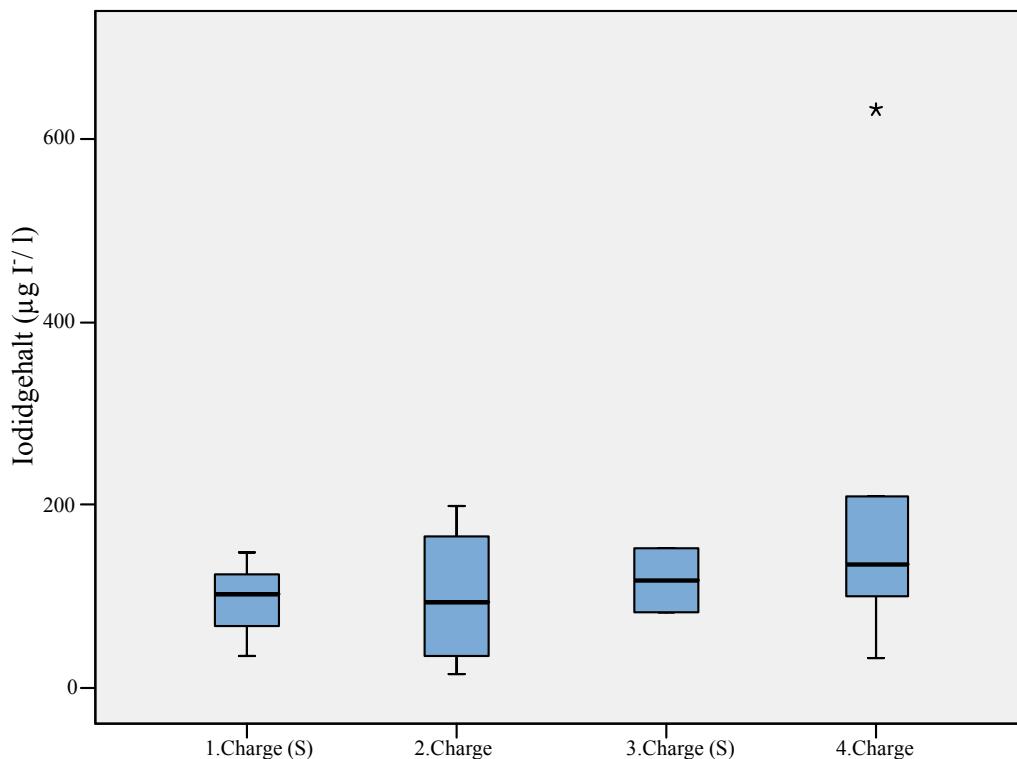
Bei den Milchen wurden 14 Proben verteilt auf vier Chargen hinsichtlich ihres Iodidgehaltes untersucht. Dabei zeigte sich insgesamt ein mittlerer Iodidwert von $144,6 \pm 152,6 \mu\text{g I}^- / \text{l}$. Alle Iodidwerte der Milchproben variierten zwischen 14,3 und $631,7 \mu\text{g I}^- / \text{l}$.

Den höchsten Mittelwert erzielt die vierte Charge ($n = 5$) mit $221,4 \pm 238,1 \mu\text{g I}^- / \text{l}$. Bei der ersten Charge ($n = 3$) zeigte sich mit $94,3 \pm 57,4 \mu\text{g I}^- / \text{l}$ der niedrigste mittlere Iodidgehalt.

Die zweite ($n = 4$) und dritte Charge ($n = 2$) der Milchen erreichten mittlere Iodidkonzentrationen von $99,5 \pm 82 \mu\text{g I}^- / \text{l}$ bzw. $117,6 \pm 49,3 \mu\text{g I}^- / \text{l}$.

Bei der ersten und dritten Charge handelte es sich um Sommermilchen. Die vierte Charge bestand sowohl aus Sommer - als auch aus Wintermilch. Die Proben der zweiten Charge bestanden aus Wintermilchen. Signifikante Unterschiede hinsichtlich der medianen Iodidkonzentration zwischen den einzelnen Chargen ließen sich nicht feststellen (Kruskal - Wallis - Test, $p > 0,05$).

Abbildung 8: Iodidgehalt von Milch



(*) = Extremwerte

(S) = Sommermilchen

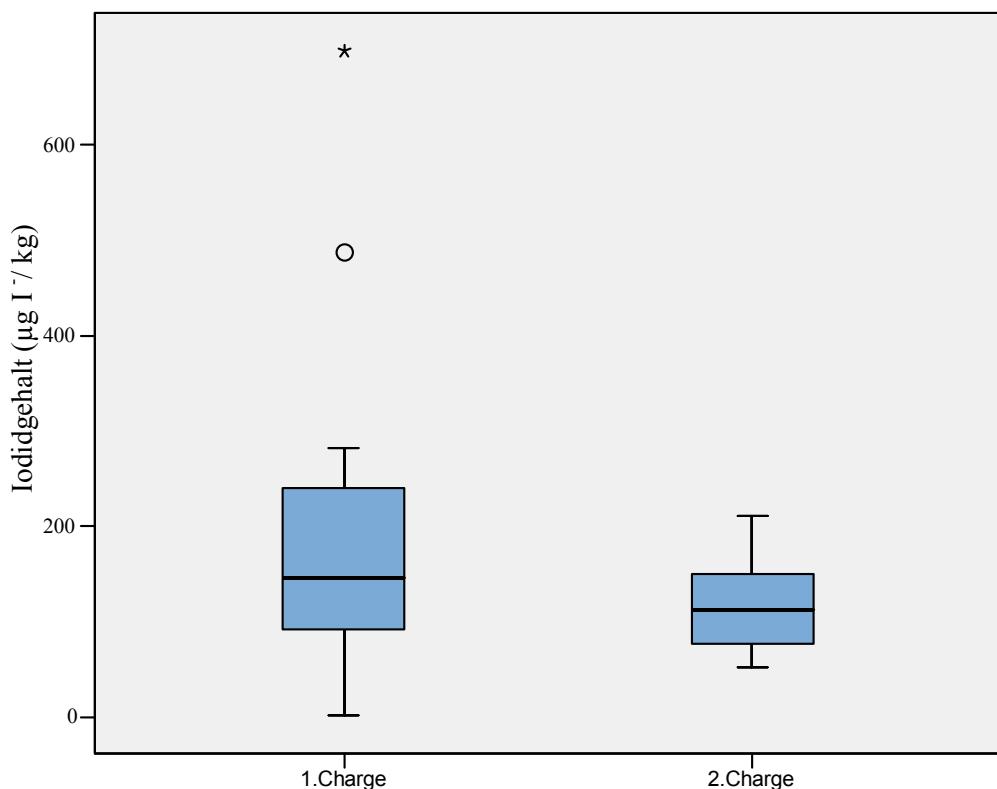
3.1.7 Iodidgehalt von Milchprodukten

Bei den untersuchten Milchprodukten wurden insgesamt 40 verschiedene Proben untersucht. Hierbei ergaben sich sowohl beim mittleren Iodidgehalt als auch beim Maximum die höchsten Werte aller untersuchten Lebensmittelproben.

Der mittlere Iodidgehalt betrug $155,6 \pm 124,4 \mu\text{g I}^- / \text{kg}$, die Iodidkonzentration aller Proben variierten zwischen < 5 und $698,7 \mu\text{g I}^- / \text{kg}$. Die höchste gemessene Iodidkonzentration erzielte hierbei ein probiotischer Joghurtdrink, dessen Wert insgesamt den höchsten von allen untersuchten Lebensmittelproben darstellte.

Die mittlere Iodidkonzentration der ersten Charge ($n = 15$) betrug $122,7 \pm 47,6 \mu\text{g I}^- / \text{kg}$, bei der zweiten Charge ($n = 25$) war diese $175,3 \pm 150,8 \mu\text{g I}^- / \text{kg}$.

Abbildung 9: Iodidgehalt von Milchprodukten



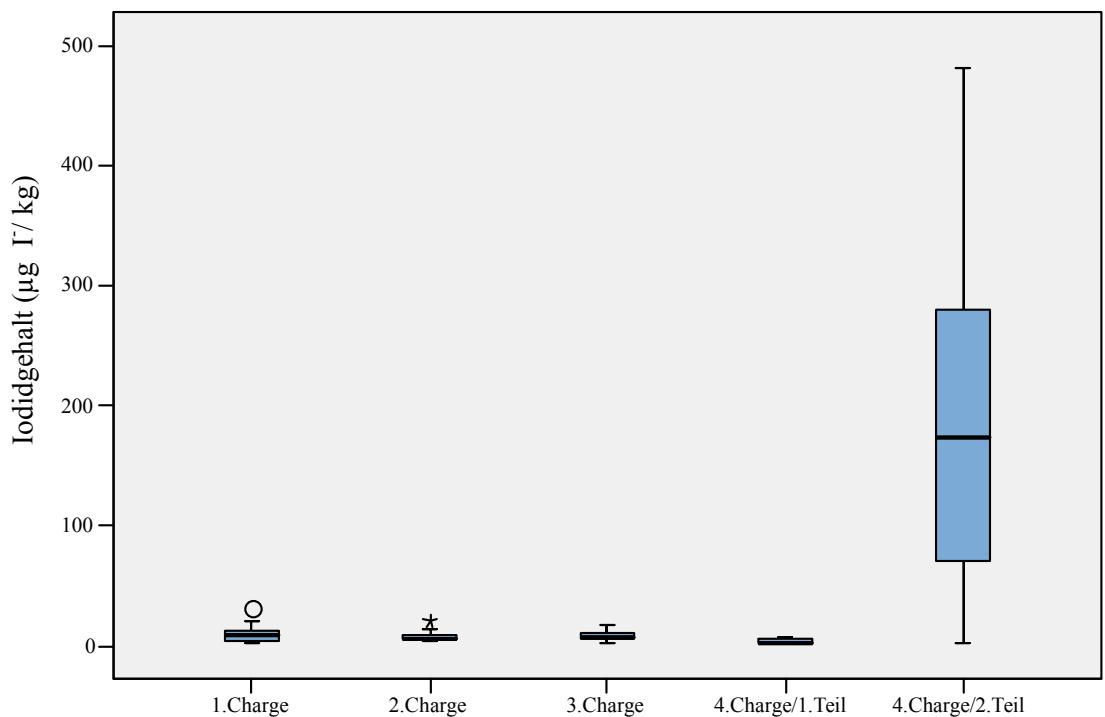
(°) = Ausreißerwerte (*) = Extremwerte

Unterschiede im Signifikanzniveau in Bezug auf die medianen Iodidkonzentrationen zwischen den zwei Chargen ließen sich nicht feststellen (Kruskal - Wallis - Test, $p > 0,05$).

3.1.8 Iodidgehalt von Brot

Es wurden 63 Brotproben untersucht. Diese verteilten sich auf insgesamt vier Chargen, wobei die vierte Charge in zwei Gruppen aufgeteilt wurde. Die zweite Gruppe der vierten Charge ($n = 25$) umfasste Proben, die ausschließlich aus bei Bäckereien erworbenen Brot bestanden. Vier von fünf der beteiligten Bäckereien gaben an, für ihre Produkte Iodsalz zu verwenden. Der Stichprobenumfang der Bäckerbrote erzielte die mit Abstand die höchsten Iodidwerte. Die mittlere Iodidkonzentration dieser Gruppe lag bei $178,2 \pm 134,3 \mu\text{g I- / kg}$, die ermittelten Iodidgehalte variierten zwischen < 5 und $481,4 \mu\text{g I- / kg}$.

Abbildung 10: Iodidgehalt von Brot; 1.-4.Charge



(°) = Ausreißerwerte (*) = Extremwerte

Die Gesamtheit aller Brotproben umfasste Iodidkonzentrationen zwischen < 5 und $481,4 \mu\text{g I- / kg}$. Die mittlere Iodidkonzentration lag bei $76,1 \pm 118,2 \mu\text{g I- / kg}$.

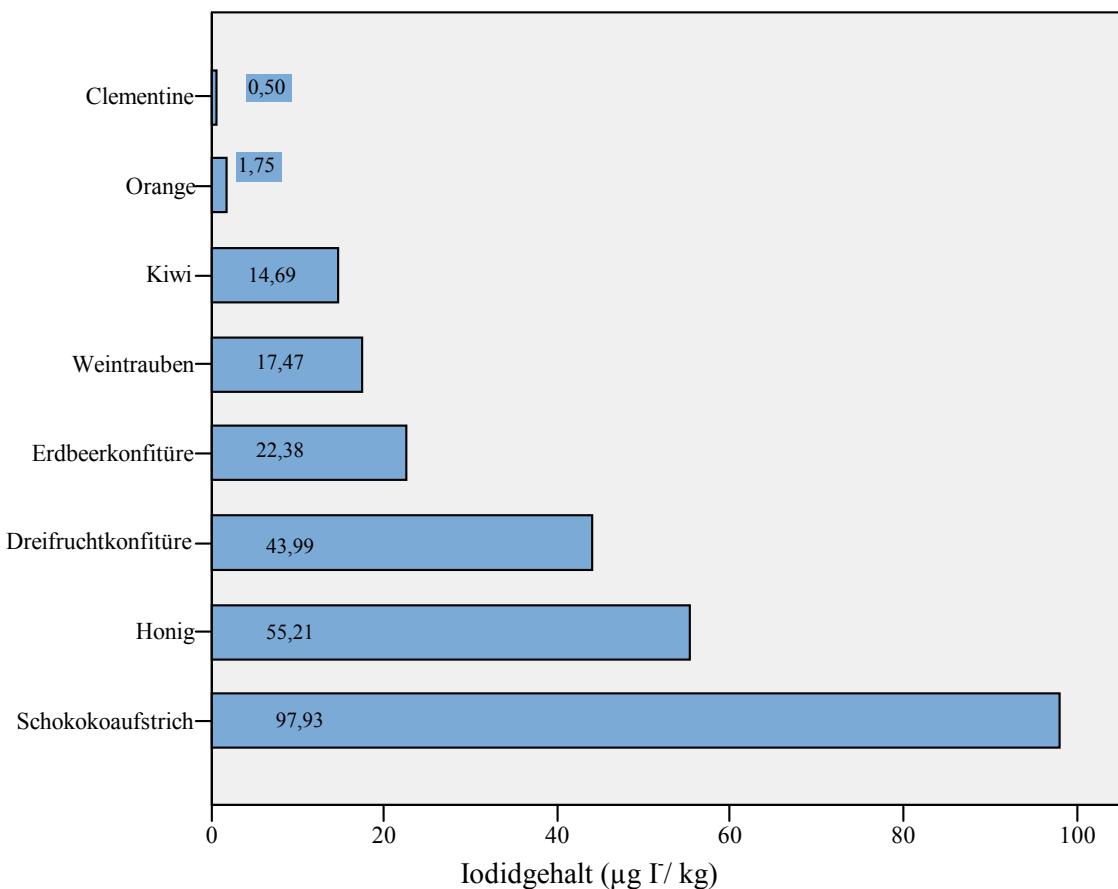
Die niedrigsten Werte erreichte der erste Teil der vierten Charge ($n = 4$). Der Mittelwert betrug $3,8 \pm 2,6 \mu\text{g I- / kg}$. Die zweite ($n = 10$) und dritte Charge ($n = 14$) erzielten ähnliche Iodidgehalte, sie betragen $8,7 \pm 5 \mu\text{g I- / kg}$ sowie $8,8 \pm 4,3 \mu\text{g I- / kg}$. In der ersten Charge ($n = 10$) reichten die Werte von < 5 bis $31,1 \mu\text{g I- / kg}$, der Mittelwert lag bei

$11,3 \pm 8,6 \mu\text{g I-} / \text{kg}$. Im Vergleich der einzelnen Chargen zueinander ergaben sich Signifikanzunterschiede zwischen der ersten Charge und dem ersten als auch zweiten Teil der vierten Charge. Zusätzlich zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen der zweiten und beiden Gruppen der vierten Charge, zwischen der dritten und dem zweiten Teil der vierten Charge sowie zwischen beiden Gruppen der vierten Charge.

3.1.9 Iodidgehalt von Varia

Untersucht wurde der Iodidgehalt von zehn unterschiedlichen Lebensmitteln. Dabei handelte es sich um Honig, zwei verschiedene Konfitürensorten, einen Schokoladenaufstrich, eine Kiwifrucht, Weintrauben, eine Clementine, eine Orangenfrucht, Sojamilch und chilenischer Rotwein. Die niedrigste Iodidkonzentration erzielte die Clementine spanischer Herkunft mit $< 1 \mu\text{g I-} / \text{kg}$, der höchste Wert ergab sich beim Schokoladenaufstrich, es wurden $97,9 \mu\text{g I-} / \text{kg}$ gemessen.

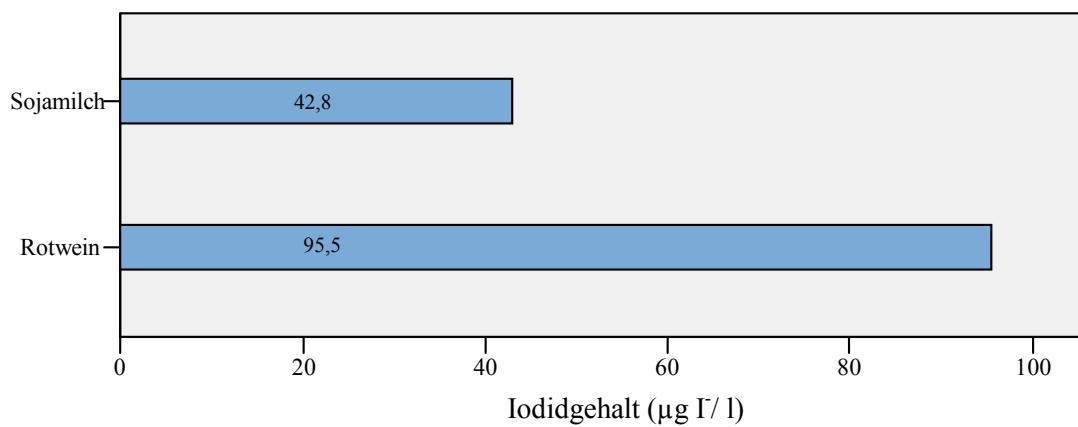
Abbildung 11: Iodidgehalt in Varia (feste Lebensmittel)



Die mittlere Iodidkonzentration der festen Lebensmittel innerhalb der Varia betrug $31,74 \pm 32,82 \mu\text{g I}^- / \text{kg}$.

