

**Aus der
Abteilung für Hygiene, Sozial- und Umweltmedizin
der Ruhr-Universität Bochum
Leiter: Prof. Dr. med. Michael Wilhelm**

**Untersuchung zur Selenaufnahme über die Nahrung
bei Frauen im gebärfähigen Alter**

**Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades der Medizin
einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der Ruhr-Universität Bochum**

**vorgelegt von
Stephanie Yvonne Oeing-Köpp
aus Dortmund
2009**

Dekan: Prof. Dr. med. Gert Muhr
Referent: Prof. Dr. med. Michael Wilhelm
Korreferent: Prof. Dr. med. Uwe Schauer

Tag der mündlichen Prüfung: 19.01.2010

Abstract

Oeing-Köpp

Stephanie Yvonne

Untersuchung zur Selenaufnahme über die Nahrung bei Frauen im gebärfähigen Alter

Problem: Selen ist ein essentielles Spurenelement, das in Form von Selenoproteinen eine wichtige Rolle im Körper des Menschen einnimmt. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfiehlt für junge Frauen und Schwangere einen Tagesbedarf von 30 – 70 $\mu\text{g}/\text{d}$. Das US National Research Council (US NRC) gibt einen empfohlenen körperlsgewichtsbezogenen Wert für Selen von ca. 1,0 $\mu\text{g}/(\text{kg}_{\text{KG}} \cdot \text{d})$ an.

Die mittlere Selenaufnahme der deutschen Bevölkerung ist im internationalen Vergleich niedrig und entspricht nicht den Empfehlungen einer optimalen Selenzufuhr. Erwachsene in der Bundesrepublik nehmen im Mittel 0,67 $\mu\text{g}/(\text{kg}_{\text{KG}} \cdot \text{d})$ Selen auf. Das entspricht 47 $\mu\text{g}/\text{d}$ beim Mann und 38 $\mu\text{g}/\text{d}$ bei der Frau (Oster et al., 1992). Combs et al. (1986) geben 16 – 70 $\mu\text{g}/\text{d}$ Se bzw. 0,3 – 1,1 $\mu\text{g}/(\text{kg}_{\text{KG}} \cdot \text{d})$ an. Aktuelle Daten zur Selenaufnahme liegen für die Bundesrepublik nicht vor. Eine suboptimale Selenversorgung ist besonders in der Schwangerschaft als kritisch anzusehen (Derbyshire et al., 2009).

Es war das Ziel dieser Arbeit, die nahrungsbedingte Selenaufnahme anhand von Lebensmittelduplikatuntersuchungen und zugehörigen Ernährungsprotokollen bei Frauen in gebärfähigem Alter zu bestimmen und diese mit den empfohlenen Werten zu vergleichen sowie einen Fragebogen zur Erkennung der Selenversorgung zu entwickeln.

Methode: Es wurden in Schleswig-Holstein im Jahre 1997 (Kollektiv I) an 7 aufeinander folgenden Tagen von 7 Frauen im Alter zwischen 24 und 35 Jahren und im Jahre 2004 (Kollektiv II) von 11 Frauen im Alter zwischen 22 und 40 Jahren an 5 aufeinander folgenden Tagen Lebensmittelduplikatproben gesammelt.

In beiden Kollektiven wurden die gesamten verzehrten Nahrungsmittel mit Ausnahme von Getränken als Duplikat täglich gesammelt. Die Proben wurden im Labor zerkleinert, homogenisiert und gefriergetrocknet sowie nach Aufschluss mit dem Hochdruckverascher mittels Hydridatomabsorptionsspektroskopie auf ihre Selengehalte untersucht.

Auf Basis der Messung, der konsolidierten Ernährungsprotokolle und eines mathematischen Modells wurde ein mittlerer Selengehalt pro Lebensmittelkategorie per Optimierung bestimmt und gegen Werte aus der Literatur plausibilisiert.

Ergebnis: Die mittleren trockensubstanzbezogenen Selengehalte der Nahrungsmittel von Kollektiv I betragen 56,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Bereich 7,5 – 141,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$), die von Kollektiv II 66,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (7,5 – 162,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Die mittleren Selenaufnahmemengen pro Probandin von Kollektiv I lagen bei 21,4 $\mu\text{g}/\text{d}$ (12,4 – 42,4 $\mu\text{g}/\text{d}$) und 0,29 $\mu\text{g}/(\text{kg}_{\text{KG}} \cdot \text{d})$ (0,19 – 0,45 $\mu\text{g}/(\text{kg}_{\text{KG}} \cdot \text{d})$), die von Kollektiv II bei 25,5 $\mu\text{g}/\text{d}$ (12,9 – 42,4 $\mu\text{g}/\text{d}$) und 0,39 $\mu\text{g}/(\text{kg}_{\text{KG}} \cdot \text{d})$ (0,22 – 0,61 $\mu\text{g}/(\text{kg}_{\text{KG}} \cdot \text{d})$).

Neben den quantitativ erfassten Ernährungsgewohnheiten und ermittelten Selengehalten pro Lebensmittelkategorie wurde ein Kurzfragebogen entwickelt, mit dem eine marginale Selenversorgung erkannt werden kann.

Die bestimmten Selengehalte pro Lebensmittelkategorien ermöglichen, Selenaufnahmeschätzungen für die betrachtete Gruppe realitätsnäher und aufwandsärmer zu gestalten.

Diskussion: Der von der DGE empfohlene Tagesbedarf für Selen wird nur bei 14,3 % der Probandinnen von Kollektiv I erreicht, in Kollektiv II waren es 27,3 %. Der empfohlene gewichtsbezogene Selen-Tagesbedarf des US NRC wurde in beiden Kollektiven deutlich unterschritten.

Insgesamt muss die Selenaufnahme beider Kollektive vor allem im Hinblick auf eine Schwangerschaft als suboptimal eingestuft werden, da nur 22,2 % der Probandinnen durchschnittlich genug Selen aufnehmen. Bei unverändertem Essverhalten ist eine zusätzliche Selenzufuhr zu empfehlen.