Unter den untersuchten Varia gab es zwei Getränkeproben: chilenischer Rotwein und Sojamilch. Der Iodidgehalt von Rotwein betrug $95,5 \mu\text{g I}^- / \text{l}$ und von Sojamilch $42,8 \mu\text{g I}^- / \text{l}$. Die mittlere Iodidkonzentration der Getränke (Varia) lag bei $69,15 \pm 37,26 \mu\text{g I}^- / \text{l}$.

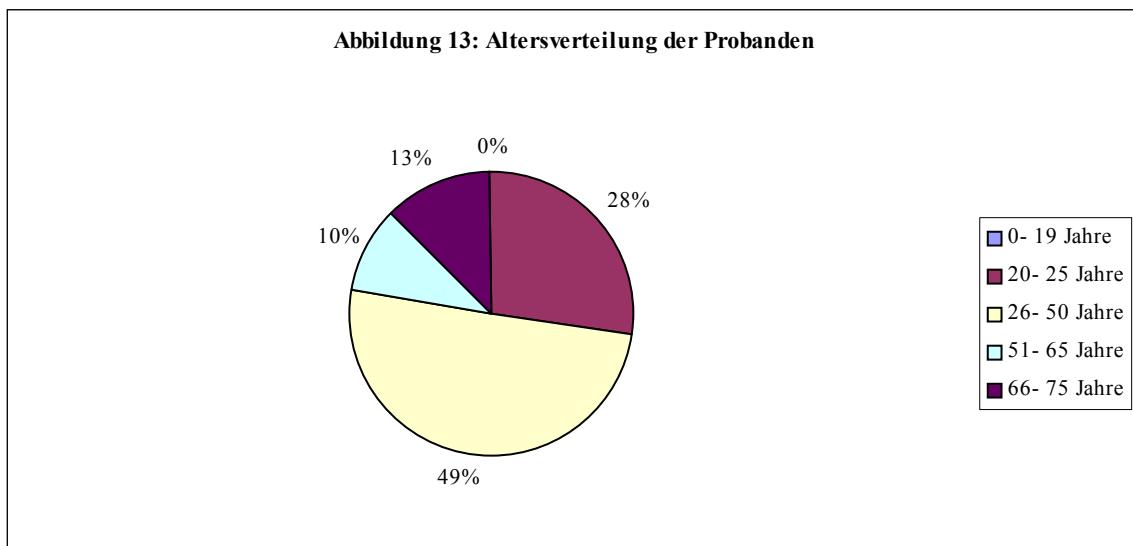
Abbildung 12: Iodidgehalt in Varia (Getränke)



3.2 Iodidzufuhr (Verzehrsprotokoll)

3.2.1 Probanden

In der Untersuchungsgruppe gab es 21 weibliche und 19 männliche Teilnehmer. Für das Alter aller 40 Probanden ergab sich ein Mittelwert von 37,8 Jahren, wobei fast Dreiviertel der Probanden älter als 25 Jahre waren. Zehn Prozent der Teilnehmer waren älter als 50 Jahre, circa 13 Prozent waren älter als 65 Jahre. Das Alter des jüngsten Probanden betrug 20 Jahre, die ältesten Teilnehmer waren 73 Jahre alt.



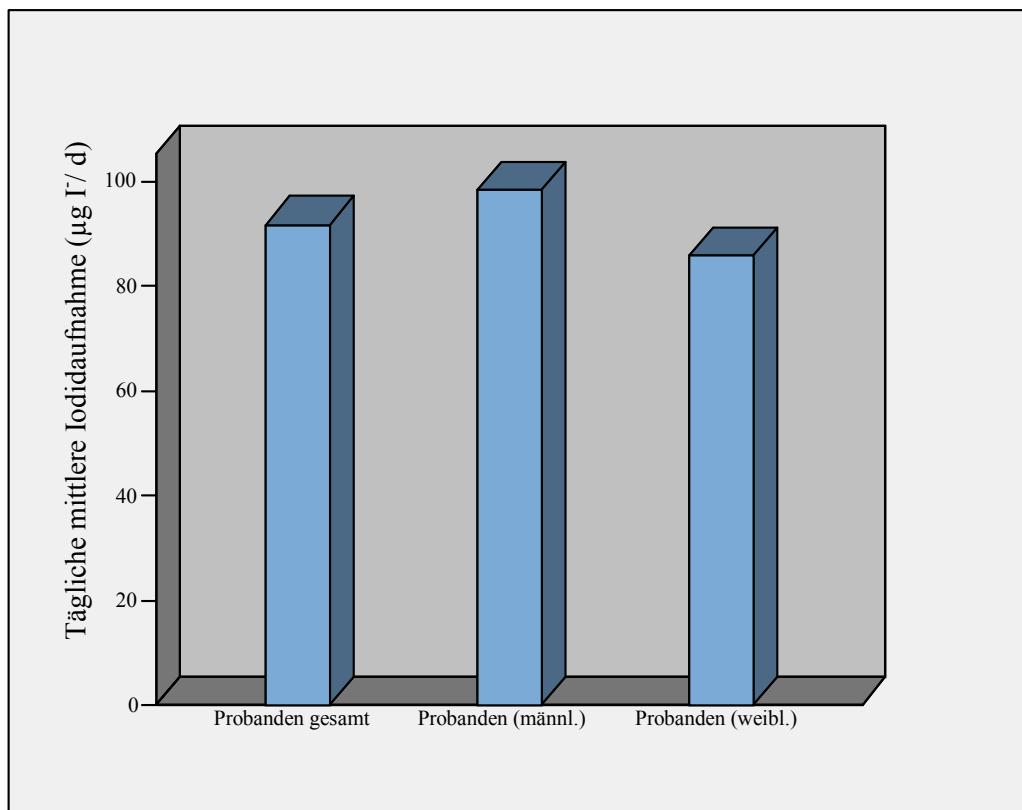
Der mittlere Bodymassindex aller untersuchten Teilnehmer lag bei 23,1. Dabei zeigte sich mehr als die Hälfte der Probanden (62 %) laut Leitlinien der WHO als normalgewichtig mit einem Bodymassindex zwischen 18,5 und 24,9. (83) Acht Prozent der Teilnehmer hatten einen Bodymaßindex kleiner als 18,5 und galten damit als untergewichtig. Etwas weniger als ein Drittel der Probanden war mit einem Bodymassindex größer als 24,9 deutlich übergewichtig.

65 Prozent der Untersuchten konnten einen Hochschulabschluss nachweisen, bei 35 Prozent traf dies nicht zu.

3.2.2 Iodidaufnahme der Probanden

Die tägliche Iodidaufnahme aller Probanden betrug im Mittel $91,7 \pm 26,9 \mu\text{g}$. Dabei variierten die Werte zwischen 55,4 und 173 μg .

Abbildung 14: Iodidaufnahme männlicher und weiblicher Probanden

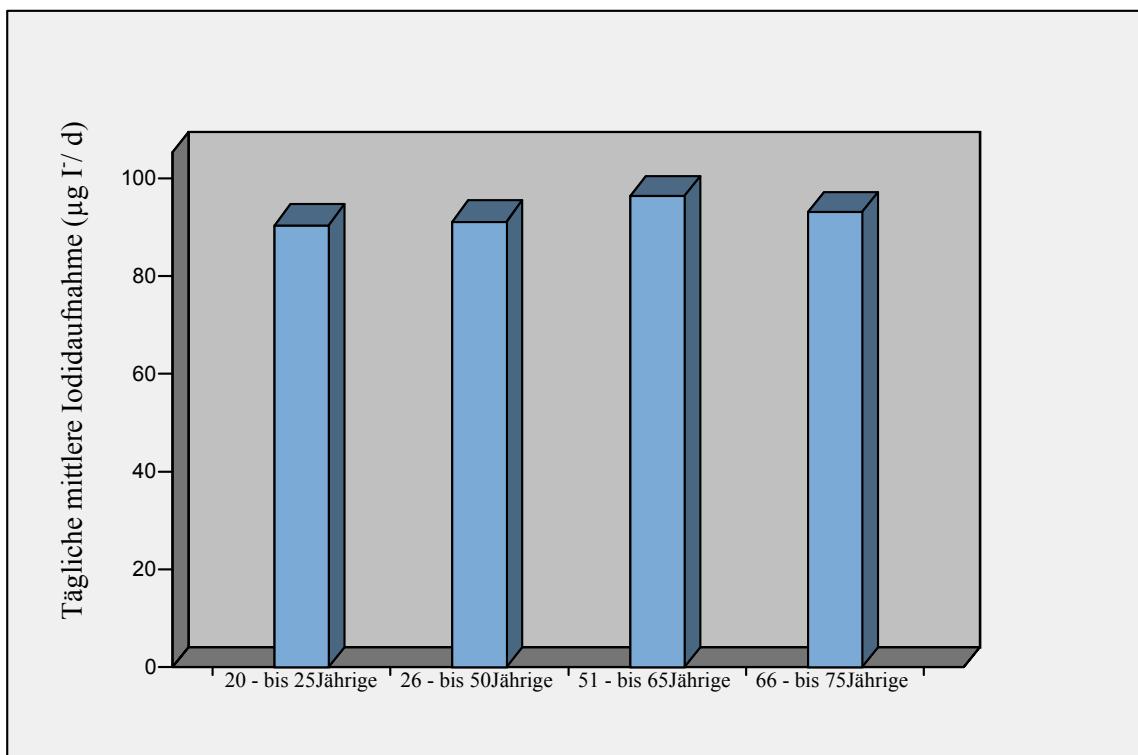


Bei den männlichen Probanden wurde eine mittlere Iodidaufnahme von $98,3 \pm 28,3 \mu\text{g}$ pro Tag ermittelt. Das Minimum lag bei 58,1, das Maximum bei 173 μg täglicher Iodidaufnahme. Bei den weiblichen Teilnehmern zeigte sich eine niedrige Iodidzufuhr; sie betrug im Mittel $85,8 \pm 25,3 \mu\text{g}$ pro Tag und variierte zwischen 55,4 und 145 μg .

In Bezug auf das Alter zeigte sich bei den 51- bis 65jährigen Probanden die höchste Iodidzufuhr. Täglich wurden $96,3 \pm 18,1\mu\text{g}$ Iodid aufgenommen. Die niedrigste Iodidzufuhr aus dieser Altersgruppe betrug $70,2 \mu\text{g}$ pro Tag, die höchste erzielte ein Teilnehmer mit $111 \mu\text{g}$ Iodid täglich.

In der Gruppe der 20 - bis 25 -Jährigen ergaben sich die niedrigsten Werte bei der täglichen Iodidaufnahme nach Verzehrsprotokoll. Es wurde ein Mittelwert von $90,4 \pm 31,5\mu\text{g}$ erreicht. Die tägliche Iodidzufuhr der Probanden aus dieser Altersgruppe schwankte zwischen $57,9$ und $173\mu\text{g}$.

Abbildung 15: Iodidaufnahme nach Altersgruppe

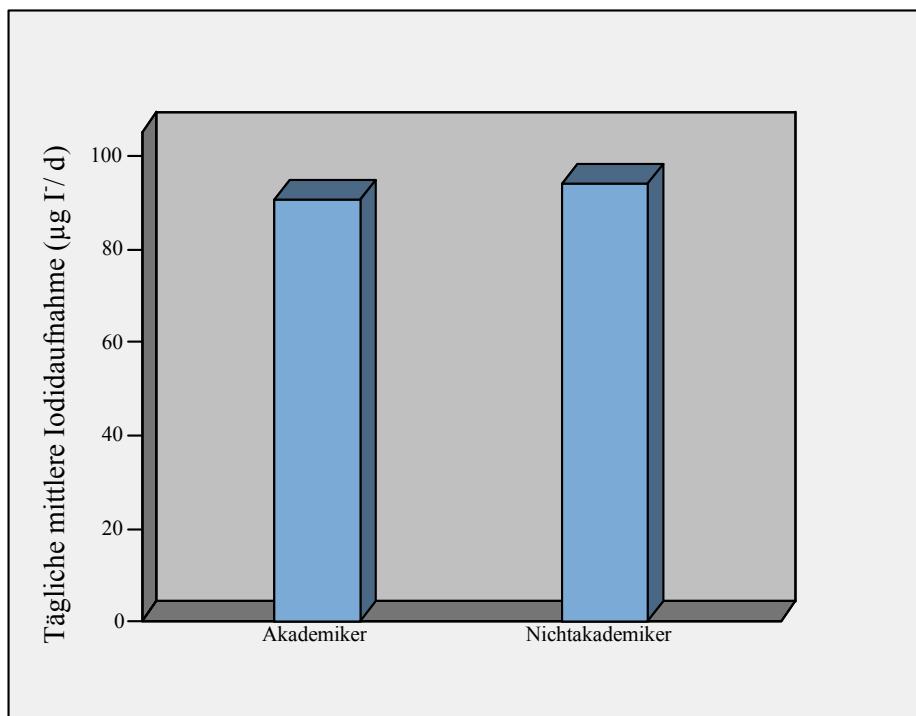


Bei den 26 - bis 50 -Jährigen lag die tägliche mittlere Iodidaufnahme bei $91,2 \pm 25,7\mu\text{g}$. Alle Werte dieser Gruppe variierten zwischen $55,4$ und $148 \mu\text{g}$.

In der Gruppe der 66 - bis 75 - Jährigen fand sich eine mittlere Iodidzufuhr von $93 \pm 34,6\mu\text{g}$ pro Tag. Dabei lagen alle ermittelten Werte zwischen $57,7$ und $138 \mu\text{g}$.

Im Vergleich der täglichen Iodidaufnahme bei Probanden mit Hochschulabschluss versus Probanden ohne Hochschulabschluss zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Die 14 Teilnehmer der Studie ohne Hochschulabschluss erreichten durchschnittlich eine leicht höhere Iodidzufuhr ($93,8 \pm 31,7 \mu\text{g} / \text{d}$) als die Teilnehmer mit Hochschulabschluss. Bei den Akademiker lag die Iodidzufuhr bei $90,6 \pm 24,7 \mu\text{g} / \text{d}$.

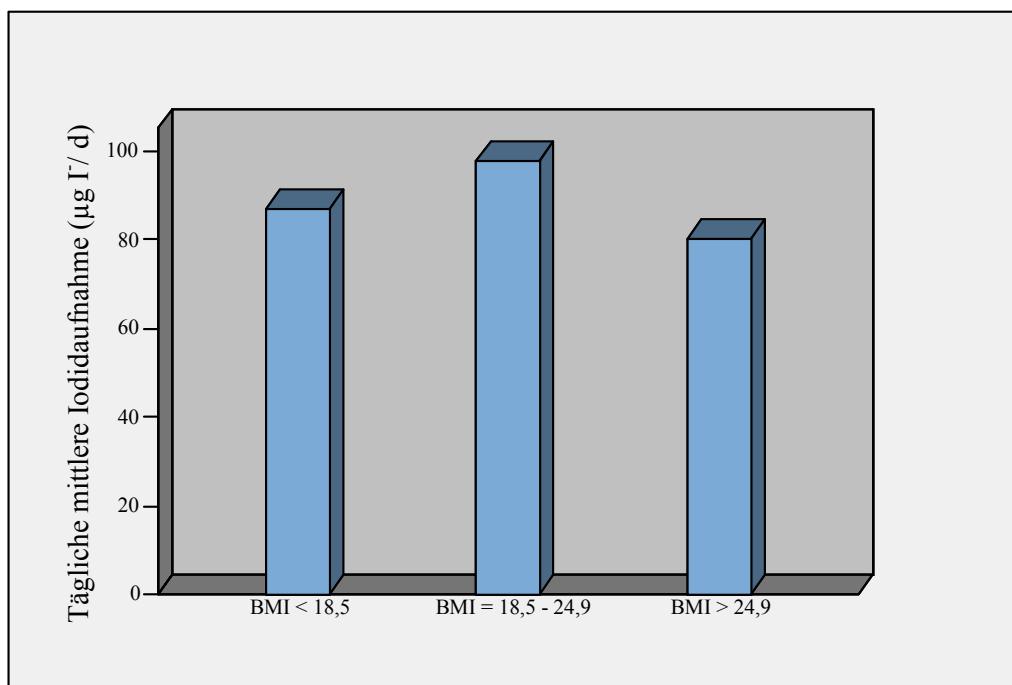
Abbildung 16: Iodidaufnahme Akademiker / Nichtakademiker



In der Gruppe der Nichtakademiker variierten Werte der täglichen Iodidzufuhr zwischen 57,7 und 173 µg. Bei den Akademikern war die Spannbreite etwas niedriger, hier lagen alle Werte zwischen 55,4 und 148 µg.

Die Gruppe der Normalgewichtigen, d.h. alle Teilnehmer, deren Bodymassindex (BMI) zwischen 18,5 und 24,9 lag, erreichte im Vergleich zu den Teilnehmern, die nach den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Adipositas unter- bzw. übergewichtig waren ($BMI < 18,5$ oder $> 24,9 \text{ kg} / \text{m}^2$) die höchsten Werte. Die tägliche Iodidzufuhr betrug im Mittel $97,7 \pm 29,6 \mu\text{g} / \text{d}$. Alle ermittelten Werte der täglichen Iodidaufnahme lagen zwischen 57,9 und 173 μg .

Abbildung 17: Iodidaufnahme nach Bodymassindex



Bei den übergewichtigen Teilnehmern der Studie zeigte sich die niedrigste Iodidzufuhr, sie lag im Mittel bei $80,4 \pm 19,8 \mu\text{g} / \text{d}$. Die tägliche Iodidaufnahme der Probanden variierte dabei zwischen 55,4 und 121 μg .

Folgende Werte fanden sich in der Gruppe der untergewichtigen Teilnehmer mit einem Bodymassindex kleiner als 18,5: die durchschnittliche Iodidaufnahme betrug $87,1 \pm 15,7 \mu\text{g}$. Die tägliche Iodidaufnahme der Probanden dieser Gruppe variierten zwischen 69 und 97,2 μg .

4 DISKUSSION

Für die Synthese der Schilddrüsenhormone im menschlichen Körper ist die Aufnahme von Iodid über die Nahrung unentbehrlich. Lange Zeit galt Deutschland als ein Iodmangelgebiet, erst Anfang der 80er Jahre des letzten Jahrhundert wurde prophylaktische Maßnahmen schrittweise eingeleitet, wobei Ost - und Westdeutschland zunächst getrennte Wege gingen. Während in der damaligen Bundesrepublik die Iodsalzprophylaxe nach dem Freiwilligkeitsprinzip durchgeführt wurde, geschah dies in der ehemaligen DDR per administrationem. Beide Strategien führten zur Reduktion von Neugeborenenstrumen auf unter 1%. (87)

Der Durchbruch in der Iodprophylaxe gelang nach der Wiedervereinigung beider Staaten, nachdem 1989 iodiertes Speisesalz für die Lebensmittelherstellung und Speisenzubereitung prinzipiell erlaubt wurde („1. Verordnung zur Änderung der Vorschriften über jodiertes Speisesalz“ BGB Teil I Nr.28 vom 19.6.1989). (11, 57)

Ab 1991 war die Verwendung von iodiertem Nitritpökelsalz zulässig (BGB Teil I, Nr.63, vom 29.11.1991). 1993 erließ man die „Zweite Verordnung zur Änderung der Vorschriften über jodiertes Speisesalz“. Diese erlaubte den Wegfall der Deklarierungspflicht von Iodsalz in Lebensmitteln. Die Verwendung und Akzeptanz von iodiertem Speisesalz in Privathaushalten, in der Lebensmittelindustrie, in der Gastronomie und bei Gemeinschaftsverpflegungen stieg damit zunehmend. (9, 10, 12, 13, 36, 55, 57)

In einer ersten gesamtdeutschen Erhebung der Iodidurie auf Populationsebene 1994/95 wiesen nur 9 % der Untersuchten eine optimale Iodversorgung auf. Diese stieg jedoch in den Folgejahren kontinuierlich an. (36)

In dem 1996 bundesweit durchgeföhrtem „Jodmonitoring“ zeigte sich bei 2500 befragten Jugendlichen und Erwachsenen eine mittlere Iodidzufuhr von 119 µg pro Tag. Dabei wiesen jedoch nur 1,2 % der Befragten eine reichliche Iodidzufuhr von mehr als 300 µg/ Tag auf. (53)

Mehrere regionale Studien (Mecklenburg / Vorpommern, Berlin, Thüringen) bestätigten nach 1993 eine Verbesserung der Versorgung mit Iodid. Es zeigte sich, dass besonders marine Lebensmittel wie Fisch, Meeresfrüchte und Algen sowie Brot, Milch- und Milchprodukte gute Iodlieferanten sind. (32, 44, 45, 49, 53)

Seit Mitte der 1990er Jahre lässt sich eine Stagnation der Abkaufsraten von iodiertem Speisesalz und von Grossgebinden beobachten. Diese steht in Diskrepanz zur zunehmend

ausreichenden Iodidversorgung der Bevölkerung. Als Ursachen hierfür werden u.a. diskutiert: Verwendung von Iodophoren als Desinfektionsmittel in Brauereien, Molkereien und in der Landwirtschaft. Des Weiteren kommen iodidhaltige Futtermittel in der Nutztierhaltung sowie iodidhaltige Nahrungsergänzungsmittel, Diagnostika und Medikamente in Betracht. Auch ein hoher Anteil an Nichtinnungsmitgliedern im Ernährungshandwerk spielt dabei eine Rolle. Besonders in den neuen Bundesländern, wo der Salzkauf von sogenannten „fliegenden Händlern“ erfolgt, wird als Iodideintrag in die Nahrungskette aus unkalkulierbaren Quellen angesehen, da der Iodidgehalt des Salzes nicht offiziell deklariert werden muss. (37)

Ziel dieser Arbeit war es nun, anhand eines Stichprobenumfangs von über 500 Lebensmittelproben den gegenwärtigen (tatsächlichen) Iodidgehalt von Lebensmitteln zu überprüfen und damit auf möglicherweise erhöhte Iodidwerte durch o.g. Ursachen aufmerksam zu machen.

Darüber hinaus haben quantitative und qualitative Aspekte der Ernährung einen großen Einfluss auf die Iodidversorgung der Bevölkerung. Zuletzt wurde 1996 eine Untersuchung zur Iodidversorgung der Bevölkerung durchgeführt („Jod-Monitoring 1996“). Ziel der Studie war es, den aktuellen Iodversorgungszustand der deutschen Bevölkerung und dessen regionale Ausprägung zu erfassen. Bei einer aus ganz Deutschland repräsentativ ausgewählten Gruppe von 2500 Jugendlichen (>14 Jahre) und Erwachsenen wurde die tägliche Iodidzufuhr u.a. anhand einer Ernährungsanamnese ermittelt. (53)

In weitaus kleinerem Umfang erfolgte die Erhebung ähnlicher Daten in der vorgelegten Promotionsschrift. Bei 40 Probanden wurde mit Hilfe eines Ernährungsprotokolls die Menge und Art aller konsumierten Lebensmittel für sieben Tage dokumentiert. Anschließend wurde mithilfe einer speziellen Software die tägliche Iodidaufnahme berechnet.

4.1 Analyse des Iodidgehaltes der Lebensmittel

Der mediane Iodidgehalt der **Frucht - und Gemüsesaftgetränke** erwies sich mit $2,92 \mu\text{g} / \text{l}$ als der höchste innerhalb aller untersuchten Gruppen wässriger Getränke ($\bar{x} = 7,44 \mu\text{g I-} / \text{l}$). Im Vergleich mit allen untersuchten Lebensmittelgruppen lagen die Iodidkonzentrationen der Säfte niedrig.

Auch zeigte sich bei den Saftproben die größte Spannweite innerhalb der gemessenen Iodidkonzentrationen. Diese lag zwischen < 1 und $132 \mu\text{g} / \text{l}$. Auffällig hohe Werte erzielten Tomatensaftproben, deren Iodidgehalte teilweise in zwei- bis dreistelligen Bereichen lagen.

Hier liegt die Vermutung nahe, dass entsprechende Getränkeproben von Tomatensaften stammen, die mit Iodsalz gewürzt wurden. Dieses wurde nicht immer entsprechend deklariert. Zudem besteht die Möglichkeit, dass diese Proben aus einer Charge stammen, die durch zeitnahe Reinigung der Produktionsanlagen längere Zeit mit Iodophoren in Kontakt standen.

Rasmussen et al hatten im Jahre 2000 Iodidwerte für Saftproben dänischer Herkunft ermittelt. Alle ermittelten Iodidwerte lagen dabei zwischen 0,9 und 1,3 µg/ 100 ml. Der Umfang war mit sieben Proben relativ gering. Die Iodidbestimmung erfolgte mittels Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (englisch: inductively coupled plasma mass spectrometry; abgekürzt: ICP - MS). (66)

2004 fanden Remer et. al bei elf von 14 untersuchten Fruchtsaftgetränkeproben Iodidwerte, die nicht messbar (d.h. < 0,5 µg Iodid/ 100 ml-1) waren. Lediglich bei drei Proben wurden Iodidgehalte zwischen 6,1 und 7,4 µg/l-1 gefunden. Alle untersuchten Proben wurden mittels alkalischer Veraschung aufgeschlossen und anschließend der Iodidgehalt durch HPLC bestimmt. (67)

Bisher gab es zum Iodidgehalt von Frucht – und Gemüsesaftgetränken nur wenige Untersuchungen. Die Stichprobenumfänge waren klein. Bei Rasmussen et al verwendeten eine andere Methode zur Iodidbestimmung als Remer et. al und wir.

Nach McCance and Widdowson's „The Composition of Foods“ finden sich in verschiedenen Fruchtsäften Iodidwerte von höchsten 20 µg/ l-1. (41)

Lässt man die Ausreißerwerte der sechs untersuchten Chargen außer acht, bestätigen unsere Daten die der Literatur.

In Anbetracht dessen liegen die Iodidkonzentrationen in dieser Lebensmittelgruppe eher vernachlässigbar niedrig. Sie leisten als Iodlieferanten nur einen geringen Beitrag.

Bei der Untersuchung der **Bierproben** ($\bar{x} = 4,19 \mu\text{g I- / 1}$) wurde ein medianer Iodidgehalt von $2,91 \mu\text{g / l-1}$ ermittelt. Alle Werte variierten in einem relativ kleinen Rahmen, sie lagen zwischen < 1 und $21,15 \mu\text{g I- / l}$. Die mittleren Iodidgehalte der einzelnen Chargen unterschieden sich trotz ähnlicher Anzahl und Zusammensetzung aus nord -, mittel - und süddeutschen Bieren erheblich. Dabei zeigten sich zwischen den einzelnen Chargen z.T. signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

Die neunte Charge wies mit $12,83 \mu\text{g I- / l}$ den höchsten medianen Iodidwert auf, während die zweite und dritte Charge mit einem Medianwert von $0,5 \mu\text{g I- / l}$ am niedrigsten lagen. Als Ursache hierfür lassen sich die unterschiedlich hohen Iodidgehalte des verwendeten Trink -

und Grundwassers vermuten. Auch ein vermehrter Kontakt mit Iodophoren durch zeitnahe Reinigung der Produktionsanlagen darf in Betracht gezogen werden.

Im Vergleich der Bierproben aus dem norddeutschen Raum mit denen aus Mittel - und Süddeutschland zeigten sich im Median höhere Iodidwerte bei den norddeutschen Bierproben. Dies ließ sich statistisch allerdings nicht sichern. Ein prinzipiell höherer Iodidgehalt des Grund - und Trinkwassers in Norddeutschland könnte als Ursache diskutiert werden.

Rasmussen et al untersuchten 2000 fünf Bierproben hinsichtlich ihres Iodidgehaltes. Der Durchschnittswert betrug $4,1 \mu\text{g I-} / 100 \text{ ml}$ (Minimum 2,6, Maximum 6,9). Der geringe Stichprobenumfang schränkt die Aussage ein. Zudem erfolgte die Iodidbestimmung im Gegensatz zu unserer Untersuchung mittels ICP – MS. (66)

Zusammenfassend handelt es sich bei den Iodidkonzentrationen der Biere um vernachlässigbar kleine Werte. Zur adäquaten Iodidaufnahme leisten sie nur einen geringen Beitrag.

Bei den untersuchten **Softdrinks** ($\bar{x} = 1,16 \mu\text{g I-} / \text{l}$) und **Mineralwasserproben** ($\bar{x} = 1,77 \mu\text{g I-} / \text{l}$) waren die ermittelten Iodidkonzentrationen innerhalb aller Lebensmittelgruppen am niedrigsten. Der Median betrug in beiden Gruppen jeweils $0,5 \mu\text{g I-} / \text{l}$.

Die Spannbreite bei den Softdrinks war mit 1,15 eng. Insgesamt wurden vier Chargen von Softdrinks untersucht. Die einzelnen Chargen zeigten dabei signifikante Unterschiede. Die erste und zweite Charge besaßen signifikant kleinere Werte als die dritte und vierte Charge. Auch hier ist ein möglicher Kontakt der jeweiligen Chargen mit Iodophoren in den Produktionsanlagen zu diskutieren. Ebenso kommt die Verwendung von Trinkwasser unterschiedlicher Herkunft sowie unterschiedlicher Iodidkonzentrationen als mögliche Ursache in Frage.

Die Mittelwerte der Softdrinks liegen im Vergleich zu Rasmussen et al. etwas niedriger. Rasmussen et al. hatten bei ihrer Untersuchung einen mittleren Iodidgehalt von $2,9 \mu\text{g I-} / 100 \text{ ml}$ bei Softdrinks ermittelt. Der Stichprobenumfang von $n = 6$ lässt valide Aussagen jedoch kaum zu. (66)

Bei den untersuchten Mineralwässern variierten die Einzelwerte zwischen < 1 und $5,88 \mu\text{g I-} / \text{l}$. Hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Herkunft (sowohl Nord - als auch Mittel - und Süddeutschland) war die Spannbreite vernachlässigbar. Damit erwies sich auch diese Lebensmittelgruppe nicht als relevanter Iodidträger. Jahreis et al. kamen 2001 zu ähnlichen

Resultaten. Sie hatten mittels ICP - MS verschiedene deutsche Mineralwässer auf ihren Iodidgehalt untersucht. Dieser betrug im Mittel $3,5 \pm 1,9 \mu\text{g I- / l}$. Er lag damit etwas höher als der von uns ermittelte Wert ($\bar{x} = 1,77 \mu\text{g I- / l}$). (43)

Die **Milchen** ($\bar{x} = 144,57 \mu\text{g I- / l}$) zeigten relativ hohe Iodidkonzentrationen. Der Median betrug $116,95 \mu\text{g I- / l}$. Die einzelnen Werte variierten innerhalb einer großen Spannweite zwischen $14,3$ und $631,7 \mu\text{g I- / l}$.

Obwohl naturgemäß die Sommermilchen mit etwas niedrigeren Iodidkonzentrationen einhergehen, ließ sich bei den untersuchten Chargen der Sommermilch kein signifikanter Unterschied zu denen der Wintermilch herstellen. Jedoch zeigte die vierte Charge, die ausschließlich aus Wintermilchen bestand, mit $134,19 \mu\text{g I- / l}$ die höchste mediane Iodidkonzentration. Hierbei spielt die Verwendung iodhaltiger Mineralstoffgemische für Nutztiere während der Stallhaltung im Winter die entscheidende Rolle. Eine ebenfalls aus dieser Charge stammende H - Milch - Probe erreichte mit $631,7 \mu\text{g I- / l}$ den höchsten Iodidgehalt aller Milchproben. Es lässt sich vermuten, dass diese Probe durch längere Kontakte mit Produktionsanlagen, die mit Iodophoren gereinigt wurden, einen entsprechend höheren Iodidgehalt besitzt.

Außerdem ist bekannt, dass zur Reinigung von Molkereianlagen und zur Zitzendesinfektion iodhaltige Reinigungsmittel genutzt werden. (85)

Ähnliche Iodidkonzentrationen lassen sich in der Literatur finden. Bader et al. hatten 2005 Iodidwerte von 34 Milchproben aus Thüringen veröffentlicht, die alle mittels ICP - MS bestimmt worden waren. Dabei wurde eine mediane Iodidkonzentration von $141 \mu\text{g/l}$ ermittelt. Eine ähnliche Studie hatten Jahreis et al. 2001 durchgeführt, wobei die Iodidkonzentrationen für Milch zwischen 57 und $228 \mu\text{g I- / l}$ schwankten. Rasmussen et. al eruierten 2000 in ihrer Untersuchung bei dänischen Milchen folgende Werte: für Wintermilchen fanden sie eine mittlere Iodidkonzentration von $25 \pm 7,9 \mu\text{g / 100 ml}$, für Sommermilchen $18,3 \pm 5,8 \mu\text{g / 100 ml}$. Höhere Iodidkonzentrationen fanden Haldimann et al. 2005 in einer Schweizer Untersuchung. Es wurden u.a. 22 Milchproben mittels ICP - MS untersucht. Die mediane Iodidkonzentration belief sich auf 675 ng / g .(8, 43, 66)

Die deutsche Verbraucherschutzorganisation „Stiftung Warentest“ überprüfte 2007 ebenfalls Milchen hinsichtlich ihres Iodidgehaltes. Hierbei variierten die Iodidwerte der einzelnen Milchen zwischen 29 und $178 \mu\text{g I- / l}$. Das Iodid wurde durch Gaschromatographie mit Massenspektrometrie - Kopplung (GC - MS) bestimmt. (1)

In einer tschechischen Studie von 2007 wurden ebenfalls Milchen auf ihren Iodidgehalt getestet. Dabei wurde Kuhmilch aus neun europäischen Ländern, darunter auch Deutschland untersucht. Die Iodidanalysen wurden mit der ICP - MS - Methode durchgeführt. Die Iodidgehalte der 27 untersuchten Proben schwankten dabei zwischen 79 µg I- / l (Schweiz) und 601 µg I- / l (Tschechien). Die höchsten durchschnittlichen Iodidgehalte wurden in der Milch aus Tschechien (472 µg I- / l) und England (325 µg I- / l) festgestellt. Die niedrigsten mittleren Iodidgehalte von Milch fanden sich in Polen und der Schweiz (90 µg I- / l). Deutsche Milchen lagen bei dieser Studie mit einem durchschnittlichen Iodidgehalt von 130 µg I- / l im unteren Drittel. (69)

In einer amerikanischen Studie von Pearce et al. wurden 2004 Milchen, Brot und Babynahrung untersucht. Die Iodidwerte wurden spektrophotometrisch nach der Methode von Benotti bestimmt.(15) Es wurden 18 verschiedene Milchsorten untersucht. Die Werte schwankten zwischen 88 und 168 µg I- / 250 ml. Im Mittel lagen sie bei $116 \pm 22,1$ µg I- / 250 ml. Die mittleren Iodidkonzentrationen bei den Wintermilchen ($116 \pm 23,1$ µg I- / 250 ml) waren dabei signifikant höher als die der Sommermilchen ($91,3 \pm 16,6$ µg I- / 250 ml). (61)

Als Ursache für diese exzessiv hohen Werte geben die Autoren in erster Linie iodiertes Futtermittel an. 10 mg Iodid täglich pro Nutztier sind in den USA erlaubt. Außerdem sei es üblich, die Euter der Tiere vor und nach dem Melken mit iodhaltigen Desinfektionsmittel zu behandeln. Melkanlagen und Tanklastwagen für den Transport der Milch würden mit Iodophoren gereinigt. Aufgrund der Gefahr von übermäßiger Iodidzufuhr empfehlen die Autoren exakte Iodidangaben auf den Verpackungen der entsprechenden Lebensmittel. Sie weisen darauf hin, dass Menschen mit Hashimoto - Thyreoiditis bei exzessiver Iodidzufuhr rasch eine Hyper - oder Hypothyreose entwickeln können. Im Vergleich zu den in unserer Arbeit untersuchten Milchen liegen die Iodidwerte der amerikanischen Milchen fast um ein vierfaches höher. Allein durch zwei Gläser Milch wäre eine optimale Iodidzufuhr pro Tag mehr als gedeckt. Der intensive Gebrauch von iodhaltigen Desinfektionsmittel sowie eine relativ hohe Zulässigkeitsgrenze für Iod in Futtermitteln sollte äußerst kritisch diskutiert werden. (61, 64)

In einer aktuellen Untersuchung aus Bayern von Gärtner et. al wurden bei 35 kommerziellen Milchen untersucht. Bei den Proben wurden nach saurer Veraschung mittels Sandell - Kolthoff - Methode der Iodidgehalt bestimmt. Dieser lag im Median bei 98 µg I- / l und damit etwas niedriger als in unserer Erhebung. (27)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Iodidwerte der Milchen im Vergleich mit anderen Ländern (Tschechien, England, USA) niedriger ausfallen. Eine übermäßige Iodidzufuhr durch Milch ist deshalb nicht zu erwarten. Trotzdem gilt sie im Vergleich zu anderen Lebensmittelgruppen als relevanter Iodidträger. Milch sollte aus diesem Grund auf dem täglichen Speiseplan integriert sein, da sie einen guten Beitrag zur Iodversorgung leistet. Das Trinken von Milch ist besonders für Bevölkerungsgruppen mit erhöhtem Iodbedarf (heranwachsende Jugendliche, Schwangere und Stillende) zu empfehlen.