Meiner lieben Familie

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | Einleitung | 11 |
| 1.1 | Vergiftungen durch Selen..... | 12 |
| 1.2 | Krankheiten bei Selenmangel..... | 13 |
| 1.3 | Empfohlene Selenzufuhr | 14 |
| 1.4 | Selen in der Umwelt | 15 |
| 1.5 | Selenaufnahme | 15 |
| 1.5.1 | Selen in der Nahrung | 16 |
| 1.5.2 | Nahrungsergänzungsmittel | 18 |
| 1.5.3 | Kinetik von Selen..... | 18 |
| 2 | Fragestellung und Ziel der vorliegenden Untersuchung | 20 |
| 3 | Methodik | 22 |
| 3.1 | Studiendurchführung..... | 22 |
| 3.1.1 | Allgemeiner Fragebogen zu Ernährungsgewohnheiten..... | 23 |
| 3.1.2 | Ernährungsprotokoll je Lebensmittelduplikatprobe | 24 |
| 3.1.3 | Herstellung der Lebensmittelduplikatproben..... | 24 |
| 3.2 | Untersuchung der Lebensmittelduplikatproben | 24 |
| 3.2.1 | Verwendete Geräte, Materialien und Chemikalien..... | 25 |
| 3.2.1.1 | Geräte..... | 25 |
| 3.2.1.2 | Materialien | 25 |
| 3.2.1.3 | Chemikalien | 25 |
| 3.2.1.4 | Referenzmaterial | 26 |
| 3.2.1.5 | Lebensmittelduplikatproben | 26 |
| 3.2.2 | Vorbereitung der Messproben | 26 |
| 3.2.2.1 | Aufschluss mit dem Hochdruckverascher | 27 |
| 3.2.2.2 | Abdampfen der Aufschlusslösung..... | 28 |
| 3.2.2.3 | Vorreduktion im Wasserbad | 28 |
| 3.2.2.4 | Herstellung der Messproben | 28 |
| 3.2.3 | Messen der Selen-Gehalte | 29 |
| 3.3 | Auswertung der Messergebnisse..... | 30 |
| 3.3.1 | Datenmaterial und durchgeführte Berechnungen | 30 |
| 3.3.2 | Statistische Methoden und Aufbau der Tabellen..... | 30 |
| 3.3.2.1 | Tabellierte Kennwerte der deskriptiven Statistik..... | 30 |
| 3.3.2.2 | Gliederung der Tabellen zur deskriptiven Statistik | 31 |
| 3.3.2.3 | Aufbau der Abbildungen zur deskriptiven Statistik | 31 |
| 3.3.3 | Qualitätssicherung | 32 |
| 3.4 | Lebensmittelmengen der Ernährungsprotokolle | 33 |
| 3.4.1 | Verdichtung nach Lebensmittelkategorien | 34 |
| 3.4.2 | Mengenverteilung der Ernährungsprotokolle | 34 |
| 3.5 | Bestimmung eines mittleren Selengehaltes je Lebensmittelkategorie | 35 |
| 3.5.1 | Methoden zur Schätzung der Selengehalte | 35 |
| 3.5.2 | Mathematisches Optimierungsmodell | 36 |
| 3.5.3 | Lösung des mathematischen Optimierungsmodells | 37 |
| 3.6 | Schätzung des Selengehalts einer Probe anhand des Ernährungsprotokolls.. | 37 |
| 3.7 | Schätzung der Selenaufnahme anhand des Fragebogens | 38 |
| 3.7.1 | Konsolidierung der Fragebögen der zwei Kollektive..... | 38 |
| 3.7.2 | Konsolidierung der Fragebogen-Häufigkeitskategorien..... | 38 |
| 3.7.3 | Bestimmung einer Tagesportion..... | 41 |
| 3.7.4 | Transformation der Häufigkeitskategorien in Gramm-Mengen | 42 |
| 3.7.5 | Selengehalt je Häufigkeits- und Lebensmittelkategorie | 43 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.7.6 | Selenaufnahmemenge anhand des Fragebogens..... | 44 |
| 3.8 | Entwicklung eines Kurzfragebogens zur Schätzung der Selenaufnahme | 44 |
| 3.8.1 | Erstellung eines Punktesystems zur Vorhersage der Selenversorgung .. | 44 |
| 4 | Ergebnisse | 46 |
| 4.1 | Personenbezogene Daten..... | 46 |
| 4.1.1 | Lebensalter | 46 |
| 4.1.2 | Körpergröße | 46 |
| 4.1.3 | Körpergewicht | 47 |
| 4.1.4 | Body Mass Index | 47 |
| 4.2 | Lebensmittelduplikatproben..... | 49 |
| 4.2.1 | Frischsubstanz der Lebensmittelduplikate..... | 49 |
| 4.2.2 | Trockensubstanz der Lebensmittelduplikate | 51 |
| 4.2.3 | Trockenrückstand..... | 52 |
| 4.3 | Selengehalte in den Lebensmittelduplikaten..... | 53 |
| 4.4 | Selenaufnahme der Probandinnen durch die Nahrung..... | 55 |
| 4.5 | Mengenverteilung der Ernährungsprotokolle..... | 58 |
| 4.5.1 | Aufteilung der Einzelproben..... | 58 |
| 4.5.2 | Verteilungsdiagramme je Lebensmittelkategorien | 58 |
| 4.5.3 | Histogramme zur Mengenverteilung je Lebensmittelkategorien..... | 59 |
| 4.6 | Selengehalt je Lebensmittelkategorie..... | 67 |
| 4.6.1 | Strukturelle Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse..... | 67 |
| 4.6.2 | Quantitative Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse..... | 68 |
| 4.6.3 | Ergebnis | 69 |
| 4.7 | Schätzung auf Basis der täglichen Ernährungsprotokolle..... | 70 |
| 4.8 | Schätzung auf Basis der allgemeinen Fragebögen..... | 70 |
| 4.9 | Vergleich von Messung und Schätzungen | 71 |
| 4.9.1 | Vergleich von Messung und Ernährungsprotokoll-Schätzung | 71 |
| 4.9.2 | Vergleich der Selenaufnahmen pro Probandin | 74 |
| 4.10 | Kurzfragebogen | 76 |
| 4.10.1 | Validierung des Kurzfragebogens | 77 |
| 4.10.2 | Gegenüberstellung der Erhebungsmethoden | 79 |
| 5 | Diskussion | 81 |
| 5.1 | Untersuchungsverfahren Duplikatstudie | 81 |
| 5.2 | Erhebung der Lebensmittelduplikatproben | 81 |
| 5.3 | Messung der Lebensmittelduplikatproben | 82 |
| 5.4 | Qualitative Bewertung der Messergebnisse | 82 |
| 5.5 | Vergleich mit empfohlenen Werten | 83 |
| 5.6 | Vergleich mit Daten aus der Literatur..... | 85 |
| 5.7 | Medizinische Bewertung..... | 87 |
| 5.8 | Bewertung und weitere Verwendung der Schätzwerte | 88 |
| 5.8.1 | Mittlere Selengehalte je Lebensmittelkategorie und Mengen | 88 |
| 5.8.2 | Bewertung und weitere Verwendung der Schätzwerte..... | 89 |
| 5.9 | Ausblick | 90 |
| 6 | Zusammenfassung..... | 92 |
| 7 | Literaturverzeichnis..... | 93 |
| 8 | Anhang: Fragebogen und Ernährungsprotokoll | 102 |
| 8.1 | Einverständniserklärung..... | 102 |
| 8.2 | Fragebogen | 104 |
| 8.3 | Ernährungsprotokoll..... | 108 |
| 9 | Danksagung..... | 110 |
| 10 | Lebenslauf | 111 |