Bei der Untersuchung der **Milchprodukte** ($\bar{x} = 155,59 \mu\text{g I- / kg}$) fielen ebenfalls hohe Iodidwerte auf. Die mediane Iodidkonzentration lag bei $125,79 \mu\text{g I- / kg}$ und war damit die am höchsten ermittelte von allen untersuchten Lebensmittelgruppen. Es zeigte sich eine erhebliche Spannweite, die einzelnen Iodidgehalte variierten zwischen < 5 und $698,7 \mu\text{g I- / kg}$.

Auch hier ist zu vermuten, dass die Verwendung iodhaltiger Futtermittel bei Nutztieren sowie Iodophore zur Reinigung von Melk- und Produktionsanlagen eine wesentliche Rolle spielen. Außerdem scheinen sich aufgrund von Konzentrierungsprozessen während der Herstellung hohe Iodidwerte erzeugen.

Haldimann et al. veröffentlichten 2005 in einer Schweizer Studie Iodidwerte für verschiedene Lebensmittelgruppen, darunter auch Milch und Milchprodukte. Die durch ICP - MS ermittelten Iodidwerte lagen für Milch, Milchprodukte und Eier zwischen $0,15$ und $2,1 \mu\text{g I- / g}$. Allein bei den untersuchten Joghurtproben ($n = 12$) ergab sich eine mediane Iodidkonzentration von 556 ng I- / g . Bei den untersuchten Käseproben belief sie sich auf 396 ng I- / g . Im Gegensatz dazu fanden Dahl et al. 2003 bei der Untersuchung von norwegischen Lebensmitteln geringere Iodidkonzentrationen. Auch erfolgte die Bestimmung des Iodidgehalts mittels ICP - MS erfolgt worden. Bei den untersuchten Joghurtproben belief sich der Iodidgehalt auf lediglich $8 \mu\text{g I- / 100 g}$, bei Sahne und Sahneprodukten war er mit $11 \mu\text{g I- / 100 g}$ minimal höher. Allerdings war die Anzahl der Proben gering, sie betrug 9 bzw. 10. Jahreis et al. untersuchten im Rahmen eines ernährungsphysiologischen Experiments 2001 ebenfalls Milch und Milchprodukte. Dabei erreichten verschiedene Joghurtsorten Iodidkonzentrationen zwischen $13,8$ und $15,4 \mu\text{g I- / 100 g}$. Diese Werte scheinen unseren Iodidgehalten von Milchprodukten am nächsten zu kommen, auch weil es sich um Produkte des deutschen Marktes handelt. (20, 31, 43)

Man darf davon ausgehen, dass Milchprodukte aufgrund ihres relativ hohen Iodidgehaltes eine hervorragende Quelle für die Iodversorgung darstellen und im täglichen Ernährungsplan

nicht fehlen sollten. Dies belegt auch die Studie von Jahreis et al. in der zusätzlich 12 Probanden hinsichtlich ihres Ernährungsverhaltens analysiert wurden. Dabei ließ sich feststellen, dass Milch und Milchprodukte aufgrund ihres hohen Iodidgehaltes ca. 37 % der täglichen Iodidaufnahme abdecken. Damit gelten sie vor Fleisch, Brot und anderen Getreidewaren als „Spitzenreiter“ der Iodlieferanten.

Die mediane Iodidkonzentration bei den untersuchten **Brotproben** belief sich auf 8,8 µg I- / kg. Es fiel eine deutliche Diskrepanz zwischen abgepackten Broten aus Supermärkten und Bäckereibrot auf. Es zeigten sich innerhalb der einzelnen Proben erhebliche Schwankungen, die Iodidwerte variierten zwischen < 5 und 481,4 µg I- / kg. 25 Brotproben (vierte Charge, zweiter Teil) waren ausschließlich bei Bäckereien erworben worden. Vier der fünf beteiligten Bäckereien gaben an, für ihre Brotteige Iodsalz zu verwenden. Der Iodidgehalt der Bäckerbrote lag im Median bei 174 µg I- / kg. Im Gegensatz dazu betrug die mediane Iodidkonzentration von industriell gefertigten Brot 7,03 µg I- / kg. Die Verwendung von Iodsalz war auf der Verpackung von diesen Broten nicht ersichtlich.

Somit profitieren Bäckereibrote offensichtlich von der Verwendung von Iodsalz. Bei den industriell produzierten Broten hingegen scheint die Verwendung von Iodsalz keine Rolle zu spielen. Hier ist kritisch anzumerken, dass man davon ausgehen muss, dass der größte Teil der Bevölkerung Brot - und Backwaren aus dem Supermarkt bezieht. Damit bleibt ihnen eine wichtige Iodquelle vorenthalten. Maßnahmen zur Verwendung von Iodsalz auch bei industriell gefertigten Brot - und Backwaren sind zu empfehlen. Bislang beträgt der Anteil von mit Iodsalz hergestellten Brotes industrieller Herkunft 30 - 40 %.

Haldimann et al. hatten in der Schweizer Studie für Brot eine mediane Iodidkonzentration von 392 ng I- / g ermittelt. Als Grund für den relativ hohen Iodidgehalt von Brot wurde die Verwendung von Iodsalz bei der Herstellung des Teiges angegeben. In der Studie von Pearce et al. von 2004 wurde 20 verschiedene Brotsorten aus der Region von Boston untersucht. Die Iodidgehalte der Brote variierten von 0,06 bis 23,31 µg I- / g. Dabei waren bei drei Brotsorten extrem hohe Iodidkonzentrationen festgestellt worden, so dass bei Aufnahme von zwei Scheiben dieser Sorten Brot innerhalb von 24 Stunden mehr als 1000 µg Iodid aufgenommen würden. Dies übersteigt die obere Verträglichkeitsgrenze für Erwachsene, die von der WHO mit 1 mg / d angegeben ist. (31, 61, 84)

In den USA liegt die obere Verträglichkeitsgrenze bei 1000 µg / d, in Deutschland nach EU – Richtlinien bei 500 µg / d. (25, 79)

In den USA ist aufgrund niedriger Iodidzufuhr der Bevölkerung in den letzten 25 Jahren die Verwendung von sogenannten iodierten „bread conditioner“ propagiert worden. Diese Entwicklung ist jedoch wegen der relativ hohen Iodidkonzentrationen von Brot rückläufig. Seit wenigen Jahren wird anstelle von Iodid Bromid verwendet. (51, 64)

Im Vergleich dazu zeigte sich in Norwegen bei Dahl et al. eine mittlere Iodidkonzentration für Brot und Getreideprodukte von nur 3 µg I- / 100 g. Gleichzeitig wurde darauf hingewiesen, dass in der norwegischen Lebensmittelindustrie kein Iodsalz verwendet wird. (20)

Damit scheinen hohe Iodidkonzentrationen in Brot und Backwaren eng mit der Verwendung von Iodsalz verknüpft zu sein. Dieses spiegelt sich auch in den von uns untersuchten Brotproben wieder.

Somit ist Brot, das mit Iodsalz hergestellt wird, als optimale Iodquelle anzusehen. Da besonders in Mittel- und Westeuropa Brot ein alltagmäßig konsumiertes Grundnahrungsmittel anzusehen ist, sollte bei industriell gefertigten Broten in Deutschland die obligatorische Verwendung von Iodsalz diskutiert werden.

Die **Varia** stellten Einzelproben unterschiedlicher Lebensmittel dar. Den höchsten Iodidwert erzielte ein Schokoladenaufstrich (97,93 µg I- / kg). Hauptbestandteil dieses Aufstriches ist Milch. Es ist davon auszugehen, dass der Iodidgehalt der Milch und Konzentrierungsprozesse während der Herstellung diesen hohen Wert verursachen. Honig und Konfitüre erreichten ebenfalls relativ hohe Werte. Die Iodidgehalte lagen zwischen 22,38 und 55,21 µg I- / kg. Es ist fraglich, ob hier der Iodidgehalt durch verwendete Zutaten (Wasser, Zucker) oder durch Produktionseinflüsse zustande kommt. Bisher gibt es jedoch kaum veröffentlichte Daten zum Iodidgehalt von Brotaufstrichen wie Konfitüre und Honig. Eine relativ hohe Iodidkonzentration ließ sich auch im chilenischen Rotwein nachweisen (95,5 µg I- / l). Im Vergleich dazu fand sich bei den Rotweinproben ($n = 12$) von Rasmussen et al. ein Durchschnittswert von 7,4 µg I- / l. Untersucht wurden dabei Rotweine aus Australien, Südafrika und Frankreich. Die Aussagekraft der einzelnen, von uns untersuchten Stichprobe ist als gering einzustufen. Als Ursachen für die hohe Iodidkonzentration des chilenischen Weines kämen zum einen geographische Besonderheiten des Landes (Iodidgehalt des Bodens und Grundwassers) sowie Abläufe in der Produktion (Reinigung von Produktionsanlagen mit iodhaltigen Mitteln) in Frage.

Die untersuchte Probe der Sojamilch zeigte mit 42,8 µg I- / l einen mittelhohen Iodidgehalt. Denkbar wäre auch hier, dass mit Iodophoren gereinigte Produktionsanlagen eine Rolle spielen. Das untersuchte Obst (Clementine, Orange, Kiwi und Weintrauben) besaßen die

niedrigsten Iodidwerte. Sie variierten zwischen < 1 und 17,47 µg I- / kg. In der Literatur findet man für Früchte ähnliche Angaben. Dahl et al. fanden in ihrer norwegischen Studie für Früchte und Beeren einen mittleren Iodidgehalt von 2 µg I- / 100 g. Haldimann et al. gaben für frische Früchte eine mittlere Iodidkonzentration von 18 ng I- / g an. (20, 31)

4.2 Analyse der Iodidzufuhr der Probanden

Die alimentäre Iodzufuhr spielt eine bedeutsame Rolle für die Bildung der Schilddrüsenhormone. Dabei sind sowohl qualitative als auch quantitative Aspekte der Nahrungszufuhr wesentlich.

Die tägliche Iodidaufnahme aller Probanden betrug im Mittel 91,7 µg. Dabei lag die tägliche Aufnahme der männlichen Probanden (98,3 µg / d) höher als die der weiblichen Teilnehmer (85,8 µg). Die Ursache liegt in der quantitativ größeren Nahrungsaufnahme der Männer mit einer konsekutiv höheren Iodidzufuhr.

Innerhalb der verschiedenen Altersgruppen zeigte die Gruppe der 51 - bis 65 Jährigen (n = 4) mit 96,3 µg die höchste tägliche Iodidaufnahme, gefolgt von der Gruppe der 66 - bis 75 Jährigen (n = 5), die im Durchschnitt eine tägliche Iodidaufnahme von 93 µg leisteten. Die durchschnittliche Iodidaufnahme der Gruppe der 20 - bis 25 Jährigen (n = 11) sowie der 26 - bis 50 Jährigen (n = 20) waren annähernd gleich. Bei ersterer betrug sie 90,4 µg / d, bei letztere lag sie bei 91,2 µg / d.

Unterteilt nach Bildungsgrad lag die Gruppe der Akademiker (n = 26) bei einer im Mittel täglichen Iodidaufnahme von 90,6 µg etwas niedriger als die Gruppe der Nichtakademiker (n = 14). Ihr tägliche Aufnahme betrug 93,8 µg.

Unterteilt nach BMI zeigte die Gruppe der Normalgewichtigen (n = 25) die höchste Iodidaufnahme. Die Teilnehmer nahmen im Durchschnitt 97,7 µg Iodid täglich auf. In der Gruppe der Untergewichtigen (n = 3) betrug die tägliche Iodidaufnahme nur 87,1 µg. Am wenigsten nahmen die übergewichtigen Probanden (n = 12) auf. Ihre tägliche Iodidaufnahme betrug im Mittel 80,4 µg.

Laut WHO - Richtlinien liegen damit alle Gruppen unterhalb der geforderten täglichen Iodidzufuhr. Diese sollte für alle Personen ab 13 Jahren bei mindestens 150 µg täglich liegen. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) legt sogar eine Tageszufuhr von mindestens 200 µg pro Tag für alle Personen zwischen 13 und 51 Jahren fest. Bei Menschen, die älter als 51 Jahre sind, geht die DGE von einem leicht verminderten Iodidbedarf aus und empfiehlt eine tägliche Zufuhr von 180 µg / d. (23, 84)

Lediglich ein Teilnehmer erreichte die von der WHO empfohlene tägliche Iodidzufuhr. (84) Alle Teilnehmer unterschritten die Kriterien der DGE. Nur 30 % aller Probanden erreichten eine tägliche Iodidaufnahme, die mindestens 100 µg / d betrug. Unter den männlichen Teilnehmern unserer Studie waren es 42 %, die mindestens 100 µg Iodid täglich aufnahmen. Bei den weiblichen Probanden schafften dies nur 19 %.

Die 20 - 25 Jährigen nahmen zu 18 %, die 26 - bis 50 Jährigen zu 30 % täglich über 100 µg Iodid auf. In der Gruppe der 66 - bis 75 Jährigen waren es 40 % der Teilnehmer. Der Verzehr höher iodhaltiger Lebensmittel wie Milchprodukte sowie Brot und Backwaren vom Bäcker scheint mit zunehmendem Alter anzusteigen.

Im Vergleich zwischen Akademiker und Nichtakademikern gab es hinsichtlich der täglichen Iodidaufnahme von mindestens 100 µg keine Unterschiede (Akademiker 26,9 %, Nichtakademikern 28,6 %). Unsere Daten stehen im Widerspruch zu den Mitteilungen aus der VERA - Studie, in der der gebildetere Bevölkerungsanteil eine höhere Iodidaufnahme aufwies. (39)

Bei den untergewichtigen Probanden ($BMI < 18,5 \text{ kg} / \text{m}^2$) unserer Studie erreichte niemand eine höhere Iodidzufuhr als 100 µg / d. Im Gegensatz dazu konsumierten mehr als ein Drittel der normgewichtigen Teilnehmer ($BMI: 18,5 - 24,9 \text{ kg} / \text{m}^2$) unserer Untersuchung über 100 µg Iodid täglich. 16 % der übergewichtigen Probanden ($BMI > 24,9 \text{ kg} / \text{m}^2$) erzielten mindestens 100 µg / d.

Annähernd optimale Ernährungsbedingungen in unserer Studie scheinen sich damit bei Probanden mit folgendem Profil herauszustellen: männliches Geschlecht, normales Gewicht, Alter zwischen 66 und 75 Jahre sowie kein vorhandener Hochschulabschluss.

Unsere erhobenen Werte stellen jedoch hochwahrscheinlich Unterschätzungen dar, weil die DGE - Software von 1999 mit Iodidgehalten von Milch, Milchprodukten und Brot rechnet, die im Vergleich mit den heutigen Werten wesentlich niedriger lagen.

Manz et al. hatten 1996 in einer bundesweiten Studie bei 2500 Teilnehmern (Mindestalter 14 Jahre) anhand eines Ernährungsfragebogens die tägliche Iodidzufuhr berechnet. Diese lag deutlich höher als die von uns berechneten Werte. Dabei ergab sich bei dieser Untersuchung eine durchschnittliche Iodidaufnahme von 119 µg pro Tag. Für drei Risikogruppen (50 - bis 70Jährige, Wehrpflichtige, stillende Mütter) wurde die tägliche Zufuhr gesondert berechnet. Die höchste Iodidzufuhr erreichten dabei stillende Mütter, die zusätzlich Iodtabletten einnahmen (320 µg / d). Stillende, die auf Iodtabletten verzichteten, nahmen täglich 125 µg / d auf. Bei den 50 - bis 70Jährigen hatten die Männer (126 µg / d) im Durchschnitt

eine höhere Iodidaufnahme als die Frauen ($118 \mu\text{g} / \text{d}$). Wehrpflichtige nahmen im Mittel $162 \mu\text{g} / \text{d}$ auf. Ferner wurde festgestellt, dass die Iodversorgung der deutschen Bevölkerung sich seit den frühen 1990er Jahren konsequent verbesserte. Gestützt wurde diese These durch Zahlen, die steigende Produktion von iodiertem Speisesalz, die Zunahme der Verwendung von Iodsalz in Privathaushalten und die steigende Herstellung von Iodsalz für die Lebensmittelindustrie belegen. (53)

In der Studie von Bader et. al von 2005 wurde die Iodidzufuhr von 32 stillenden Müttern erhoben. Davon nahmen 20 Frauen Iodtabletten ein. Diese erreichten dadurch eine durchschnittliche Iodidaufnahme von $258 \mu\text{g} / \text{d}$. Die Stillenden ohne zusätzliche Iodsupplementierung erreichten nur $116 \mu\text{g} / \text{d}$. Es zeigte sich aber, dass die Frauen ohne Iodsupplementierung eine höhere Iodidzufuhr durch die Nahrungsaufnahme erreichten als die Frauen mit Iodsupplementierung. Als Ursache hierfür wird eine iodbewußtere Lebensmittelauswahl der Frauen mit häufigerem Fisch - und Milchkonsum angenommen. (8) In einer ähnlichen Untersuchung von Jahreis et al. aus dem Jahre 2001 wurde u.a. die tägliche Iodidzufuhr von 12 Frauen untersucht. Diese protokollierten für zweimal drei Wochen alle verzehrten Lebensmittel und Getränke. Für die jeweils letzten neun Tage mussten die Probandinnen zusätzlich 300 mg Joghurt pro Tag verzehren. Für die erste Testperiode wurde eine tägliche Iodidzufuhr von $181 \mu\text{g}$ erhoben. Für den zweiten Durchlauf betrug die tägliche Iodidzufuhr von $173 \mu\text{g}$. Als Lebensmittel, die am meisten zur Iodversorgung beitrugen, wurden Milch und Milchprodukte (37 %), Fleisch und Wurstwaren (21 %) und Brot und Getreideprodukte angegeben (19 %). Dabei schienen die untersuchten Probandinnen besonders von der zusätzlichen Einnahme von Milchprodukten (Joghurt) zu profitieren. (43) In der norwegischen Studie von Dahl et al. wurden über 2500 erwachsene Probanden hinsichtlich ihrer Iodidaufnahme analysiert. Dies geschah durch Auswertung von Ernährungsfragebögen, die von den Teilnehmer selbstständig ausgefüllt wurden. Die männlichen Teilnehmer hatten dabei eine mittlere Iodidzufuhr von $176 \mu\text{g/d}$, die Frauen von $136 \mu\text{g/d}$. Dabei sorgten wiederum Fisch, Milch und Milchprodukte (ca. 80 %) für den Hauptanteil der Iodidversorgung. (20)

Mit fast 16fach höheren Werten der täglichen Iodidzufuhr machte eine koreanische Studie aufmerksam. Moon und Kim untersuchten bei 50 stillenden Frauen zwischen 20 und 37 Lebensjahren den Iodidgehalt der Muttermilch einige Tage und vier Wochen nach der Geburt. Dieser wurde dann ins Verhältnis zur täglichen Iodidaufnahme der Frauen gesetzt. Dabei wurde die tägliche Iodidzufuhr durch eine 24 - Stunden - Ernährungsanamnese berechnet. Der Iodidgehalt aller konsumierten Lebensmittel und der Muttermilch wurde mittels

Neutronenaktivierungsanalyse (NAA) bestimmt. Dabei zeigte sich deutlich der Einfluss der koreanischen Sitte, stillenden Frauen in den ersten Tagen nach der Geburt drei - bis fünfmal täglich Meeresalgensuppe zu servieren. Sie enthält hohe Iodidkonzentrationen und sorgte mit 87 % für den größten Anteil bei der Iodversorgung dieser Mütter. (59)

Die durchschnittliche tägliche Iodidaufnahme betrug 2744 µg. Vier Wochen post partum sank die tägliche Iodidzufuhr auf 1295 µg. Diese Entwicklung korrelierte positiv mit dem täglichen Konsum von Meeresalgensuppe. Die Autoren gaben an, dass der Verzehr von Meeresalgensuppe besonders in den ersten Tagen nach der Geburt eine große Rolle spielt und im Laufe von Wochen dann abnimmt. Die Aufnahme von Milch und Rindfleisch machten 7 bzw. 4,7 % der täglichen Iodidversorgung aus.(59)

Die tägliche Iodidzufuhr der koreanischen Wöchnerinnen liegt damit um ein Vielfaches über den von der WHO und DGE geforderten Mengen. Während die WHO eine tägliche Iodidzufuhr von 200 µg / d für stillende Frauen fordert, empfiehlt die DGE 260 µg / d. (23, 84)

4.3 Empfehlungen zur optimalen Iodidversorgung

Zu einer ausgewogenen Ernährung, die ebenso eine ausreichende Iodidaufnahme sichert, zählen in erster Linie kohlenhydrathaltige Lebensmittel wie Brot - und Backwaren, die unter Verwendung von iodiertem Salz hergestellt worden sind. Milch- und Milchprodukte stellen eine hervorragende Iodquelle dar, ihre tägliche Aufnahme ist wünschenswert und praktikabel. Marine Lebensmittel wie Fisch und Meeresfrüchte bestechen ebenso durch hohe Iodidwerte (im Frischgewicht) und sollten mindestens einmal pro Woche verzehrt werden. Iodidverluste beim Garen müssen berücksichtigt werden.

Außerdem sollte auf die Verwendung von Iodsalz in Privathaushalten, in der Gastronomie, Gemeinschaftsverpflegungen, im Lebensmittelhandwerk (Bäckereien etc.) und in der Lebensmittelindustrie geachtet werden. So wird einer breiten Bevölkerungsmasse eine ausreichende Versorgung mit Iodid ermöglicht.

Zusätzlich sollte ein regelmäßiges, bundesweites Iodmonitoring erfolgen, um den aktuellen Stand der Iodversorgung der deutschen Bevölkerung zu erfassen. Dadurch können entsprechende Maßnahmen je nach Iodversorgung modifiziert werden. Hierbei sollten besonders Risikogruppen wie Adoleszente, Rentner sowie schwangere und stillende Frauen berücksichtigt werden.

Dabei ist auch eine mögliche Überversorgung mit Iodid zu bedenken. Besonders durch eine mengenmäßige große Aufnahme von iodreichen Lebensmitteln wie Milch, Milchprodukten und Brot wäre dies möglich.

4.4 Kritische Wertung der Datenerhebung

Untersucht wurden über 500 Lebensmittelproben, die sich aus verschiedenen Lebensmittelgruppen zusammensetzten. Der größte Anteil entfiel auf Getränke ($n = 383$), ein geringerer auf Lebensmittel mit potentiell hohem Iodidgehalt (Milch, Milchprodukte, Brot). Nahrungsmittel mit unterschiedlichem Iodgehalt, wie z.B. Fleisch, Fisch, Gemüse wurden nicht untersucht.

Bei der Erhebung der 7 - Tages - Ernährungsprotokolle zur Abschätzung der alimentären Iodidaufnahme wurden Teilnehmer, die jünger als 20 Jahre bzw. älter als 75 Jahre waren, außer Acht gelassen.

Die Auswertung der Ernährungsprotokolle erfolgte mit der „DGE - PC professional“-Ernährungssoftware, die aus dem Jahre 1999 stammt. Man darf davon ausgehen, dass der Iodidgehalt der Lebensmittel zur Berechnung der Iodidaufnahme aufgrund heutiger Daten zu niedrig liegt.

Aufgrund der von uns erhobenen Daten ist bei den folgenden Lebensmitteln von nachfolgenden medianen Iodidkonzentrationen auszugehen: Saft 2,92 $\mu\text{g I-} / 1$, Bier 2,91 $\mu\text{g I-} / 1$, Softdrinks und Mineralwasser 0,5 $\mu\text{g I-} / 1$, Milch 116,95 $\mu\text{g I-} / 1$, Milchprodukte 125,79 $\mu\text{g I-} / \text{kg}$ und Brot 8,8 $\mu\text{g I-} / \text{kg}$ (Bäckerbrot 174 $\mu\text{g I-} / \text{kg}$). Bei Fisch geht die Bundesforschungsanstalt für Fischerei in Hamburg von 120 - 200 $\mu\text{g Iodid pro 100 g Filet (Frischgewicht)}$ aus. Angenommen ein fiktiver Proband, der sich regelrecht ernährt, äße zum Frühstück 200 g Bäckerbrot und tränke 200 ml Milch dazu. Zum Mittag kämen 150 g Fischfilet sowie 200 ml Fruchtsaft hinzu, für das Abendbrot 100 g Joghurt und 200 g industriell gefertigtes Brot. Bei dieser eher knappen Kalkulation ergibt sich eine Iodidaufnahme von 313,3 $\mu\text{g innerhalb eines Tages}$. Den Hauptanteil der Iodversorgung würde dabei durch Fisch (76,6 %), Brot (11,7 %), Milch (7,5 %) und Joghurt (4,2 %) erfolgen.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Die Iodidaufnahme des Menschen stellt einen wichtigen Faktor im Zusammenhang mit der Schilddrüsenhormonsynthese dar. Diese wiederum spielt eine äußerst wichtige Rolle bei der optimalen Funktion des menschlichen Körpers. Sowohl ein Mangel als auch ein Überschuss an Iod verursachen pathologische Prozesse an der Schilddrüse und beinträchtigen körperliche und seelische Funktionen des Menschen.

Da die Iodidaufnahme über die Nahrung erfolgt und Deutschland lange Zeit ein Iodmangelgebiet war, spielt der Iodidgehalt in Lebensmitteln eine wichtige Rolle.

Seit der Wiedervereinigung beider deutscher Staaten 1990 gelten in den alten und neuen Bundesländern die gleichen Gesetze und damit auch das Freiwilligkeitsprinzip bei der Iodmangelprophylaxe. Eine Reihe von Gesetzen wurde erlassen, um die Iodversorgung der Bevölkerung zu verbessern. Die wichtigsten Maßnahmen stellen die „Erste Verordnung zur Änderung der Vorschriften über jodiertes Speisesalz“ (BGB Teil I, Nr. 28, vom 19.6.1989) und die „Zweite Verordnung zur Änderung der Vorschriften über jodiertes Speisesalz“ (BGB Teil I, Nr. 68, vom 22.12.1993) dar. Damit kann ab 1989 Iodsalz in Großküchen und zur Lebensmittelherstellung eingesetzt werden. Ab 1993 entfällt die Deklarierungspflicht von Iodsalz bei lose verkauften Lebensmitteln und in Gemeinschaftsverpflegungen.

In der zweiten Hälfte der 1990er Jahre zeigt sich trotz gleichbleibender Abkäufraten von iodiertem Speisesalz (Paketsalz im Einzelhandel, Großgebinde für Lebensmittelhandwerk und - Industrie) ein kontinuierlicher Anstieg der Iodidurie der Bevölkerung. Diese Diskrepanz wirft die Frage nach Iodideinträgen in die Nahrungskette auf. Hierfür könnten nichtkalkulierbare Quellen wie Nahrungsergänzungsmittel, Diagnostika, Medikamente sowie sogenannte „Iodnester“ in Lebensmitteln verantwortlich sein .

Es zeigte sich in den letzten Jahren ein Anstieg der Iodidwerte bei Lebensmittel, insbesondere bei Milch und Milchprodukten.

In der von uns durchgeföhrten Untersuchung zeigten sich hohe Iodidkonzentrationen bei Milch, Milchprodukten und mit iodiertem Speisesalz gebackenes Brot. Damit stellen diese Lebensmittel relevante Iodidträger dar.

Die Iodidwerte der untersuchten Getränkeproben von Säften, Bier, Mineralwasser und Softdrinks liegen niedrig und spielen in der alimentären Iodversorgung nur eine marginale Rolle. Auch industriell gefertigtes Brot leistet nur einen minimalen Beitrag zur täglichen

Iodversorgung. Die von uns ermittelten Iodidkonzentrationen bestätigen damit im Trend Untersuchungen aus Europa und Amerika.

Die untersuchte Ernährungssituation bezüglich der Iodidaufnahme der 40 Probanden brachte Werte zu Tage, die nach WHO - und DGE - Richtlinien als nicht ausreichend einzuschätzen sind. Diese Aussage steht im Widerspruch zu der von Scriba und Meng 2002 konstatierten Erklärung, dass bei etwa 70 % der deutschen Bevölkerung eine ausreichende Iodversorgung bestehe. Die Ursache liegt hochwahrscheinlich in der Software „DGE - professional“ aus dem Jahr 1999. Diese rechnet mit den niedrigen Iodidgehalten von vor 1999.

6 THESEN

1. In einer Vielzahl wissenschaftlicher Arbeiten ist der Einfluss der Ernährung auf die Entstehung von Schilddüsenerkrankungen nachgewiesen worden. Dabei spielt insbesondere der Iodidgehalt der Lebensmittel eine relevante Rolle, da Iod als essentieller Baustein für die Synthese der Schilddrüsenhormone gilt.
2. Hampel et al. wiesen 2004 (37) darauf hin, dass trotz Stagnation beim Verbrauch von iodiertem Speisesalz seit Mitte der 1990er Jahre, die Iodversorgung der deutschen Bevölkerung sich zunehmend verbesserte. Als mögliche Ursachen wurden Iodideinträge in die Nahrungskette aus unkalkulierbaren Quellen diskutiert. Bei kleineren Stichproben waren relativ hohe Iodidkonzentrationen in diversen Softdrinks und Fruchtsaftgetränken gefunden worden. Als mögliche Ursache dafür wurde u.a. die als Aufschlussmethode eingesetzte saure Veraschung diskutiert, da hier ein unvollständiger Aufschluss der Probematrizen vermutet wurde.
3. Im Rahmen dieser Arbeit sollte nun der tatsächliche Iodidgehalt von häufig konsumierten Lebensmitteln wie Getränke, Milch, Milchprodukte und Brot ermittelt werden. Dafür wurden bei über 500 Lebensmittelproben mittels HPLC der jeweilige Iodidgehalt bestimmt. Zuvor war der Aufschluss der Proben durch alkalische Veraschung erfolgt. Zusätzlich waren 40 Probanden rekrutiert worden, deren tägliche Iodidaufnahme mithilfe eines 7 - Tage - Verzehrsprotokoll ermittelt wurde. Alle Probanden waren zu jenem Zeitpunkt wohnhaft in Deutschland und hatten eine leere Schilddrüsenanamnese.
4. Bei den 170 untersuchten Saftproben ergab sich eine mediane Iodidkonzentration von $2,92 \mu\text{g I-} / \text{l}$. Als nennenswerte Iodquelle spielen sie keine Rolle. Die Einzelwerte zeigten einen erheblichen Streubereich zwischen $0,5$ und $132 \mu\text{g I-} / \text{l}$. Als Ursache der Werte $> 50 \mu\text{g I-} / \text{l}$ kommen die Reinigung von Produktionsanlagen mit Iodophoren sowie die (teilweise nicht deklarierte) Verwendung von Iodsalz bei diversen Gemüsesäften in Betracht.

5. Bei den Bieren wurden 152 Proben hinsichtlich ihres Iodidgehaltes untersucht. Die mediane Iodidkonzentration betrug $2,91 \mu\text{g I-} / \text{l}$. Der Iodidgehalt der Biere ist vernachlässigbar niedrig. Im Vergleich der Biere aus Norddeutschland zu den Biere aus Mittel- und Süddeutschland zeigten die norddeutschen Biere tendenziell höhere mediane Iodidkonzentrationen als die mittel – und süddeutschen. Der Unterschied war jedoch nicht signifikant. Hochwahrscheinlich liegt die Ursache im höheren Iodidgehalt des Grund - und Trinkwassers in Norddeutschland.
6. Die Softdrink - und Mineralwasserproben enthielten die niedrigsten Iodidkonzentrationen aller in dieser Arbeit untersuchten Lebensmittel. Der Median lag bei $0,5 \mu\text{g I-} / \text{l}$. Damit leisten auch diese Lebensmittelgruppen keinen entscheidenden Beitrag zur täglichen Iodidversorgung des Menschen.
7. Die mediane Iodidkonzentration der Poolmilchproben belief sich auf $116,95 \mu\text{g I-} / \text{l}$. Dabei unterschieden sich die Iodidwerte der Sommermilchen nicht signifikant von denen der Wintermilchen. Aufgrund des relativ hohen Iodidgehaltes der Poolmilch ist sie für den täglichen Verzehr zur Sicherstellung einer optimalen Iodversorgung hervorragend geeignet. Als Gründe für die relativ hohen Iodidgehalte der Milchen werden zum einen iodidhaltige Mineralstoffgemische im Tierfutter ($5 – 10 \text{ mg I-} / \text{kg}$), zum anderen die Reinigung von Produktions - und Melkanlagen sowie zur Zitzendesinfektion verwendete Iodophore angesehen.
8. Bei den Milchprodukten wurden die höchsten Iodidkonzentrationen aller untersuchten Lebensmittel gemessen. Der mediane Iodidgehalt betrug $125,79 \mu\text{g I-} / \text{kg}$. Sie dienen ebenfalls als hervorragende Iodlieferanten in der Ernährung des Menschen. Die Ursache des hohen Iodidgehaltes der Milchprodukten sind dieselben wie die bei den Milchen. Außerdem kommt es bei der Herstellung von Milchprodukten zu Konzentrierungsprozessen der Milch. Dies erklärt die im Vergleich zu den Milchen höhere Iodidkonzentration.

9. Die Stichprobe von 63 Broten ergab eine mediane Iodidkonzentration von 8,8 µg I- / kg. Die einzelnen Proben zeigten erhebliche Unterschiede. Die Iodidwerte variierten zwischen < 5 und 481,4 µg I- / kg. Die abgepackten Brote aus den Supermärkten enthielten signifikant ($p < 0,05$) und numerisch erheblich niedrigere Iodidkonzentrationen als die aus den Bäckereien. 20 Brotproben waren von Bäckereien erworben worden, die für ihre Brotteige ausschließlich Iodsalz verwenden. Der Iodidgehalt der Bäckerbrote lag im Median bei 174 µg I- / kg. Bäckerbrote, die mit Iodsalz hergestellt werden, eignen sich vorzüglich als tägliche Iodquelle. Die Brotproben der Supermärkte wiesen mediane Iodidmengen von 7,03 µg I- / kg auf. Industriell ohne Iodsalz hergestellte Brote liefern kaum einen relevanten Beitrag zur Iodversorgung der Bevölkerung.
10. Bei den untersuchten Varia wurde der Iodidgehalt so unterschiedlicher Lebensmittel wie Honig, Konfitüre, Schokoladenaufstrich, Sojamilch, Rotwein und Obst ermittelt. Er lag im Median bei den festen Lebensmitteln bei 31,74 µg I- / kg. Den höchsten Wert mit 97,93 µg I- / kg erzielte ein Schokoladenaufstrich, der zu großen Teilen aus Milch hergestellt wurde. Es ist zu vermuten, dass dieser durch den hohen Iodidgehalt der verwendeten Milch und den Konzentrierungsprozess während der Herstellung entstanden ist. Da Schokoladenaufstriche besonders bei Kindern und Jugendlichen beliebt sind, eignen sie sich durchaus als tragbare Iodlieferanten. Die niedrigsten Iodidwerte zeigte das untersuchte Obst, die Werte lagen zwischen < 1 und 17,47 µg I- / kg. Die mittlere Iodidkonzentration der untersuchten Getränke (Sojamilch, Rotwein) lag bei 69,15 µg I- / l.
11. Zum Erfassen der täglichen alimentären Iodidzufuhr wurde von 40 Probanden anhand eines 7 - Tage - Verzehrsprotokoll die tägliche Iodidaufnahme ermittelt. Diese betrug im Mittel 91,7 µg I-. Dabei lag die tägliche Aufnahme der männlichen Probanden bei 98,3 µg, die der weiblichen Probanden lag bei 85,8 µg. Die Ursache für die höhere Iodidaufnahme der Männer liegt in der quantitativ größeren Nahrungsaufnahme mit einer konsekutiv höheren Iodidzufuhr.

12. Innerhalb der verschiedenen Altersgruppen zeigte die Gruppe der 51 - bis 65Jährigen mit 96,3 µg die höchste tägliche Iodidaufnahme, gefolgt von der Gruppe der 66 - bis 73Jährigen, die im Durchschnitt täglich 93 µg Iodid konsumierten. Die durchschnittliche Iodidaufnahme der Gruppe der 20 - bis 25Jährigen sowie der 26 - bis 50Jährigen waren annähernd gleich. Bei ersterer betrug sie 90,4 µg / d, bei letztere lag sie bei 91,2 µg / d.
13. Unterteilt nach dem Bildungsstand lag die Gruppe der Akademiker bei einer im Mittel täglichen Iodidaufnahme von 90,6 µg etwas niedriger als die Gruppe der Nichtakademiker, deren tägliche Aufnahme 93,8 µg betrug.
14. Bezuglich ihres Bodymassindexes zeigte die Gruppe der Normalgewichtigen die höchste Iodidaufnahme. Die Teilnehmer nahmen im Durchschnitt 97,7 µg Iodid täglich auf. In der Gruppe der Untergewichtigen betrug die tägliche Iodidaufnahme nur 87,1 µg. Am wenigsten nahmen die übergewichtigen Probanden auf, ihre tägliche Iodidaufnahme betrug im Mittel 80,4 µg.
15. Laut WHO - Richtlinien liegen alle Gruppen unterhalb der geforderten Iodidmenge, die bei mindestens 150 µg täglich liegen sollte.(84) Insgesamt erreichte lediglich ein Teilnehmer die erforderliche Mindestmenge. Nur 30 % der Probanden erreichten eine tägliche Iodidaufnahme, die mindestens 100 µg / d betrug. Unsere erhobenen Werte stellen hochwahrscheinlich Unterschätzungen dar, weil die verwendete Software „DGE - professional“ aus dem Jahr 1999 mit Iodidgehalten von Milch, Milchprodukten und Brot rechnet, die im Vergleich mit den heutigen Werten wesentlich niedriger lagen.