Abkürzungsverzeichnis

| Kürzel | Langform |
|---------------|--|
| AAS | Atomabsorptionsspektrometrie |
| AIDS | Acquired Immune Deficiency Syndrome |
| AM | arithmetisches Mittel |
| BfR | Bundesinstitut für Risikobewertung |
| BMI | Body Mass Index |
| CVB3 | Coxsackievirus B3 |
| d | Day, diem, Tag |
| DGE | Deutsche Gesellschaft für Ernährung |
| DGH | Deutsche Gesundheitshilfe |
| DGK | Deutsches Grünes Kreuz |
| EU | European Union |
| FG | Frischgewicht |
| FIAS | Fließ-Injektions-Analysen-System |
| HIV | Human Immunodeficiency Virus |
| HKL | Hohlkathodenlampe |
| HPA-S | High Pressure Asher System |
| ICP | Inductively Coupled Plasma |
| KG | Körpergewicht |
| KI | Konfidenzintervall |
| LGASH | Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit des Landes Schleswig-Holstein |
| MAX | Maximalwert |
| MHS | Mercury/Hydride System |
| MIN | Minimalwert |
| NemV | Nahrungsergänzungsmittelverordnung |
| PC | Personal Computer |
| PCB | Polychlorierte Biphenyle |
| ppm | parts per million |
| PTFE | Polytetrafluorethylen |
| QGT | Quarzglastechnik |
| RDI | Recommended Daily Intake |
| ROC | Receiver Operating Characteristic |
| SA | Standardabweichung des arithmetischen Mittels |
| SCF | Scientific Committee on Food |
| SLV | Svensk Livsmedelsverket |
| TG | Trockengewicht |
| TPP | Techno Plastic Products AG |
| TS | Trockensubstanz |
| UL | Upper Limit |
| US NRC | United States National Research Council |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tab. 1: Aufschlussprogramm des Hochdruckveraschers..... | 27 |
| Tab. 2: Messparameter zur Bestimmung von Selen mit Hybrid-AAS | 29 |
| Tab. 3: Kalibrierstandards für AAS Perkin Elmer 1100 B | 29 |
| Tab. 4: Messparameter zur Bestimmung von Selen mit Perkin Elmer FIAS 100..... | 29 |
| Tab. 5: Mathematische Bewertung der Häufigkeitskategorien | 40 |
| Tab. 6: Ermittlung von Tagesportionen..... | 42 |
| Tab. 7: Häufigkeitskategorien in Gramm | 43 |
| Tab. 8: Selenmenge pro Kategorie | 43 |
| Tab. 9: Punkteverteilung für den Kurzfragebogen | 45 |
| Tab. 10: Personenbezogene Daten der Probandinnen (Alter, Größe, Gewicht, BMI) ... | 47 |
| Tab. 11: Statistische Kennzahlen der Frischmassen, Trockenmasse und Trockenrückstände..... | 50 |
| Tab. 12: Selengehalte der Lebensmittelduplikate in Frisch- und Trockenmasse [µg/kg] | 53 |
| Tab. 13: Selenaufnahme pro Tag..... | 56 |
| Tab. 14: Selengehalte pro Lebensmittelkategorie..... | 69 |
| Tab. 15: Selengehalte pro Lebensmittelkategorie..... | 69 |
| Tab. 16: Maße für den Zusammenhang zwischen Messung und Schätzung..... | 72 |
| Tab. 17: Punktzahlen des Kurzfragebogens für alle Probandinnen..... | 77 |
| Tab. 18: Sensitivität und Spezifität verschiedener Cut-Off-Werte..... | 78 |
| Tab. 19: Gegenüberstellung von Wochenmittelwert der Messungen zu Fragebogenschätzung in relevanten Bereichen der Probandinnen je Kollektiv (Matrix)..... | 79 |
| Tab. 20: Gegenüberstellung von Wochenmittelwerten der Ernährungsprotokollsätzungen zu Fragebogenschätzung in relevanten Bereichen der Probandinnen je Kollektiv (Matrix) | 79 |
| Tab. 21: Gegenüberstellung von Wochenmittelwert der Messungen zu Fragebogenschätzung in relevanten Bereichen der Probandinnen je Kollektiv (Matrix)..... | 80 |
| Tab. 22: Übersicht über Selenaufnahmen der Kollektive..... | 84 |
| Tab. 23: Übersicht über Deckung der Proben mit DGE- und US NRC-Empfehlung | 84 |
| Tab. 24: Empfehlung zur Selenaufnahme und Vergleichswerte (Wittsiepe et al., 2009)..... | 86 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abb. 1: Schematische Übersicht von Probenvorbereitung und Messmethodik..... | 26 |
| Abb. 2: Temperaturverlauf des Hochdruckverascher-Aufschlussprogramms..... | 27 |
| Abb. 3: Messergebnisse des Referenzmaterials..... | 33 |
| Abb. 4: Konsolidierung der allgemeinen Fragebögen von 1997 und 2004..... | 39 |
| Abb. 5: Größenordnung der Mengenprozentwerte..... | 40 |
| Abb. 6: Probandinnen nach Alter (gestapeltes Histogramm)..... | 48 |
| Abb. 7: Probandinnen nach Größe (gestapeltes Histogramm)..... | 48 |
| Abb. 8: Probandinnen nach Gewicht (gestapeltes Histogramm)..... | 49 |
| Abb. 9: Probandinnen nach BMI mit 4 Klassifikationsbereichen (gestapeltes Histogramm)..... | 49 |
| Abb. 10: Tägliche konsumierte Frischmassen bezogen auf Proben..... | 50 |
| Abb. 11: Tägliche konsumierte Frischmassen bezogen auf Probandinnen..... | 50 |
| Abb. 12: Tägliche Trockenmassen bezogen auf Proben..... | 51 |
| Abb. 13: Tägliche Trockenmassen bezogen auf Probandinnen..... | 51 |
| Abb. 14: Trockenrückstand der Nahrungsmittelproben bezogen auf Proben..... | 52 |
| Abb. 15: Trockenrückstand der Nahrungsmittelproben bezogen auf Probandinnen..... | 52 |
| Abb. 16: Selenkonzentration in Frischmasse bezogen auf Proben..... | 54 |
| Abb. 17: Selenkonzentration in Frischmasse bezogen auf Probandinnen..... | 54 |
| Abb. 18: Selenkonzentration in Trockenmasse bezogen auf Proben..... | 55 |
| Abb. 19: Selenkonzentration in Trockenmasse bezogen auf Probandinnen..... | 55 |
| Abb. 20: Tägliche Selenaufnahme unterteilt nach Kollektiv im Vergleich zur DGE- Empfehlung bezogen auf Proben..... | 56 |
| Abb. 21: Tägliche Selenaufnahme unterteilt nach Kollektiv im Vergleich zur DGE- Empfehlung bezogen auf Probandinnen..... | 56 |
| Abb. 22: Tägliche körperlsgewichtsbezogene Selenaufnahme im Vergleich zur US NRC-Empfehlung bezogen auf Proben..... | 57 |
| Abb. 23: Tägliche körperlsgewichtsbezogene Selenaufnahme im Vergleich zur US NRC-Empfehlung bezogen auf Probandinnen..... | 57 |
| Abb. 24: Geschätzte Probenbestandteile gemäß täglichem Ernährungsprotokoll..... | 60 |
| Abb. 25: Verteilung der Mengen für die einzelnen Lebensmittelkategorien anhand der Protokolle (Gesamt als Schar von nach Größe sortierten, hintereinander stehenden, unabhängigen Flächendiagrammen)..... | 61 |
| Abb. 26: Verteilung der Mengen für die einzelnen Lebensmittelkategorien anhand der Protokolle (Kollektiv I als Schar von nach Größe sortierten, hintereinander stehenden, unabhängigen Flächendiagrammen)..... | 62 |
| Abb. 27: Verteilung der Mengen für die einzelnen Lebensmittelkategorien anhand der Protokolle (Kollektiv II als Schar von nach Größe sortierten, hintereinander stehenden, unabhängigen Flächendiagrammen)..... | 63 |
| Abb. 28: Häufigkeitsverteilung der Mengen der gewogenen Duplikatproben (in g Frischmasse)..... | 64 |
| Abb. 29: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr (Summe aus allen Nahrungsmittelkategorien in g/Tag)..... | 64 |
| Abb. 30: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Obst und Gemüse in g/Tag..... | 64 |
| Abb. 31: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Milchprodukte in g/Tag..... | 65 |
| Abb. 32: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Getreide in g/Tag..... | 65 |