7 LITERATUR

1. Anonymus: Bio ist am besten. In: test (Stiftung Warentest) 11 (2007), S.16-22
2. Arbeitskreis Jodmangel. In: Jodmangel in Deutschland 1984 - 2004. Ausgangslage - Maßnahmen - Jodversorgungslage heute. (2005)
3. Arbeitskreis Jodmangel. In: Jodmangel in Deutschland 1984 – 2004. Chronologie von Forderungen und Feststellungen zur Versorgungslage. (2005)
4. Arbeitskreis Jodmangel. Jodmangel und Jodversorgung in Deutschland. (2003)
5. Arbeitskreis Jodmangel. Jodmangel – und Jodversorgungssituation im Überblick. (2005)
6. Arbeitskreis Jodmangel. Jodmangel und Schilddrüse – 25 Fragen und Antworten. (2002)
7. Arbeitskreis Jodmangel. Kleiner Jodratgeber – Tipps zur Vorbeugung gegen Jodmangelkrankheiten. (2007)
8. Bader N, Möller U, Leiterer M, Franke K, Jahreis G: Pilot Study: Tendency of Increasing Iodine Content in Human Milk and Cow's Milk. In: Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes 113 (2005), S.8-12
9. Bauch K, Seitz W, Forster S, Keil U: Die interdisziplinäre Jodprophylaxe der ehemaligen DDR nach der deutschen Wiedervereinigung und der Stellenwert jodierten Paket – Speisesalzes für die Verbesserung der alimentären Jodversorgung. In: Zeitung gesamte Innere Medizin 46 (1991), S.615-620
10. Bauch K, Seitz W, Forster S, Keil U: Zur Frage des alimentären Jodmangels in der DDR nach Einführung der interdisziplinären Jodprophylaxe. In: Zeitung gesamte Innere Medizin 45 (1990), S.8-11
11. BGB Teil I Nr.28 19.06.1989: Erste Verordnung zur Änderung der Vorschriften über jodiertes Speisesalz.

12. BGB Teil I Nr.63 29.11.1991: Jodiertes Nitritpökelsalz wird erlaubt.
13. BGB Teil I Nr.68 22.12.1993: Zweite Verordnung zur Änderung der Vorschriften über jodiertes Speisesalz.
14. Below H, Kahlert H: Determination of iodide in urine by ion – pair chromatography with electrochemical detection. In: Fresenius' Journal of Analytical Chemistry 371 (2001), S.431-436
15. Benotti J, Benotti N, Pino S, Gardyna H: Determination of total iodine in urine, stool, diets and tissue. In: Clinical Chemistry 11 (1965), S.932-936
16. Braunschweig - Pauli D: Die Jodlüge. Das Märchen vom gesunden Jod. München: Herbig Verlag, 2003.
17. Braunschweig - Pauli D: Krankmacher Jod. Bad Schönborn: Verlag Ganzheitliche Gesundheit, 2002.
18. Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin und Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung: Jod, Folsäure und Schwangerschaft – Ratschläge für Ärzte. Merkblatt Nr.58 (2001)
19. Bürgi H, Baumgartner H, Steiger G: Gibt es eine obere Verträglichkeitsgrenze der alimentären Jodzufuhr. In: Schweizer Medizinische Wochenschau 112 (1982), S.2-5
20. Dahl L, Johansson L, Julshamn K, Meltzer HM: The iodine content of Norwegian foods and diets. In: Public Health Nutrition 7 (2003), S.569-576
21. Deutsche Gesellschaft für Ernährung und der Arbeitskreis für Jodmangel: Empfehlungen zur Jodzufuhr. (2005)
22. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.: DGE – PC professional Version 2.70.010. Computer – Software. Albat und Wirsam, 1999.

23. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Frankfurt am Main: Umschau/ Braus Verlag, 2000.
24. Elmada I, Weichselbaum E: European Nutrition and Health Report 2004. In: Forum of Nutrition 58 (2005), S.1-16
25. European Commission: Opinion of the scientific committee on food on the tolerable upper intake level of iodine. www.ceecis.org/iodine/07_legislation/EU%20and%20legislation/eu_upper_iodine_intake.pdf; Internet: Brüssel. 2002
26. Franke W-G, Grüning T, Wunderlich G, Zöphel K: Aktuelle Aspekte des Jodmangels und des Jodüberschusses. Berlin: Blackwell Wissenschaftsverlag, 2000.
27. Gärtner R: Aktuelle Daten zum Jodgehalt in Milch und Jodausscheidung bei Schwangeren (Medizinische Klinik Innenstadt, Universität München – persönliche Mitteilung Februar 2008)
28. Gärtner R, Dugrillon A: Vom Jodmangel zur Struma. In: Der Internist 39 (1998), S.566-573
29. Grimm D: Chemie. Stuttgart : Deutscher Apotheker Verlag, 2003.
30. Grossklaus R, Jahreis G: Universelle Salzjodierung für Mensch und Tier. In: Ernährungs – Umschau 51 (2004), S.138-143
31. Haldimann M, Alt A, Blanc A, Blondeau K: Iodine content of food groups. In: Journal of food composition and Analysis 18 (2005), S.461-471
32. Hampel R, Beyersdorf – Radeck B, Below H, Demuth M, Seelig K: Jodidurie bei Schulkindern in Deutschland 1999 im Normbereich. In: Medizinische Klinik 96 (2001), S.125-128

33. Hampel R, Gordalla A, Zöllner H, Klinke D, Demuth M: Anstieg der alimentären Jodaufnahme in den letzten zweieinhalb Jahren bei Jugendlichen in Mecklenburg/Vorpommern. In: Der Kassenarzt 9 (1997), S.39-40
34. Hampel R, Kühlberg T, Klein K, Jerichow JU, Pichmann E-G, Clausen V, Schmidt I: Strumaprävalenz in Deutschland bisher größer als angenommen. In: Medizinische Klinik 90 (1995) , S.324-329
35. Hampel R, Zöllner H, Below H: Anmerkungen zur Analytik von Jodid in Lebensmitteln. In: Ernährungs – Umschau 51 (2004), S.461
36. Hampel R, Zöllner H, Klinke D, Klein K, Pichmann E-G, Kramer A: Alimentäre Jodversorgung in Deutschland. In: Münchener medizinische Wochenschau 138 (1996), S.78-80
37. Hampel R, Zöllner H: Zur Jodversorgung und Belastung mit strumigenen Noxen in Deutschland. In: Ernährungs-Umschau 51 (2004), S.132-137
38. Herold G: Innere Medizin. Köln: Herold Verlag, 2006.
39. Heseker H, Adolf T, Eberhardt W: Lebensmittel – und Nährstoffaufnahme Erwachsener in der Bundesrepublik Deutschland. VERA – Schriftenreihe III. Niederkleen: Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, 1994.
40. Hintze G, Emrich D, Köbberling J: Treatment of endemic goiter due to iodine deficiency with iodine, levothyroxine or both: results of a multicentre trial. In: European Journal of clinical Investigation 12 (1989), S.209-220
41. Holland B, Welch AA, Unwin ID, Buss DH, Paul AA, Southgate DAT: McCance and Widdowson's the composition of foods. Cambridge, London: Royal Society of Chemistry, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1992.
42. Horn A, Vosberg H, Wagner H: Schilddrüse konkret. Diagnostik und Therapie der Schilddrüsenkrankheiten. Stuttgart: Thieme Verlag, 1999.

43. Jahreis G, Hausmann W, Kiessling G, Franke K, Leiterer M: Bioavailability of iodine from normal diets rich in dairy products – results of balance studies in women. In: Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes 109 (2001), S.163-167
44. Jahreis G, Leiterer M, Franke K, Maichrowitz W, Schöne F, Hesse V: Jodversorgung bei Schulkindern und zum Jodgehalt der Milch. In: Kinderärztliche Praxis 16 (1999), S.172-181
45. Karl H, Münker W: Jod in marinen Lebensmitteln. In: Ernährungs – Umschau 46 (1999), S.288-291
46. Kirk KL: Biochemistry of the elemental Halogens and inorganic Halides. New York: Plenum Press, 2000.
47. Klinke R, Silbernagl S: Lehrbuch der Physiologie. Stuttgart, New York: Thieme Verlag, 2003.
48. Lauber K: Iodine determination in biological material. Kinetic measurement of the catalytic activity of iodide. In: Analytical Chemistry 47 (1975), S.469-471
49. Liesenkötter KP, Kiebler A, Stach B, Willgerodt H, Grüters A: Small thyroid volumes and normal excretion in Berlin schoolchildren indicate full normalization of iodine supply. In: Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes 105 (1997), S.46-50
50. Löffler G: Basiswissen Biochemie. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1999.
51. London WT, Vought VL, Brown F: Bread: a dietary source of large quantities of iodine. In: New England Journal of Medicine 223 (1966), S.338
52. Lorenz – Wawschinek O, Tiran B, Eber O, Langsteger W: Photometric determination of iodine in urine. In: Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes 102 (1994), S.57-58

53. Manz F, Anke M, Bohnet HG, Gärtner R, Grossklaus R, Klett M, Schneider R: Jod-Monitoring 1996 - Representative Studie zur Erfassung des Jodversorgungszustandes der Bevölkerung Deutschlands. Band 110 der Schriftenreihe des Bundesministerium für Gesundheit. Baden – Baden: Nomos – Verlagsgesellschaft, 1998.
54. Meng W: Schilddrüsenerkrankungen. München, Jena: Urban & Fischer Verlag, 2002.
55. Meng W, Schindler A, Bednar J, Krabbe S, Tuschy U, Ermisch U: Die alimentäre Jodversorgung der Bevölkerung in den neuen Bundesländern nach dem Erliegen der allgemeinen Strumaprophylaxe. In: Aktuelle Ernährungsmedizin 19 (1994), S.18-24
56. Meng W, Schindler A, Horack S, Lux E, Muche A: Renale Jodausscheidung bei Schülern in Ostdeutschland. Eine prospektive Studie von 1989 bis 1996. In: Medizinische Klinik 93 (1998), S.347-351
57. Meng W, Scriba PC: Jodversorgung in Deutschland. In: Deutsches Ärzteblatt 99 (2002), S.2560-2564
58. Metges C, Greil W, Gärtner R: Influence of knowledge on iodine content in foodstuffs and prophylactic usage of iodized salt on urinary iodine excretion and thyroid volume of adults in southern Germany. In: Zeitschrift für Ernährungswissenschaft 35 (1996), S.6-12
59. Moon S, Kim J: Iodine content of human milk and dietary iodine intake of Korean lactating mothers. In: International Journal of Food Science and Nutrition 50 (1999), S.165-171
60. Paracelsus T: Septem Defensiones. Die Selbstverteidigung eines Aussenseiters. Übertr. u. Einf. v. Gunhild Pörksen. Basel: Schwabe & Co. Verlag, 2003.
61. Pearce EN, Pina S, He X, Bazrafshan HR, Lee SL, Braverman LE: Sources of dietary iodine: Bread, Cows' Milk and infant formula in the Boston area. In: Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism 89 (2004), S.3421-3424

62. Pfannenstiel P: Therapie der endemischen Struma mit Levothyroxin und Jodid. Ergebnisse einer multizentrischen Studie. In: Deutsche Medizinische Wochenrundschau 113 (1988), S.326-331
63. Pickardt CR: Therapie der Jodmangelstruma. In: Deutsche Medizinische Wochenrundschau 11 (1986), S.1810-1811
64. Pittman JA, Dailey GE, Beschi RJ: Changing normal values for thyroidal radioiodine uptake. In: New England Journal of Medicine 280 (1969), S.1431-1434
65. Radmacher W, Ebert W, Pickert J: Einführung in die Chemie. 4. völlig neu bearb.Aufl. Essen: Girardet Verlag, 1976.
66. Rasmussen LB, Larsen EH, Ovesen L: Iodine content in drinking water and other beverages in Denmark. In: European Journal of Clinical Nutrition 54 (2000), S.57-60
67. Remer T, Fonteyn N : Untersuchungen zum Jodgehalt in Fruchtsäften und Milch. In: Ernährungs – Umschau 51 (2004), S.459-460
68. Rendl J, Juhran N, Reiners C: Thyroid volumes and urinary iodine in German schoolchildren. In: Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes 109 (2001), S.8-12
69. Rysava L, Kubackova J, Stransky M: Jod - und Selengehalte in der Milch aus 9 europäischen Ländern. In: Proceedings of the German Nutrition Society 10 (2007), S.45
70. Sachs BA, Siegel E, Horwitt BN: Bread iodine content and thyroid radioiodine uptake: a tale of two cities. In: British Medical Journal 1 (1972), S.79-81
71. Sandell EB, Kolthoff IM: Chronometric catalytic method for the determination of microquantities of iodine. In: Journal of the American Chemical Society 56 (1934), S.1426

72. Sandell EB, Kolthoff IM: Microdetermination of iodine by a catalytic method. In: *Microchimica Acta* 1 (1937), S.9-25
73. Schindler A, Spieker K, Meng W: Jodurie und Schilddrüsenvolumen Jugendlicher in Nord - Ostdeutschland 1989 – 1998. In: Seibel MJ, Weinheimer B, Ziegler R, eds.: *Die Schilddrüse und ihre Beziehung zum Organismus*. Berlin, New York: de Gruyter Verlag, 2000. S.328.330.
74. Schöne F, Leiterer M, Hartung H, Jahreis G, Tischendorf F: Rapeseed glucosinolates and iodine in sows affect the milk iodine concentration and the iodine status of piglets. In: *British Journal of Nutrition* 85 (2001), S.659-670
75. Schwarze J: *Grundlagen der Statistik I. Beschreibende Verfahren*. Herne, Berlin: Verlag Neue Wirtschaftsbücher, 2005.
76. Schwedt G: *Taschenatlas der Analytik*. Stuttgart: Thieme Verlag, 1996.
77. Scriba PC, Gärtner R: Risiken der Jodprophylaxe. In: *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 125 (2000), S.671-675
78. Siegenthaler W: *Differenzialdiagnose Innerer Krankheiten*. Stuttgart, New York: Thieme Verlag, 2000.
79. Subcommittee of the tenth edition of the RDAs & food and nutrition board, Commission on life sciences, N.R.C.I.: *Recommended dietary allowances*. Washington DC: National Academy Press, 1989.
80. Vague J: Die Geschichte der Endokrinologie bis zum zweiten Weltkrieg. Aus: *Illustrierte Geschichte der Medizin*. Erlangen: Karl Müller Verlag, 1992.
81. Vague J: Die Geschichte der Endokrinologie nach dem zweiten Weltkrieg. Aus: *Illustrierte Geschichte der Medizin*. Erlangen: Karl Müller Verlag, 1992.

82. Wawschinek O, Eber O, Petek W, Wakonig P, Gürakar A: Bestimmung der Harnjodausscheidung mittels einer modifizierten Cer – Arsenitmethode. In: Berichte der OGKC 8 (1985), S.13-15
83. WHO: Obesity: preventing and managing the global epidemic. WHO technical report series 894. Genf: WHO, 2000.
84. WHO: Recommended Iodine Levels in Salt and Guidelines for Monitoring Their Adequacy and Effectiveness. Genf: WHO, 1996.
85. Wiesner E, Ribbeck R: Lexikon der Veterinärmedizin. Stuttgart: Enke im Hippokrates Verlag, 2000.
86. Willgerodt H, Baldauf T, Dannenberg C, Keller E, Stach B: Aktueller Stand der Jodversorgung und Schilddrüsenvolumina von Leipziger Schülern. In: Die Schilddrüse und ihre Beziehungen zum Organismus. Berlin, New York: Walter de Gruyter Verlag, 2000.
87. Willgerodt H, Keller E, Perschke C, Stach B: The status of iodine nutrition in newborn infants, schoolchildren, adolescents and adults in former East Germany. In: Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes 105 (1997), S.38-42
88. Wolff J: Excess iodide inhibits the thyroid by multiple mechanisms. In: Ekholm R, Kohn LD, Wollmann SH: Control of the thyroid gland. New York: Plenum Verlag, 1989.
89. Zabransky S, Thomizek K, Michaeli Y, Jesberger H-J, Sewell A, Böhles HJ: Sonografische Volumenbestimmung der Schilddrüse und Jodanalysen im Morgenurin bei Jugendlichen im Saarland. In: Die Schilddrüse und ihre Beziehungen zum Organismus. Berlin, New York: Walter de Gruyter Verlag, 2000.
90. Zöllner H, Kramer A, Hampel R: Iodmangelscreening. Screening for deficiency of iodine. In: GIT Labor – Medizin 18 (1995), S.330-332

8 ANHANG

8.1 Tabellen

Tabelle 1: Iodidkonzentration in Lebensmitteln (Getränke)

Probe	Lebensmittel	µg/l
1	Fruchtsaft	<1
2	Fruchtsaft	19,20
3	Fruchtsaft	<1
4	Fruchtsaft	2,48
5	Fruchtsaft	5,73
6	Fruchtsaft	<1
7	Fruchtsaft	12,19
8	Fruchtsaft	1,94
9	Fruchtsaft	1,84
10	Fruchtsaft	<1
11	Fruchtsaft	3,56
12	Fruchtsaft	4,66
13	Fruchtsaft	3,91
14	Fruchtsaft	5,11
15	Fruchtsaft	3,24
16	Fruchtsaft	5,32
17	Fruchtsaft	<1
18	Fruchtsaft	<1
19	Fruchtsaft	6,20
20	Fruchtsaft	3,55
21	Fruchtsaft	2,86
22	Fruchtsaft	<1
23	Fruchtsaft	<1
24	Fruchtsaft	<1
25	Fruchtsaft	<1
26	Fruchtsaft	10,10
27	Fruchtsaft	14,70
28	Fruchtsaft	8,50
29	Fruchtsaft	18,20
30	Fruchtsaft	4,50
31	Gemüsesaft	5,80
32	Gemüsesaft	5,50
33	Gemüsesaft	3,50
34	Gemüsesaft	<1
35	Gemüsesaft	<1
36	Gemüsesaft	<1
37	Gemüsesaft	<1
38	Gemüsesaft	<1
39	Gemüsesaft	<1
40	Gemüsesaft	<1
41	Gemüsesaft	<1
42	Gemüsesaft	132,00
43	Gemüsesaft	<1
44	Gemüsesaft	8,40
45	Gemüsesaft	<1