| | |
|---|----|
| Abb. 33: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Fleisch in g/Tag | 65 |
| Abb. 34: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Fleisch in g/Tag | 66 |
| Abb. 35: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Fisch in g/Tag | 66 |
| Abb. 36: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Eier in g/Tag | 66 |
| Abb. 37: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Fett in g/Tag..... | 67 |
| Abb. 38: Auf mathematisches Optimum normiertes Qualitätsmaß in der Umgebung um die bestimmte Lösung für Fisch und Fleisch bei konstanten Werten für die restlichen Lebensmittelkategorien. | 67 |
| Abb. 39: Optimierungsanalyse der Fragebogenschätzwerte..... | 68 |
| Abb. 40: Schätzungen der Selenaufnahme auf Basis der Ernährungsprotokolle für Proben | 70 |
| Abb. 41: Schätzungen der Selenaufnahme auf Basis der Ernährungsprotokolle für Probandinnen | 70 |
| Abb. 42: Schätzungen der Selenaufnahme auf Basis der Fragebögen der Probandinnen | 71 |
| Abb. 43: Abweichung von Messung zu Schätzung für Einzelwerte (Streudiagramm).. | 72 |
| Abb. 44: Abweichung von Messung zu Schätzung gemittelt für Probandinnen, Kollektive und Gesamt (Streudiagramm)..... | 73 |
| Abb. 45: Verteilung der absoluten Abweichung des Selengehaltes von Schätzung zu Messung bezogen auf Proben (gestapeltes Histogramm)..... | 74 |
| Abb. 46: Verteilung der absoluten Abweichung des Selengehaltes von Schätzung zu Messung bezogen auf Probandinnen (gestapeltes Histogramm)..... | 74 |
| Abb. 47: Vergleich von Messungen (Mittelwert) und Schätzung anhand von Protokollen und Fragebogen..... | 75 |
| Abb. 48: ROC-Diagramme für Bestimmung des Cut-Off-Wertes für den Kurzfragebogen für 1997, 2004 und das Gesamtkollektiv..... | 78 |

1 Einleitung

Im Jahre 1817 entdeckte der schwedische Chemiker Jöns Jakob Berzelius im Bleikammerschlamm einer Schwefelsäurefabrik das halbmimetische Element Selen (Se) und benannte es aufgrund seines Glanzes nach der griechischen Mondgöttin Selene (Römpp et al., 1996).

Die Einschätzung von Selen für den menschlichen Organismus hat sich im Laufe der Zeit sehr gewandelt. 1842 wurde zunächst seine toxische, 1957 auch seine lebensnotwendige Wirkung entdeckt.

1842 wies Japha die Giftigkeit von Selen nach, indem er pathologische Leberveränderungen an Ratten feststellte, die mit selenhaltigem Getreide gefüttert worden waren (Japha, 1842).

Damit bestätigte Japha die von Marco Polo beschriebene Selenintoxikation am Beispiel von Lasttieren in Turkestan, deren Hufe brüchig wurden, wenn sie bestimmte „giftige Pflanzen“ abweideten (Dickerson and Smith, 1994). Die Erkrankung, die zu Haar- und Klauenverlust, taumelndem Gang und Tod von Weidetieren führte, wurde ebenfalls im 20. Jahrhundert bei Rindern in den Rocky Mountains und Great Plains beschrieben und fälschlicherweise zunächst auf die Alkalität von Wasser zurückgeführt („Alkali Disease“) (Underwood, 1956; Barceloux, 1999; National Research Council, 1983).

Die Bedeutung von Selen als lebensnotwendiges Spurenelement für den Menschen wurde jedoch erst 1957 entdeckt. Schwarz und Foltz (1957) stellten fest, dass Selen als Nahrungsbestandteil eine nekrotische Leberdegeneration in Vitamin E-defizienten Ratten verhindert. Selen wurde daraufhin als essentielles Spurenelement anerkannt.

1972 beobachteten Rotruck et al. (1972) die Erythrozyten-Lyse bei Selenmangel-Ratten durch Wasserstoffperoxid und entdeckten, dass die Aktivität des Enzyms Glutathion-Peroxidase, das für den Abbau von Peroxiden verantwortlich ist, erniedrigt war. Nach Selengabe erhöhte sich die Aktivität des Enzyms wieder. Schließlich erfolgte der Nachweis des Selen als Bestandteil der Glutathion-Peroxidase mittels Gammaskpektrometer (Messgerät zur Bestimmung des Energiespektrums von Gammaquanten) der NASA. Das Enzym besteht aus vier Untereinheiten, von denen jede Untereinheit jeweils ein Selenatom enthält, welches durch Abbruch von Radikalkettenreaktionen die Zerstörung von nicht membrangebundenen Lipidhydroperoxiden katalysiert. Die Gluta-

thion-Peroxidase schützt vor Oxidationsschäden, indem es im Zytosol und in den Mitochondrien auftretende Fettsäurehydroperoxide reduziert (Arthur, 2000).

1979 wurde der protektive Effekt von Selen bei der Entstehung einer speziellen Form der jugendlichen Kardiomyopathie in Selenmangelgebieten Chinas beschrieben (Wang, 1979; Yin, 1979).

Selenoproteinen wird ebenfalls eine bedeutende Rolle im Schilddrüsenmetabolismus (DePalo et al., 1994; Eder et al., 1995; Brätter and Negretti de Brätter, 1996) und Immunsystem (Brigelius-Flohé et al., 2001; Arthur et al., 2003; Beck et al., 2003) zugeschrieben.

Es gibt Hinweise auf präventive Eigenschaften von Selen in der Kanzerogenese (Redman et al., 1998; Klein, 2001; Schrauzer, 2004).

Da die Ernährungsgewohnheiten der Mutter den Selengehalt der Muttermilch bestimmen (Brätter et al., 1997; Dorea, 2002), ist eine optimale Selenversorgung in der Schwangerschaft und Stillzeit wichtig.

1.1 Vergiftungen durch Selen

Selenintoxikationen treten bei einer chronischen Zufuhr von 700 – 1000 µg/d Selen auf. Eine gleichzeitige einseitige, vitaminarme Ernährung begünstigt die Vergiftungsercheinungen (Goyer, 1997).

Ab einer Dosis von 1000 µg/d treten Übelkeit und Erbrechen (Johansson et al., 1997), Nagelveränderungen, Austrocknung und Ausfall der Haare, vermehrte Empfindlichkeit und Schwellung der Fingerspitzen, Ermüdungserscheinungen, Gereiztheit und knoblauchartiger Mundgeruch auf (Jensen et al., 1984).

Die durch den Lebensmittelausschuss der EU Scientific Committee on Food (Scientific Committee on Food, 2000) abgeleiteten tolerierbaren Obergrenzen für die tägliche Aufnahme (Upper Limit (UL)) aus allen Nahrungsquellen betragen für Kinder 60 µg/d Selen (1 – 3 Jahre), 90 µg/d Selen (4 – 6 Jahre) und 130 µg/d Selen (7 – 10 Jahre), für Jugendliche 200 µg/d (11 – 14 Jahre), 250 µg/d Selen (15 – 17 Jahre) und für Erwachsene 300 µg/d Selen.

1.2 Krankheiten bei Selenmangel

Selen ist ein essentielles Spurenelement, das eine wichtige Rolle im Körper des Menschen einnimmt (Übersicht bei: Navarro-Alarcón and López-Martínez, 2000; Navarro-Alarcón and Cabrera-Vique, 2008; Rayman, 2000).

In unseren Breiten kommt Selenmangel in der Regel nur bei Risikogruppen mit einseitiger Ernährung (z. B. Veganer), bei Absorptionsstörungen (Mukoviszidose, Kurzdarmsyndrom), bei Frühgeborenen, bei künstlich ernährten Patienten und Alkoholkranken, Kindern mit der Stoffwechselerkrankung Phenylketonurie (PKU) und konsekutiv diätetisch bedingtem marginalen Selenmangel vor (Bundesinstitut für Risikobewertung, 2004; Domke et al., 2004; Lombeck et al., 1978; Steiner et al., 1982)

Selenmangelerscheinungen treten in Ländern mit extremer Selenunterversorgung (Nordkorea, Nordostchina) als Keshan-Krankheit (juvenile Kardiomyopathie) (Burke and Opeskin, 2002), Kashin-Beck-Krankheit (nutritive Gelenkknorpeldegeneration); und Epidemische Neuropathie auf.

Die in einer Selenmangelregion in China aufgetretene Keshan-Krankheit konnte durch die Zufuhr von 13–19 µg/d Selen verhindert werden (Yang et al., 1984, 1988). Im Tierversuch konnte gezeigt werden, dass die Virulenz des Coxsackievirus B3 (CVB3/0) bei Selenmangel eine erhebliche Steigerung erfährt und so eine Kardiomyopathie auslösen kann (Beck et al., 2003). Bei parenteral ernährten Neugeborenen kam es zu Kardiomyopathie, Leberschäden oder Muskelschmerzen und Muskelverhärtung (Rayman, 2000).

Die Kashin-Beck-Erkrankung (Moreno-Reyes et al., 2003), die zu schweren Gelenkdeformationen und Arthrose führt, wird mit einem Selenmangel, aber auch mit einem Iodmangel und Mykotoxinen in Zusammenhang gebracht. Aus epidemiologischen Studien gibt es Hinweise, dass ein niedriger Selenstatus mit einem erhöhten Herz-Kreislauf-Erkrankungsrisiko korreliert (Rayman, 2000).

Selen regelt in Form von Selenoproteinen die Schilddrüsenfunktion (Thyroxin-5-deiodase aktiviert Schilddrüsen-Hormone) (Arthur et al., 2003; Vanderpas et al., 1993; DePalo et al., 1994; Brown and Arthur, 2001), stärkt die Immunabwehr (Arthur et al., 2003; Beck et al., 2003) und schützt den Körper vor freien Radikalen. Ebenfalls wirkt es als Antidot bei Vergiftungen durch Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber (Metallselenid-Verbindungen werden nicht resorbiert).

Bei erhöhtem Selenspiegel wird ein reduziertes Krebsrisiko vermutet (Redman, 1998; Klein et al., 2000; Klein 2004; Schrauzer, 2004). Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Zufuhr von Selen und einem geringen Krebsrisiko wurde jedoch bislang nicht nachgewiesen (Rayman, 2000). Es steht zurzeit zur Diskussion, ob die präventiven Eigenschaften von Selen in der Kanzerogenese auf die Glutathion-Peroxidase-bedingte (GSH-Px) Verminderung der Konzentration freier Radikale und Hydroperoxide im Gewebe sowie die antioxidativen Wechselwirkungen von Selen und Vitamin E zurückzuführen sind. Klein et al. (2004) führten aus diesem Grunde die seit 2001 in USA, Kanada und Puerto Rico laufende SELECT-Studie (Selenium and Vitamin E Cancer Prevention Trial) durch, welche eine präventive Potenz von Selen in der Form von Selenomethionin in Kombination mit Vitamin E im Hinblick auf das Prostatakarzinom untersuchen sollte. Diese bis 2013 geplante Studie wurde Ende 2008 abgebrochen, da sich in der Zwischenauswertung kein präventiver Effekt weder durch Vitamin E noch Selen oder in der Kombination zeigte (Lippman et al., 2009; vgl. Lacour et al., 2004).

Selen wird für die Spermienmotilität benötigt, kann das Risiko von Fehlgeburten senken und steht bei der Verhinderung der Progression von HIV zu AIDS in Diskussion. Bei Selenmangelorganismen kann die Virulenz harmloser Viren erhöht sein. Selenmangel wird ebenfalls mit Depressionen in Verbindung gebracht (Rayman, 2000).

1.3 Empfohlene Selenzufuhr

Die Selenzufuhr von Erwachsenen in verschiedenen Ländern ist unterschiedlich (Larsson and Johansson, 2002). In den USA werden ca. 60 bis 220 $\mu\text{g}/\text{d}$ aufgenommen (Combs and Combs, 1986). In England wird eine Selenzufuhr von 12 bis 43 $\mu\text{g}/\text{d}$ (Barclay et al., 1995; Drobner et al., 1997) festgestellt. In Polen geht man von einer Selenaufnahme von ca. 30 bis 40 $\mu\text{g}/\text{d}$ aus (Wasowicz et al., 2003).

Auf das Körpergewicht bezogen nehmen Erwachsene in der Bundesrepublik im Mittel $0,67 \mu\text{g}/(\text{kg}_{\text{KG}} \cdot \text{d})$ auf, d. h. etwa 38 $\mu\text{g}/\text{d}$ bei Frauen und 47 $\mu\text{g}/\text{d}$ bei Männern (Oster et al., 1992). Combs and Combs geben Selenaufnahmen von 16 – 70 $\mu\text{g}/\text{d}$ Selen ($0,3 - 1,1 \mu\text{g}/(\text{kg}_{\text{KG}} \cdot \text{d})$ Selen an (Combs and Combs, 1986).

Die empfohlene Tagesdosis (Recommended Daily Intake (RDI)) der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) für Selen bei Männern und Frauen beträgt 30 – 70 $\mu\text{g}/\text{d}$ (Deutsche Gesellschaft für Ernährung, 2000). Eine erhöhte Aufnahme hinsichtlich der Selenaufnahme für Schwangerschaft (60 statt 55 $\mu\text{g}/\text{d}$) und Stillzeit (70 statt 55 $\mu\text{g}/\text{d}$)

empfiehlt, im Gegensatz zur DGE, das US NRC (NRC, 2000). Schwangere und Stillende sind diesbezüglich die relevantesten Personengruppen (Derbyshire et al., 2009).

Ein gestillter Säugling nimmt ca. 12,5 µg/d auf (Oster, 1992).

Das US National Research Council (US NRC) gibt einen empfohlenen körperrgewicht-bezogenen Wert für Selen von ca. 1,0 µg/(kg_{KG} · d) an. Mit üblicherweise angenommenen 55 kg für Frauen zwischen 18 und 60 Jahren ergibt dies 55 µg/d.

Bei akuten als auch längerfristigen therapeutisch indizierten und ärztlich kontrollierten Selengaben bis 400 µg/d sind für Erwachsene keine toxischen Wirkungen zu erwarten (Tolerable Upper Intake Level) (Gaßmann, 1996).

Zur Verhinderung toxischer Effekte sollte die Selenzufuhr eine tägliche Selendosis von 700 – 800 µg jedoch nicht überschreiten (Yang et al., 1983).

1.4 Selen in der Umwelt

Selen wird in der Halbleiterelektronik und anderen Industrien eingesetzt. Von der industriellen Nutzung sowie von den Produkten geht in Deutschland aufgrund von Richt- und Grenzwerten praktisch keine Gefährdung aus. Die Atemluft oder das Trinkwasser ist gegenüber dem Einflussfaktor Nahrungsmittel in Deutschland zu vernachlässigen. Im Folgenden wird die Selenaufnahme über Nahrungsmittel dargestellt.

1.5 Selenaufnahme

Selen kommt in pflanzlichen und tierischen Eiweißen als Aminosäure Selenomethionin (C₅H₁₁NO₂Se) und Selenocystein (C₃H₇NO₂Se) vor. In Pflanzen tritt überwiegend Selenomethionin auf, welches Tiere nicht bilden können und als Bestandteil von Proteinen als Speicherform für Selen im Körper angesehen wird. In tierischer Nahrung findet sich hauptsächlich Selenocystein, welches der spezifische katalytische Bestandteil der selenabhängigen Enzyme ist (RKI, 2006).