Probe	Lebensmittel	µg/l
46	Gemüsesaft	4,50
47	Gemüsesaft	5,20
48	Gemüsesaft	2,00
49	Gemüsesaft	13,30
50	Gemüsesaft	13,50
51	Gemüsesaft	3,40
52	Gemüsesaft	4,00
53	Gemüsesaft	8,70
54	Gemüsesaft	4,20
68	Gemüsesaft	18,00
69	Fruchtsaft	<1
70	Fruchtsaft	<1
71	Fruchtsaft	1,40
72	Fruchtsaft	<1
73	Fruchtsaft	1,50
74	Fruchtsaft	<1
75	Fruchtsaft	<1
76	Fruchtsaft	<1
77	Fruchtsaft	<1
78	Gemüsesaft	29,70
79	Gemüsesaft	<1
80	Fruchtsaft	<1
81	Fruchtsaft	<1
82	Mineralwasser	<1
83	Mineralwasser	<1
84	Mineralwasser	<1
85	Mineralwasser	<1
86	Mineralwasser	<1
87	Mineralwasser	<1
96	Bier	<1
97	Bier	<1
98	Bier	<1
99	Bier	<1
100	Bier	<1
101	Bier	<1
102	Bier	<1
103	Bier	<1
104	Bier	<1
105	Bier	<1
106	Bier	<1
107	Bier	<1
108	Bier	<1
109	Bier	<1
110	Bier	10,20
111	Bier	<1

Tabelle 1: Iodidkonzentration in Lebensmitteln (Getränke)

Probe	Lebensmittel	µg/l
112	Bier	<1
113	Bier	<1
114	Bier	<1
115	Bier	<1
116	Bier	<1
117	Bier	<1
118	Bier	<1
119	Bier	<1
120	Bier	<1
121	Bier	9,00
122	Bier	<1
123	Bier	<1
124	Bier	<1
125	Bier	<1
126	Bier	<1
127	Bier	<1
128	Bier	<1
129	Bier	10,50
130	Bier	3,21
131	Bier	<1
132	Bier	<1
133	Bier	<1
134	Bier	1,94
135	Bier	1,17
136	Bier	1,62
137	Bier	2,56
138	Bier	<1
139	Bier	1,32
140	Bier	2,55
141	Bier	2,91
143	Bier	<1
144	Bier	2,44
145	Bier	3,08
146	Bier	2,41
147	Bier	6,24
148	Bier	1,08
149	Bier	4,42
150	Bier	1,60
151	Bier	3,56
152	Bier	<1
153	Bier	2,14
154	Bier	2,39
155	Bier	4,63
156	Bier	4,35
157	Bier	5,05
158	Bier	8,60
159	Bier	1,30
160	Bier	14,08

Probe	Lebensmittel	µg/l
161	Bier	<1
162	Bier	8,02
163	Bier	8,18
164	Bier	5,23
165	Bier	8,27
166	Bier	21,15
167	Bier	8,73
168	Bier	4,83
169	Bier	<1
170	Bier	5,17
171	Bier	<1
172	Bier	6,41
173	Bier	2,38
174	Bier	7,92
175	Bier	<1
176	Bier	3,23
177	Bier	2,62
178	Bier	2,79
179	Bier	4,69
180	Bier	6,70
181	Bier	0,68
182	Bier	15,05
183	Bier	8,29
184	Bier	12,51
185	Bier	4,27
186	Bier	5,76
187	Bier	2,83
188	Bier	1,01
189	Bier	1,73
190	Bier	4,13
191	Bier	3,67
192	Bier	4,30
193	Bier	4,58
194	Bier	4,72
195	Bier	2,24
196	Bier	2,41
197	Bier	4,47
198	Bier	12,83
199	Bier	19,93
200	Bier	9,15
201	Bier	9,30
202	Bier	7,80
203	Bier	3,60
204	Bier	9,00
205	Gemüsesaft	1,00
206	Softdrink	2,08
207	Fruchtsaft	2,88
208	Fruchtsaft	0,72

Tabelle 1: Iodidkonzentration in Lebensmitteln (Getränke)

Probe	Lebensmittel	µg/l
209	Fruchtsaft	2,84
210	Fruchtsaft	<1
211	Fruchtsaft	<1
212	Fruchtsaft	<1
213	Fruchtsaft	<1
214	Fruchtsaft	<1
215	Gemüsesaft	<1
216	Gemüsesaft	<1
217	Fruchtsaft	<1
218	Softdrink	<1
219	Softdrink	<1
220	Gemüsesaft	<1
221	Softdrink	11,60
222	Fruchtsaft	11,80
223	Fruchtsaft	<1
224	Fruchtsaft	<1
225	Fruchtsaft	<1
226	Fruchtsaft	<1
227	Fruchtsaft	<1
228	Fruchtsaft	<1
229	Fruchtsaft	<1
230	Fruchtsaft	<1
231	Fruchtsaft	<1
232	Gemüsesaft	<1
233	Gemüsesaft	<1
234	Fruchtsaft	<1
235	Fruchtsaft	<1
236	Softdrink	<1
237	Softdrink	<1
238	Softdrink	<1
239	Gemüsesaft	<1
242	Mineralwasser	<1
247	Mineralwasser	<1
248	Mineralwasser	<1
249	Softdrink	<1
250	Fruchtsaft	5,94
251	Fruchtsaft	1,88
252	Fruchtsaft	<1
253	Fruchtsaft	3,78
254	Gemüsesaft	1,86
255	Fruchtsaft	2,01
256	Fruchtsaft	2,09
257	Fruchtsaft	<1
258	Fruchtsaft	4,22
259	Fruchtsaft	3,16
260	Fruchtsaft	9,08
261	Fruchtsaft	6,01
262	Fruchtsaft	0,94

Probe	Lebensmittel	µg/l
263	Fruchtsaft	79,73
264	Fruchtsaft	62,64
265	Fruchtsaft	4,80
266	Fruchtsaft	4,34
267	Fruchtsaft	6,93
268	Fruchtsaft	3,78
269	Fruchtsaft	3,48
270	Gemüsesaft	72,83
271	Fruchtsaft	14,47
272	Fruchtsaft	<1
273	Fruchtsaft	4,42
274	Fruchtsaft	2,42
275	Gemüsesaft	3,27
276	Fruchtsaft	<1
277	Fruchtsaft	3,99
278	Fruchtsaft	4,09
279	Fruchtsaft	<1
280	Fruchtsaft	1,78
281	Fruchtsaft	<1
282	Fruchtsaft	3,75
283	Fruchtsaft	4,78
284	Fruchtsaft	5,88
285	Fruchtsaft	3,46
286	Fruchtsaft	3,08
287	Fruchtsaft	3,58
288	Fruchtsaft	3,06
289	Fruchtsaft	3,73
290	Fruchtsaft	3,33
291	Fruchtsaft	4,31
292	Fruchtsaft	2,68
293	Mineralwasser	<1
294	Mineralwasser	3,96
295	Mineralwasser	2,98
296	Mineralwasser	<1
297	Mineralwasser	3,03
298	Fruchtsaft	1,33
299	Gemüsesaft	97,00
305	Fruchtsaft	5,69
306	Gemüsesaft	13,24
307	Softdrink	3,45
308	Fruchtsaft	24,48
309	Fruchtsaft	4,59
310	Fruchtsaft	27,48
311	Fruchtsaft	3,14
312	Fruchtsaft	3,50
313	Fruchtsaft	3,64
314	Fruchtsaft	2,95
317	Fruchtsaft	3,15

Tabelle 1: Iodidkonzentration in Lebensmitteln (Getränke)

Probe	Lebensmittel	µg/l
318	Fruchtsaft	30,69
319	Fruchtsaft	70,54
320	Fruchtsaft	2,66
321	Gemüsesaft	45,62
322	Gemüsesaft	6,51
323	Fruchtsaft	3,22
324	Gemüsesaft	11,49
325	Softdrink	<1
326	Softdrink	2,76
327	Mineralwasser	4,07
328	Mineralwasser	3,18
329	Softdrink	3,41
330	Softdrink	1,89
337	Fruchtsaft	5,10
338	Fruchtsaft	1,22
339	Fruchtsaft	10,47
340	Fruchtsaft	32,26
341	Fruchtsaft	2,32
342	Mineralwasser	<1
343	Mineralwasser	<1
344	Fruchtsaft	2,16
345	Fruchtsaft	2,38
346	Fruchtsaft	2,63
347	Fruchtsaft	1,67
348	Fruchtsaft	1,93
353	Fruchtsaft	3,40
354	Mineralwasser	<1
355	Fruchtsaft	3,45
356	Mineralwasser	1,09
357	Fruchtsaft	3,11
358	Mineralwasser	<1
359	Fruchtsaft	5,12
360	Fruchtsaft	5,24
361	Fruchtsaft	5,86
362	Mineralwasser	5,26
363	Softdrink	3,34
364	Bier	8,06
365	Bier	7,29
366	Bier	3,48
367	Bier	3,68
368	Bier	16,30
369	Bier	7,45
370	Bier	6,18
371	Bier	1,38
372	Fruchtsaft	1,68
373	Fruchtsaft	7,58
374	Fruchtsaft	15,24

Probe	Lebensmittel	µg/l
378	Fruchtsaft	2,82
379	Gemüsesaft	5,16
380	Fruchtsaft	3,51
381	Fruchtsaft	13,29
382	Softdrink	1,07
383	Softdrink	2,55
384	Mineralwasser	0,00
386	Fruchtsaft	1,51
387	Gemüsesaft	10,42
388	Fruchtsaft	5,77
389	Fruchtsaft	3,27
390	Softdrink	<1
391	Fruchtsaft	1,52
394	Fruchtsaft	0,40
395	Fruchtsaft	1,03
396	Fruchtsaft	1,02
397	Fruchtsaft	1,44
398	Fruchtsaft	4,86
399	Fruchtsaft	1,06
400	Fruchtsaft	1,68
400	Fruchtsaft	2,11
401	Bier	8,60
402	Bier	7,30
403	Bier	2,37
404	Bier	10,00
405	Bier	3,78
408	Bier	3,00
409	Bier	1,80
410	Bier	1,00
411	Bier	2,80
412	Softdrink	1,47
414	Bier	2,90
419	Bier	<1
420	Bier	3,03
421	Bier	3,06
428	Bier	2,89
430	Bier	8,31
431	Getränk	<1
432	Getränk	1,97
433	Bier	<1
435	Bier	1,35
436	Bier	6,01
437	Bier	1,36
438	Bier	6,42
439	Bier	13,06
440	Bier	2,21

Tabelle 1: Iodidkonzentration in Lebensmitteln (Getränke)

Probe	Lebensmittel	µg/l
441	Bier	3,23
442	Bier	1,91
443	Bier	4,12
444	Bier	<1
445	Bier	3,79
446	Bier	4,80
447	Bier	3,95
448	Bier	5,46
449	Bier	14,39
450	Bier	6,84

Tabelle 2: Iodidkonzentration in Lebensmitteln (Milch)

Probe	Lebensmittel	µg/l
55	Vollmilch	147,47
56	Vollmilch	33,54
57	Vollmilch	102,00
93	Frischmilch,fettarm	53,70
95	Vollmilch	14,30
240	Vollmilch	131,90
241	Vollmilch	198,20
315	Vollmilch	82,70
316	Vollmilch	152,40
352	Frischmilch,fettarm	100,00
434	H-Milch,fettarm	631,70
517	Biovollmilch	31,72
518	Vollmilch	134,91
520	Milch,fettarm	209,40

Tabelle 3: Iodidkonzentration in Lebensmitteln (Milchprodukte)

Probe	Lebensmittel	µg/kg
476	Fruchtmilch	160,89
477	Fruchtmilch	251,26
478	Fruchtmilch	281,17
479	Kefir	137,51
480	Grießpudding	212,90
481	Quark	161,61
482	Fruchtquark	112,59
483	Quark	158,20
485	Joghurt	154,15
486	Diätjoghurt	254,77
487	Joghurt	278,50
488	Fruchtjoghurt	32,40
489	Fruchtjoghurt	88,21
490	Fruchtquark	109,30
491	Fruchtquark	117,91
492	Fruchtquark	118,60
493	Fruchtquark	94,76
494	Fruchtquark	74,25
495	Milchpudding	< 5
496	Grießpudding	47,48
497	Joghurt	228,43
498	Fruchtjoghurt	49,97
499	Joghurt	488,84
500	Joghurt	698,70
501	Buttermilch	169,9
502	Buttermilch	211,47
503	Kefir	198,84
504	Biojoghurt	51,46
505	Magermilchjoghurt	117,2
506	Joghurt	133,14
507	sauere Sahne	80,21
508	Schmand	89,7
509	Schmand	137,86
510	Frischkäse	69,17
511	Speisequark	132,97
512	Speisequark	105,81
513	Quarkcreme	104,97
514	Frischkäse	68,72
515	Frischkäse	74,83
516	Schlagsahne	162,35

Tabelle 4: Iodidkonzentration in Lebensmitteln (Brot)

Probe	Lebensmittel	µg/kg
58	Mischbrot	11,2
59	Mischbrot	5,0
60	Mischbrot	31,1
61	Mischbrot	21,0
62	Sonnenblumenbrot	8,8
63	Vollkornbrot	11,9
64	Vollkornbrot	8,8
65	Vollkorntoast	7,5
66	Buttertoast	5,0
67	Kommißbrot	<5
88	Roggenvollkorn	6,96
89	Roggenvollkorn	5,7
90	Weizenbrot	6,0
91	Vollkornbrot	6,3
92	Leinsamenbrot	7,85
94	Kommißbrot	5
243	Buttertoast	9,34
244	Vollkornbrot	5,3
245	Steinofenbrot	13,6
246	Vollkorntoast	20,8
331	Vollkornbrot	7,5
332	Weizenbrot	6,2
333	Vollkornbrot	6,5
334	Vollkorntoast	8,7
335	Buttertoast	11,4
336	Roggenmischbrot	6,6
349	Steinofenbrot	7,1
350	Vollkornbrot	12,5
351	Buttertoast	6,8
375	Sonnenblumenbrot	6,5
376	Mischbrot	17,7
385	Kommißbrot	<5

Probe	Lebensmittel	µg/kg
392	Roggenmischbrot	5,8
393	Weizenbrot	16,7
415	Sonnenblumenbrot	<5
416	Kommißbrot	7,7
417	Vollkorntoast	<5
429	Roggenbrot	<5
451	Bauernbrot *	187,6
452	Zopfbrot *	131,9
453	Kürbiskernbrot *	311,9
454	Quarkbrot *	142,7
455	Zwiebelbrot *	170,8
456	Mehrkornbrot *	179,2
457	Buttermilchbrot *	281,0
458	Weizenbrot *	320,7
459	Mischbrot *	266,6
460	Landbrot *	279,3
461	Vollkornbrot *	77,69
462	Haselnussbrot *	170,3
463	Roggenbrot *	174,0
464	Glyxbrot *	213,3
465	Hanseatenbrot *	481,4
466	Dinkelvollkornbrot *	180
467	Hanfbaguette *	318,1
468	Olivenbrot *	423,5
469	Laugenbrezel *	71
470	Vollkornbrot *	62,0
471	Kartoffelbrot	<5
472	Rosinenbrot	<5
473	Mischbrot	<5
474	Vollkornbrot	<5
475	Landbrot	<5

* beim Kauf dieser Brote wurde vom Hersteller die Verwendung von Iodsalz angegeben

Tabelle 5: Iodidgehalt von Lebensmitteln (Varia)

Probe	Lebensmittel	$\mu\text{g}/\text{kg}$
406	Orange	1,75
407	Clementine	< 1
422	Honig	55,21
423	Dreifruchtkonfitüre	43,99
424	Erdbeerkonfitüre	22,38
425	Schokoladenaufstrich	97,93
426	Kiwi	14,69
427	Weintrauben	17,47

Probe	Lebensmittel	$\mu\text{g}/\text{l}$
413	Rotwein, Chile	95,50
519	Sojamilch	42,8

Tabelle 6: Übersicht der Lebensmittel nach Chargeneinteilung (*); deskriptive Statistik

(*) = jede Charge entspricht einem exakt definiertem Zeitraum, der sich nach dem Haltbarkeitsdatum des jeweiligen Produkt richtet. Dabei werden die entsprechenden Monate (jeweils erster bis letzter Tag d.M.) und Jahre als Zahlen angegeben.