Besonders selenreich sind Innereien, rotes Muskelfleisch, Meerestiere, Paranüsse, Haferflocken, Bierhefe und Eier. Niedrigere Selengehalte finden sich in Milch und Milchprodukten, Brot, Kartoffeln, Gemüse und Obst. Trinkwasser enthält meist unter 1 µg/L Selen (Souci et al., 2007).

Die Selenversorgung des Menschen über die Nahrung ist von vielen Faktoren abhängig:

- Geochemischer Selengehalt des Bodens bzw. Futters
- Künstliche Anreicherung des Bodens bzw. Futters
- Pflanzliche Resorption (saure Böden reduzieren Selenaufnahme)
- Menge und Art der vom Menschen aufgenommenen Lebensmittel (inkl. Nahrungsergänzungsmittel und Zubereitung)
- Fähigkeit des Menschen, Selen in bestimmten Nahrungsmitteln aufzunehmen (Bioverfügbarkeit) und Speicherung von Selen im Körper

1.5.1 Selen in der Nahrung

Selenarme Böden gibt es in Europa vor allem in Deutschland, Schottland, Dänemark, in Teilen der Balkanländer und in Finnland (RKI, 2006).

In den mitteleuropäischen Ländern lässt sich außerdem ein Nord-Süd-Gefälle feststellen, wobei im Norden der Selen-Gehalt am höchsten und im Süden am niedrigsten ist (Hartfiel and Schulte, 1988).

Zur Verbesserung der Selenversorgung (Biofortifikation) wird in einigen Ländern mit selenarmen Böden wie Finnland (seit 1984) und Großbritannien Getreide mit selenhaltigen Mitteln gedüngt, oder es werden spezielle Getreidearten eingesetzt (Eurola et al., 1991; Broadley, 2006; Aro et al., 1995; Jackson et al., 2003; Broadley, 2006). Die Anwendung von Selenverbindungen in Pflanzenschutzmitteln ist in Deutschland hingegen verboten (Domke et al., 2004).

Alternativ wird selenreiches Getreide z. B. aus Nordamerika importiert (Barclay and MacPherson, 1992).

Regionale Unterschiede in der Selenzufuhr kommen ebenfalls bei der Aufzucht von Nutztieren vor. Die Verwendung von künstlich mit Selensalzen angereicherten Futtermitteln sorgt für selenreichere Fleischsorten.

In Deutschland wird Selen in Form von Natriumselenit (Na_2SeO_3) und Natriumselenat (Na_2SeO_4) bei der Fütterung von Nutztieren und Geflügel zugesetzt. Der tägliche Selenbedarf wird ab einer Konzentration von 0,1 mg Natriumselenit pro kg Futterrockensubstanz gedeckt. Ab 0,4 mg/kg werden bereits toxische Konzentrationen erreicht (Löscher

et al., 2006). Im Gegensatz zu den anorganischen Zusätzen dürfen besser bioverfügbare, organische Futterzusätze (wie z. B. Selenomethionin) in Deutschland jedoch nicht beigemischt werden (Domke et al., 2004).

Der Selengehalt der Nahrungsmittel ist vom Boden abhängig und variiert stark (Zhao et al., 2007). Diese regionalen Schwankungen erschweren die Einschätzung des Selenstatus der Bevölkerung (Nève, 2000). In Teilen der USA finden sich sehr hohe Selengehalte (Finley et al., 1996), die zu Selenosen bei Rindern führen können (Barceloux, 1999; National Research Council, 1983; Olson and Palmer, 1984; Longnecker et al., 1991).

Der Selengehalt bei Pflanzen kann allerdings auch bei selenreichen Böden gering sein, da die Bindung des mineralischen Selens im Boden umso größer ist, desto saurer der Boden ist. Übersäuerte Böden durch Umwelteinflüsse wie sauren Regen und Überdüngung mit Ammoniumsulfat sind dafür verantwortlich, dass das Spurenelement schlecht für Pflanzen verfügbar ist. Schwermetalle im Boden vermindern ebenfalls die Aufnahme des Selens in Getreide (Bioverfügbarkeit, siehe Kapitel 1.5.3).

Bei der Vermahlung der Getreidekörner treten zusätzliche Selen-Verluste auf, die bis zu 50 % betragen können. Anschließend längere Lagerung führt zu weiteren erheblichen Selenverlusten (Rayman, 2002; Brüggemann and Kumpulainen, 1995).

Paranüsse aus dem Amazonasgebiet enthalten je 100 g im Mittel 103 µg Selen (Souci et al., 2007). Mit drei Nüssen könnte man demnach die täglich empfohlene Zufuhrmenge an Selen aufnehmen.

Deutsches Getreide ist in der Regel selenarm mit 13 bis 24 µg/kg Trockensubstanz (Anke et al., 2002). Brüggemann und Kumpulainen fanden 22 µg/kg TS in deutschem Brotgetreide (Brüggemann and Kumpulainen, 1995, 1996).

Aufgrund der regional und herstellungsbedingt unterschiedlichen Selenkonzentration sind gewisse Schwankungsbreiten zu erwarten.

Muttermilch enthält in der ersten Stillwoche 18 – 30 µg/l Se mit einer Halbwertszeit von 50 Tagen abfallend. Ein Mindestgehalt von 4 µg/l ist erforderlich, da unter 3 µg/l Mangelkrankungen auftreten. Kuhmilch und Muttermilchersatzprodukte haben deutlich weniger Selen (2,7 – 8 µg/l), Folgenahrung etwas mehr (5,2 – 13 µg/l) (RKI, 2006;

Oster, 1992). Dementsprechend ist insbesondere auf eine ausreichende Selenzufuhr bei einer voll stillenden Mutter zu achten.

1.5.2 Nahrungsergänzungsmittel

Da Selen im Körper gespeichert wird und bei zu hoher Selenzufuhr Vergiftungsscheinungen auftreten, ist eine ausgewogene Ernährung dem unbedarften Gebrauch von Nahrungsergänzungsmitteln vorzuziehen.

Selenzusatz zur Nahrungsergänzung ist indiziert bei Iodmangel (aktiviert Schilddrüsenhormone), bei Patienten mit behinderter Selenresorption (Alkoholismus, schwerwiegenden gastrointestinalen Erkrankungen, Magenteilresektion) und schweren Infektionskrankheiten.

Nach Einschätzungen des Bundesinstituts für Risikobewertung sollten Lebensmittel des allgemeinen Verzehrs auch in Zukunft nicht mit Selen angereichert werden. Bei Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln sollte daher eine Tagesdosis von höchstens 25 – 30 µg Selen konsumiert werden. Der Verkauf von Selenpräparaten zur Nahrungsergänzung bzw. selenhaltigen Arzneimitteln ist in Deutschland zugelassen (nicht für Kinder unter 7 Jahren) (BfR, 2004; Domke et al., 2004).

Zur Anreicherung von Nahrungsergänzungsmitteln sind Natriumselenat, Natriumhydrogenselenit und Natriumselenit europaweit zugelassen (NemV, 2004). In Nahrungsergänzungsmitteln ist Selen sowohl in Einzelpräparaten als auch in Kombination mit anderen Mineralstoffen und Vitaminen unter anderem in Form von Selenhefe, Bierhefe, Natriumselenat und Natriumselenit im Handel (Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes, 2002, Bähr et al., 1999; Kosch et al., 2002).

1.5.3 Kinetik von Selen

Die Selenaufnahme im menschlichen Organismus ist abhängig vom Selengehalt der verzehrten Nahrungsmittel (Tuzen, 2007). Der Anteil, der vom menschlichen Körper aus der Nahrung aufgenommen werden kann, kann jedoch je nach Nahrungsmittelart unterschiedlich sein (Daniels, 1996, Klein et al., 2000).

Im Dünndarm wird Selen aus pflanzlichen Lebensmitteln vorwiegend als Selenomethionin über ein natriumabhängiges Aminosäuretransportsystem aufgenommen und anstelle von Methionin direkt in Proteine eingebaut (Selenoproteine). Dadurch ist es erst nach

Abbau des entsprechenden Proteins bioverfügbar. Selenit wird vermutlich über ein aktives Aufnahmesystem resorbiert. Selenit und Selenat sind dem Körper direkt verfügbar und sind Vorstufen zur Synthese der Aminosäure Selenocystein (Römpp et al., 2006).

Über die Nahrung zugeführtes Selen wird zu 50 – 90 % resorbiert. Van der Torre et al. (1991) berichteten über höhere Selenwerte im Serum nach Aufnahme von selenreichem Brot und Fleisch. Allerdings gibt es auch andere Untersuchungen, die nach Verzehr von Fisch keinen vermehrten Einbau von Selen in Selenoproteine und nur eine geringfügige Erhöhung des Selenplasmaspiegels feststellten (Svensson et al., 1992; Meltzer et al., 1993, Åkesson and Srikumar, 1994; Robberecht and Deelstra, 1994; Huang et al., 1995).

Die Ausscheidung von Selen erfolgt mit dem Faeces, dem Urin und mit der Ausatemungsluft (Löffler and Petrides, 1997).

Der Gesamtkörperbestand an Selen beträgt beim erwachsenen Menschen ca. 5 – 15 mg (0,12 – 0,9 mmol). Selen wird in Proteine (Selenoproteine), Zähne und Knochen eingebaut (Holben et al., 1999). Die Selenkonzentration der Organe ist unterschiedlich. Die höchsten Selengehalte weisen endokrine Organe, Gonaden, Gehirn, Thrombozyten und rote Muskeln auf. Mehr als 45 % des gesamten Selen-Körperbestandes sind im Skelettmuskel, etwa 26 % in Knochen, Haut und Darm sowie 8 % in der Leber lokalisiert (Gaßmann, 1996; Römpp et al., 1996).

Die Normalwerte für Selen im Serum betragen 0,7 – 1,3 $\mu\text{mol/L}$ bzw. 50 – 120 $\mu\text{g/L}$ (Umweltbundesamt, 2002). Die Leukozyten weisen von den Blutzellen den höchsten Selengehalt auf. 50 – 70 % des Plasma-Selens sind im Selenoprotein P enthalten, das von der Leber sezerniert wird (Römpp et al., 1996).

2 Fragestellung und Ziel der vorliegenden Untersuchung

Das essentielle Spurenelement ist seit 50 Jahren im Fokus der Forschung: Obwohl in Westeuropa kein offensichtliches Selenmangelsyndrom bekannt ist, wird eine marginale Selenversorgung mit Störungen der Immunfunktionen und Infektionskrankheiten, mit Krebserkrankungen, kardiovaskulären Erkrankungen, Asthma und Rheuma in Zusammenhang gebracht (siehe Übersicht „Selen in der Umweltmedizin“, RKI-Kommission, Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin (2006)). Deshalb wird diskutiert, ob die Selenversorgung über die Nahrung ausreichend ist oder ob sich eine Supplementierung mit Selen positiv auswirken würde. Selenpräparate als Nahrungsergänzung werden vor allem bei Laien intensiv beworben. In diesem Zusammenhang ist zu bedenken, dass die therapeutische Breite, d. h. die Spanne zwischen Konzentrationen von Selen, die Mangelerscheinungen hervorrufen und toxischen Konzentrationen relativ gering ist.

Da die tatsächliche Gesamttageszufuhr der Bevölkerung mit Selen aufgrund bestehender Wissenslücken nur unzureichend bekannt ist, ist es schwierig, die Versorgungssituation der deutschen Bevölkerung verlässlich zu beurteilen. Ältere Daten zur Selenaufnahme deuten darauf hin, dass die durchschnittliche Selenzufuhr der deutschen Bevölkerung im unteren Bereich für eine angemessene Selenversorgung liegt. Dies ist in Deutschland durch eher selenarme Böden bedingt, welches durch einseitiges oder sehr regionales Essverhalten verstärkt werden kann.

Es ist anzunehmen, dass der Selenbedarf in der Schwangerschaft und Stillzeit eher höher als niedriger anzusetzen ist (NRC, 2000). Die Ernährungsgewohnheiten der Mutter bestimmen den Selengehalt der Muttermilch (Brätter et al., 1997; Dorea, 2002), so dass eine suboptimale Selenversorgung besonders in der Schwangerschaft und während der Stillzeit zu erwarten ist und zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Mutter und eventuell auch des Neugeborenen führen könnte. Als wichtigste Gruppe mit erhöhtem Selenbedarf sind Stillende anzusehen (Biesalski et al., 1997, Li et al., 1999). Junge Frauen im gebärfähigen Alter können deshalb im Hinblick auf ihre Selenversorgung als relevante Bevölkerungsgruppe eingestuft werden. Da es keine aktuellen Daten zur Selenversorgung von jungen Frauen gibt, war es das Ziel dieser Arbeit, die nahrungsbedingte Selenaufnahme zweier Kollektive von Frauen im gebärfähigen Alter

anhand von Lebensmittelduplikatuntersuchungen zu bestimmen und diese mit den empfohlenen Werten zu vergleichen.

Von der RKI-Kommission (2006) wird auf die Schwierigkeiten hingewiesen, den Selenstatus im Rahmen einer Ernährungs-Anamnese zu erheben. Es wurde deshalb durch Auswertung der Ernährungsprotokolle und Fragebögen der Probandinnen versucht, die Selenaufnahme zu schätzen und einen Ernährungsfragebogen zu optimieren, mit dem eine marginale Selenversorgung durch die Ernährung einfach eruiert werden könnte.

3 Methodik

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Daten und Proben wurden im Rahmen der vom Dezernat 50 „Umweltbezogener Gesundheitsschutz des Landesamtes für Gesundheit und Arbeitssicherheit des Landes Schleswig-Holstein“ (LGASH) durchgeführten Studien zur Bestimmung der PCB-Belastung gesammelt und vom umwelttoxikologischen Labor des LGASH in Kiel aufbereitet (Schäfer et al., 2000, Heinzow, 2005; siehe 3.1).

Die Messung der Proben auf ihren Selengehalt und deren Auswertung erfolgte im Labor der Abteilung für Hygiene-, Sozial- und Umweltmedizin der Ruhr-Universität Bochum. (siehe 3.2 und 3.3).

Zusätzlich füllte jede Probandin für jede Probe ein Ernährungsprotokoll und einen allgemeinen Fragebogen aus, der unter anderem das allgemeine Ernährungsverhalten beschreibt.

Diese Ernährungsprotokolle werden strukturell in Abschnitt 3.1.2 beschrieben und in Abschnitt 3.4 ausgewertet und in Abschnitt 3.6 als Basis für eine Schätzung der täglichen Selenaufnahme genommen.

Die allgemeinen Fragebögen werden strukturell in Abschnitt 3.1.1 beschrieben und in Abschnitt 3.7 ausgewertet. Angelehnt an diesen Fragebogen wird in Abschnitt 3.8 ein Kurzfragebogen zur direkten Schätzung der Selenaufnahme entwickelt.