Lebensmittel	Charge	Haltbarkeits- datum	Median	Minimum	Maximum
Saft	1.-6.Charge	04/2004 - 10/ 2006	2,92	0,5	132
Saft	1.Charge	04 - 08/ 2004	3,49	0,5	8,5
Saft	2.Charge	09 - 10/ 2004	3,33	0,5	132
Saft	3.Charge	11 - 12/ 2004	2,86	0,5	18
Saft	4.Charge	01 - 02/ 2005	2,32	0,5	79,73
Saft	5.Charge	03 - 05/ 2005	2,34	0,5	97
Saft	6.Charge	06/ 2005 – 10/ 2006	3,15	0,5	45,62
Bier	1.-10.Charge	01/ 2004 – 02/ 2006	2,91	0,5	21,15
Bier	1.Charge	01 – 06/ 2004	1,08	0,5	13,5
Bier	2.Charge	07 – 09/ 2004	0,5	0,5	9,3
Bier	3.Charge	10 – 12/ 2004	0,5	0,5	9
Bier	4.Charge	01 – 02/ 2005	4,02	0,5	10,5
Bier	5.Charge	03 – 04/ 2005	5,05	0,5	21,15
Bier	6.Charge	05/ 2005	3,74	0,5	16,3
Bier	7.Charge	06/ 2005	3,67	0,5	13,06
Bier	8.Charge	07/ 2005	2,37	1	7,3
Bier	9.Charge	08/ 2005	12,83	0,5	14,39
Bier	10.Charge	09/ 2005 – 02/ 2006	3,23	2,21	12,51
Softdrink	1.-4.Charge	01/ 2004 – 08/ 2005	0,5	0,5	3,45
Softdrink	1.Charge	01 – 05/ 2004	0,5	0,5	0,5
Softdrink	2.Charge	06 – 12/ 2004	0,5	0,5	2,08
Softdrink	3.Charge	01 – 03/ 2005	2,33	0,5	3,45
Softdrink	4.Charge	04 – 08/ 2005	1,27	0,5	3,34
Mineralwasser	1.-5.Charge	01/ 2004 – 12/ 2006	0,5	0,5	5,88
Mineralwasser	1.Charge	01 – 05/ 2004	3,08	0,5	3,16
Mineralwasser	2.Charge	06 – 11/ 2004	0,5	0,5	5,88
Mineralwasser	3.Charge	12/ 2004 – 06/ 2005	0,5	0,5	3,18
Mineralwasser	4.Charge	07/ 2005 – 02/ 2006	2,5	0,5	5,26
Mineralwasser	5.Charge	03 – 12/ 2006	1,74	0,5	2,98
Milch	1.-4.Charge	12/ 2003 – 05/ 2005	116,95	14,3	631,7
Milch	1.Charge	12/ 2003	102	33,54	147,47
Milch	2.Charge	03 – 04/ 2004	92,8	14,3	198,2
Milch	3.Charge	09/ 2004	117,55	82,7	152,4
Milch	4.Charge	10/ 2004 – 05/ 2005	134,19	31,72	631,7
Milchprodukte	1.-2.Charge	10/ 2004 – 05/ 2005	125,79	2,5	698,7
Milchprodukte	1.Charge	10 – 11/ 2004	117,2	51,46	211,47
Milchprodukte	2.Charge	01 – 05/ 2005	137,51	2,5	698,7
Brot	1.-4.Charge	12/ 2003 – 01/ 2005	8,8	2,5	481,4
Brot	1.Charge	12/ 2003	8,8	2,5	31,1
Brot	2.Charge	03 – 04/ 2004	6,63	5	20,8
Brot	3.Charge	09/ 2004	6,95	2,5	17,7
Brot	4.Charge/1	01/ 2005	2,5	2,5	7,7
Brot	4.Charge/2	01/ 2005	174	2,5	481,4
Varia	feste Lebensmittel	02/ 2006 – 07/ 2006	19,93	0,5	97,93
Varia	Getränke	11/ 2004	69,15	42,8	95,5

Tabelle 6: Übersicht der Lebensmittel nach Chargeneinteilung; deskriptive Statistik

Lebensmittel	Charge	Anzahl	arithmetischer	Standard-	95%-Konfidenz-
		(Proben)	Mittelwert	abweichung	intervall
Saft	1.-6.Charge	170	7,44	16,96	[4,87;10,01]
Saft	1.Charge	24	3,23	2,43	[2,20;4,26]
Saft	2.Charge	29	9,02	24,27	[0,5;18,25]
Saft	3.Charge	25	3,57	4,46	[1,73;5,41]
Saft	4.Charge	33	10,02	20,67	[2,69;17,35]
Saft	5.Charge	24	10,29	23,81	[0,24;20,34]
Saft	6.Charge	35	7,38	10,17	[3,89;10,87]
Bier	1.-10.Charge	152	4,19	4,18	[3,52;4,86]
Bier	1.Charge	17	3,79	4,66	[1,39;6,18]
Bier	2.Charge	16	2,53	3,36	[0,74;4,31]
Bier	3.Charge	20	1,63	2,37	[0,52;2,74]
Bier	4.Charge	14	4,36	2,92	[2,67;6,05]
Bier	5.Charge	23	6,32	5,55	[3,91;8,72]
Bier	6.Charge	20	4,69	4,37	[2,65;6,74]
Bier	7.Charge	25	4,5	3,22	[3,18;5,83]
Bier	8.Charge	7	3,27	2,28	[1,16;5,37]
Bier	9.Charge	3	9,24	7,61	[0,5;28,14]
Bier	10.Charge	7	5,05	3,84	[1,5;8,6]
Softdrink	1.-4.Charge	28	1,16	1,04	[0,76;1,56]
Softdrink	1.Charge	6	0,5	0	[0,5;0,5]
Softdrink	2.Charge	10	0,76	0,56	[0,34;1,16]
Softdrink	3.Charge	6	2,09	1,35	[0,67;3,5]
Softdrink	4.Charge	6	1,57	1,15	[0,36;2,78]
Mineralwasser	1.-4.Charge	33	1,77	1,7	[1,17;2,38]
Mineralwasser	1.Charge	3	2,25	1,51	[0,5;6,01]
Mineralwasser	2.Charge	9	1,44	1,95	[0,5;2,94]
Mineralwasser	3.Charge	9	1,15	1,14	[0,28;2,02]
Mineralwasser	4.Charge	10	2,5	1,93	[1,12;3,88]
Mineralwasser	5.Charge	2	1,74	1,75	[0,5;17,5]
Milch	1.-4.Charge	14	144,57	152,57	[56,47;232,66]
Milch	1.Charge	3	94,34	57,35	[2,5;236,8]
Milch	2.Charge	4	99,53	81,95	[2,5;229,93]
Milch	3.Charge	2	117,55	49,29	[2,5;560,36]
Milch	4.Charge	5	221,4	238,12	[2,5;517,07]
Milchprodukte	1.-2.Charge	40	155,59	124,39	[115,8;195,37]
Milchprodukte	1.Charge	15	122,66	47,57	[96,32;149]
Milchprodukte	2.Charge	25	175,34	150,8	[113,1;237,59]
Brot	1.-4.Charge	63	76,08	118,22	[46,3;105,85]
Brot	1.Charge	10	11,28	8,63	[5,11;17,45]
Brot	2.Charge	10	8,69	4,97	[5,13;12,24]
Brot	3.Charge	14	8,75	4,31	[6,26;11,24]
Brot	4.Charge/1	4	3,8	2,6	[2,5;7,94]
Brot	4.Charge/2	25	178,22	134,28	[122,79;233,65]
Varia	feste Lebensmittel	8	31,74	32,82	[4,3;59,18]
Varia	Getränke	2	69,15	37,26	[0,5;403,96]

Tabelle 7: Aufteilung der Biercharges nach Produktionsort

Lebensmittel	Charge	An- zahl	Produktionsort	Mittel- wert	St.abw.	Min.	Max.
Bier	1.Charge	5	Norddeutschland	5,28	5,6	0,5	13,3
Bier	1.Charge	12	Mittel- und Süddt.	3,17	4,33	0,5	13,5
Bier	2.Charge	4	Norddeutschland	2,45	2,34	0,5	5,2
Bier	2.Charge	12	Mittel- und Süddt.	2,55	3,72	0,5	9,3
Bier	3.Charge	7	Norddeutschland	1,47	2,57	0,5	7,29
Bier	3.Charge	13	Mittel- und Süddt.	1,72	2,36	0,5	9
Bier	4.Charge	4	Norddeutschland	4,98	2,26	3,48	8,29
Bier	4.Charge	10	Mittel- und Süddt.	4,12	3,23	0,5	10,5
Bier	5.Charge	6	Norddeutschland	7,88	6,43	2,79	19,93
Bier	5.Charge	17	Mittel- und Süddt.	5,77	5,31	0,5	21,15
Bier	6.Charge	10	Norddeutschland	4,95	4,69	0,5	16,3
Bier	6.Charge	10	Mittel- und Süddt.	4,44	4,25	0,5	15,05
Bier	7.Charge	10	Norddeutschland	5,48	2,69	1,73	10
Bier	7.Charge	15	Mittel- und Süddt.	3,85	3,46	0,5	13,06
Bier	8.Charge	2	Norddeutschland	2,02	1,44	1	3,03
Bier	8.Charge	5	Mittel- und Süddt.	3,77	2,48	1,8	7,3
Bier	9.Charge	3	Mittel- und Süddt.	9,24	7,61	0,5	14,39
Bier	10.Charge	1	Norddeutschland	12,51	0	12,51	12,51
Bier	10.Charge	6	Mittel- und Süddt.	3,81	2,17	2,21	8,06

Tabelle 8: Tägliche Iodidaufnahme der Probanden ($\mu\text{g I- / d}$)

Gruppe	n (Anzahl der Probanden)	Mittelwert	St.abw.	Minimum	Maximum
Frauen	21	85,77	25,33	55,4	145
Männer	19	98,26	27,83	58,1	173
20 - bis 25Jährige	11	90,38	31,54	57,9	173
26 - bis 50Jährige	20	91,2	25,65	55,4	148
51 - bis 65Jährige	4	96,25	18,07	70,2	111
66 - bis 75Jährige	5	93	34,59	57,7	138
Akademiker	26	90,59	24,66	55,4	148
Nichtakademiker	14	93,76	31,66	57,7	173
BMI < 18,5	3	87,1	15,71	69	97,2
BMI = 18,5-24,9	25	97,7	29,6	57,9	173
BMI > 24,9	12	80,36	19,76	55,4	121
Probanden gesamt	40	91,7	26,95	55,4	173

8.2 Vordruck Verzehrsprotokoll

7-Tage-Verzehrsprotokoll

Name: _____

Adresse: _____

Alter (Jahre): _____

Größe (cm): _____

Gewicht (kg) _____

Tätigkeit: _____

Besonderheiten: _____

Protokolltage: _____

Beachten Sie bitte beim Ausfüllen:

1. Nehmen Sie Ihr Verzehrprotokoll überall mit hin. Notieren Sie bitte alles, auch z.B. Nüsse, Bonbons und Snacks. Versuchen Sie während dieser Woche nicht abzunehmen, aber auch nicht zuzunehmen.
2. Machen Sie jeweils einen Strich für die angegebene Portionsmenge.
3. Die Bezeichnung "Tasse" ist ein Maß für die Menge, die in eine normale Kaffeetasse passt.
4. Nach sieben Tagen zählen Sie bitte Ihre Strichlisten zusammen und tragen in die entsprechenden Kästchen die Summe ein.
5. In der ersten Spalte bewerten Sie bitte alle angegebenen Lebensmittel wie folgt:

Bewertung 0 = Esse ich gar nicht

Bewertung 3 = Weder große Vorliebe noch Abneigung

Bewertung 5 = Esse ich gerne

6. Tragen Sie bei Besonderheiten bitte eventuell bestehende ernährungsabhängige Krankheiten ein.

Brot

Lebensmittel	Anzahl	Sum	Kücheneinheit
Graubrot		Scheibe	40 g
Weißbrot, Toast		Scheibe	25 g
1/2 Brötchen		Stück	25 g
1/2 Vollkornbrötchen		Stück	30 g
Vollkornbrot		Scheibe	45 g
Knäcke, Zwieback		Scheibe	10 g

Brotbelag

Butter		Teelöffel	5 g
Margarine		Teelöffel	5 g
Margarine halbfett		Teelöffel	5 g
Wurst		Portion	25 g
Wurst fettreduziert		Portion	25 g
Käse unter 20% Fett		Portion	30 g
Käse 20-40% Fett		Portion	30 g
Käse über 40% Fett		Portion	30 g
Marmelade, Gelee		Teelöffel	10 g
Honig		Teelöffel	10 g
Nußnougatcreme		Portion	20 g
Magerquark		Esslöffel	30 g
Speisequark		Esslöffel	30 g
Eier		Stück	60 g

Cerealien (Cornflakes etc.)

Haferflocken, trocken		Esslöffel	10 g
Müsli, trocken		Esslöffel	15 g
Cornflakes, trocken		Tasse	20 g
Frühstückscerealien		Tasse	30 g

Kaffee • Milch

Kaffee		Tasse	150 g
Tee		Tasse	150 g
Kondensmilch		Teelöffel	5 g
Zucker		Teelöffel	5 g

Kakao		Tasse	150 g
Trinkmilch 3,5% Fett		Glas	200 g
Trinkmilch 1,5% Fett		Glas	200 g
Buttermilch		Tasse	150 g
Joghurt mit Früchten 3,5 % Fett		Becher	150 g
Joghurt mit Früchten 1,5 % Fett		Becher	150 g
Naturjoghurt		Becher	150 g

Fleisch

Kotelett, Schnitzel		Portion	125 g
Steak, Schnitzel natur		Portion	125 g
Putenschnitzel		Portion	125 g
Braten		Portion	125 g
Gulasch, Ragout		Portion	125 g
Bratwurst		Stück	150 g
Würstchen, Bockwurst		Stück	125 g
Fleisch-, Kochwurst		Portion	100 g
Frikadelle, Klops		Stück	100 g
Eisbein, Haxe		Portion	130 g
Hähnchenfleisch		Stück	125 g
Leber, Herz, Niere		Portion	65 g
Mett, Gehacktes		Portion	125 g
Tatar, Schabefleisch		Portion	70 g
Speck, Bauchfleisch		Scheibe	50 g

Kartoffeln • Beilagen

Kartoffeln		Stück	80 g
Kartoffelpüree		Portion	150 g
Klöße, Knödel		Stück	80 g
Bratkartoffeln		Portion	150 g
Pommes frites		Portion	100 g
Kartoffelpuffer		Stück	70 g
Reis, gekocht		Tasse	100 g
Nudeln, gekocht		Tasse	100 g
Soße		Esslöffel	15 g
Hackfleischsoße		Esslöffel	20 g

Fertig- und Schnellgerichte

Pizza, mittelgroß		Stück	300 g
Pfannkuchen		Stück	180 g

Gemüse

Gemüse, gebunden		Portion	200 g
Gemüse, gedünstet		Portion	200 g
Pilze, gegart		Portion	120 g
Tomaten		Stück	60 g
Gurke		Stück	100 g

Suppen

Klare Suppe		Teller	250 g
Gebundene Suppe		Teller	250 g
Suppeneintopf		Teller	250 g

Salate

Rohkostsalat		Portion	150 g
Salat, angemacht		Portion	120 g
Kartoffelsalat		Portion	150 g
Fleischsalat		Portion	50 g
Heringssalat		Portion	50 g

Fisch

Fisch, gekocht		Portion	150 g
Fisch, gebraten		Portion	150 g
Fischstäbchen		Stück	30 g
Fischkonserve		Dose	180 g
Fisch, geräuchert		Stück	70 g
Rollmops, Matjes		Stück	90 g
Krustentiere		Portion	100 g

Getränke

Fruchtsaft		Glas	200 g
Limonade, Cola		Glas	200 g
Diätgetränke		Glas	200 g
Mineralwasser		Glas	200 g
Gemüsesaft		Glas	200 g

	Bier alkoholfrei		Glas	300 g
	Bier		Glas	300 g
	Wein, Sekt		Glas	125 g
	Spirituosen		Gläschen	20 g
	Likör		Gläschen	20 g

Obst

	Apfel		Stück	125 g
	Apfelsine		Stück	150 g
	Birne, Pfirsich		Stück	120 g
	Banane		Stück	140 g
	Erdbeeren, Himbeeren Stachelbeeren		Portion	100 g
	Mandarine, Clementine		Stück	40 g

Kuchen • Dessert

	Obstkuchen		Stück	100 g
	Trockenkuchen		Stück	70 g
	Stückchen, Teilchen		Stück	100 g
	Sahne-, Cremetorte		Stück	120 g
	Schlagsahne		Esslöffel	20 g
	Eis		Portion	75 g
	Pudding		Schälchen	150 g
	Kompott, Apfelmus		Portion	125 g

Süßwaren • Snacks

	Bonbon		Stück	5 g
	Kekse		Stück	5 g
	Schokolade		Stückchen	6 g
	Schokoriegel (z.B. Mars, Nuts)		Stück	60 g
	Pralinen		Stück	13 g
	Nüsse		Esslöffel	25 g
	Salzige Knabbereien		Tasse	25 g
	Jodiertes Salz		Teelöffel	5 g

Für Lebensmittel, die nicht in dieser Liste aufgeführt sind

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei allen Personen bedanken, welche mich bei der Fertigstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

An erster Stelle gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. med. R. Hampel für die Überlassung des Themas und die motivierende Betreuung im Rahmen der Dissertation.

Desweiteren möchte ich meinen Dank Herrn Dr. rer .nat. H. Below, Mitarbeiter des Instituts für Hygiene und Umweltmedizin der Universität Greifswald für die angenehme Zusammenarbeit aussprechen.

Danken möchte ich weiterhin Herrn Prof. Dr. - Ing. G. Kundt und Herrn A. Rajchowski für Hilfestellungen und Anregungen in der statistischen Auswertung.

Meine Eltern haben mich immer wieder zum kontinuierlichen Arbeiten motiviert und dabei unterstützt. Auch ihnen möchte ich meinen Dank aussprechen.

Danken möchte ich außerdem Herrn C. König, der Teile des Korrekturlesens übernahm.

SELBSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Hiermit versichere ich eidesstattlich, dass die Anfertigung der vorliegenden Dissertation selbstständig und ohne fremde Hilfe erfolgte. Andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel wurden nicht verwendet. Die den benutzten Werken wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen sind als solche gekennzeichnet worden.

Berlin, 28.03.2008

Julia Kairies

TABELLARISCHER LEBENSLAUF

Name:	Julia Kairies
Geburtsdatum:	10.07.1978
Geburtsort:	Bergen/ Rügen
Familienstand:	ledig
Eltern:	Martina und Uwe Kairies
Schullaufbahn:	1991 - 1998 Johann - Gottfried - Herder - Gymnasium Greifswald
	1995 - 1996 High - School - Jahr, New Brunswick, Kanada
	Juli 1998 Abitur
Studium:	1998 - 2000 Studium der Humanmedizin an der Universität Giessen
	2000 - 2004 Studium der Humanmedizin an der Universität Rostock
	September 2000 Ärztliche Vorprüfung
	März 2002 Erster Abschnitt Ärztliche Prüfung
	September 2003 Zweiter Abschnitt Ärztliche Prüfung
	Dezember 2004 Dritter Abschnitt Ärztliche Prüfung
Praktische Tätigkeiten:	Oktober 2003 - September 2004 Praktisches Jahr
	Klinik und Poliklinik für Innere Medizin, Universität Rostock, Abteilung für Hämatologie und Onkologie
	General Hospital St. George's, Grenada, Department of Surgery
	Kantonsspital Luzern, Röntgeninstitut
	September 2005 - Juni 2007 Assistenzärztein Klinik für Innere Medizin, St. - Hedwig – Krankenhaus Berlin
	Juni 2007 - April 2008 Assistenzärztein Praxis für Innere Medizin/ Gastroenterologie, Dr. M. Kairies, Greifswald
	Seit Mai 2008 Assistenzärztein an der Klinik für Hämatologie und Onkologie, Ernst - von - Bergmann - Klinikum Potsdam