Die Ergebnisse der Messproben und der unterschiedlichen Schätzungen werden in Kapitel 4 vorgestellt und verglichen.

3.1 Studiendurchführung

In Schleswig-Holstein wurden im Februar und März 1997 (Kollektiv I) an 7 aufeinander folgenden Tagen von 7 Frauen im Alter zwischen 24 und 35 Jahren und im April und Mai 2004 (Kollektiv II) von 11 Frauen im Alter zwischen 22 und 40 an 5 aufeinander folgenden Tagen Lebensmittelduplikatproben gesammelt (gemäß den WHO-Richtlinien (WHO, 1985)).

Die gesunden Probandinnen nahmen freiwillig an der Untersuchung teil und unterschrieben zu Beginn eine Einwilligungserklärung (siehe Muster im Anhang 8.1). Die Probandinnen erhielten als Ausgleich für erhöhte Aufwendungen eine Kostenpauschale.

Um die Anonymität bei der Untersuchung sicherzustellen, wurden die Probengefäße mit Codenummern versehen. Diese konnten dann später den entsprechenden Fragebögen (siehe 3.1.1) und Ernährungsprotokollen (siehe 3.1.2), die ebenfalls codiert waren, wieder zugeordnet werden.

3.1.1 Allgemeiner Fragebogen zu Ernährungsgewohnheiten

Die allgemeinen Personendaten und Daten zum allgemeinen Ernährungsverhalten und ihrer Umwelt wurden vor dem Sammeln von Lebensmittelduplikatproben erfasst (siehe Muster im Anhang 8.2).

Es wurden probandenbezogene Daten wie ein eindeutiger numerischer Schlüssel der Probandin (Teilnahme-Nr. bzw. Probandinnen-Nummer), der Tag der Befragung und der Befrager festgehalten.

Ferner werden das Alter (in Jahren), die Körpergröße (in cm) und das Körpergewicht (in kg) der Probandinnen dokumentiert.

Zudem wurden Fragen zur Schadstoffbelastung im Haushalt (Holzschutzmittel, Schädlings- und Unkrautbekämpfungsmittel) gestellt.

Das allgemeine Ernährungsverhalten wird detailliert dokumentiert, hierunter auch spezielle Diäten, Vegetarier (mit/ohne Milchprodukten, Eiern) und Nahrungsergänzungsmittel. Je nach Lebensmittelart (Fleisch und Wurstwaren, Fisch, Milchprodukte, Fette, Obst/Gemüse, Süßwaren und insbesondere Eier) wurde die Verzehrhäufigkeit durch Kategorien (wie N (nie), S (selten), G (gelegentlich), H (häufig), T (täglich); siehe 3.7.2 für Details) erfasst.

Die Fragebögen von 1997 ermöglichten eine feinere Beschreibung des Essverhaltens. Es wurde z. B. nach Lebensmittelunterarten (z. B. Seefisch) detailliert, und es war die Menge anhand eines vorgegebenen Wertes pro Lebensmittelunterart (z. B. Seefisch 15 g/Monat) mit einem kategorisierten Korrekturfaktor (von „weniger als die Hälfte“ über „bis halb so viel“, „stimmt“, „bis doppelt so viel“ zu „mehr als doppelt so viel“) anzugeben. 1997 wurde zudem noch nach Tee und speziellen Lebensmitteln wie gegrilltem Fleisch und Leber-/Teewurst, Blutwurst, Schalentieren/Meeresfrüchten, Pilzen, Getreide und Nüssen sowie Blattgemüse und rote Beete gefragt.

Es wurde nach tierischen Produkten aus unmittelbarer Wohnumgebung, typischen Mahlzeiten und Lieblingsgerichten gefragt. Außerdem wurde die Einnahme von Nahrungsergänzungspräparaten erfragt.

Zuletzt wurde nach gesundheitlichen Störungen aufgrund von Allergien (mit bekannten Allergenen) oder Umweltchemikalien gefragt.

3.1.2 Ernährungsprotokoll je Lebensmittelduplikatprobe

An jedem Tag, an dem eine Lebensmittelduplikatprobe von den Probandinnen gesammelt wurde, wurden die Einzelbestandteile und deren Mengen in einem Ernährungsprotokoll von den Probandinnen erfasst (siehe Muster im Anhang 8.3).

Im Kopf steht der numerische Schlüssel pro Probandin (Studien-Nr.), das Datum der Probe und eine Gefäßnummer bzw. laufende Tagesnummer (1997: 1 bis 7).

Dann folgen die Nahrungsmittel mit der verzehrten Menge (z. B. 2 Scheiben Wurst oder ca. 10 g Butter) und Getränke. Letztere wurden zwar teilweise dokumentiert, sollten aber mit Ausnahme von Milch nicht gesammelt werden. Die Lebensmittel wurden gruppiert nach Mahlzeiten (1997: Frühstück, Mittagessen, Vesper, Abendessen, Spätmahlzeiten, weitere und Zwischenmahlzeiten bzw. 2004 einfach nur durchnummeriert als Mahlzeit n mit Uhrzeit u).

Zudem konnten Garungsart und Vorbehandlung der Nahrung erfasst werden.

3.1.3 Herstellung der Lebensmittelduplikatproben

Das Netto-Gewicht der gewonnenen Duplikatproben wurde bestimmt (Frischmassen). Anschließend wurden die Proben im Labor zerkleinert, mit dem Ultra-Turrax homogenisiert und als Teilproben gefriergetrocknet (Gefriertrockner beta I, Firma Christ). Die trockenen Proben wurden dann mit Hilfe eines Mörsers zu einem feinen Pulver verrieben und in Braunglasflaschen mit Schraubverschluss kühl gelagert.

3.2 Untersuchung der Lebensmittelduplikatproben

Die Untersuchung der Lebensmittelduplikatproben auf ihren Selengehalt erfolgte im Labor der Abteilung für Hygiene-, Sozial- und Umweltmedizin der Ruhr-Universität Bochum.

Nach Aufschluss mit dem Hochdruckverascher wurden die Proben mittels Hydridatomabsorptionsspektroskopie in Anlehnung an die bereits von Wilhelm et al., 2003 verwendete Methode auf ihre Selengehalte untersucht.

3.2.1 Verwendete Geräte, Materialien und Chemikalien

Die folgenden Geräte, Materialien und Chemikalien wurden für die Untersuchung der Lebensmittelduplikatproben verwendet.

3.2.1.1 Geräte

- Hochdruckverascher HPA-S, Anton Paar
- Heizplatte Ceran 500, Harry Gestigkeit GmbH
- Wasserbad, Gesellschaft für Labortechnik
- Perkin Elmer 1100B mit FIAS 100, PE EX-800 Printer

3.2.1.2 Materialien

- 100- μ L-Pipettenspitzen, gelb, Eppendorf o. Starlab
- 1-mL-Pipettenspitzen, blau, Eppendorf o. Starlab
- 90 mL-Quarzgefäße für Hochdruckverascher HPA-S, Anton Paar
- 22 mm Quarzglasdeckel für Hochdruckverascher HPA-S, Anton Paar
- 25-mL-PP-Messkolben
- 15-mL-Quarzglas-Abdampfschalen, QGT Bad Harzburg, #183651002
- 15-mL-PP-Zentrifugenröhrchen, TPP
- 50-mL-PP-Zentrifugenröhrchen, Sarstedt

3.2.1.3 Chemikalien

- Salpetersäure 65 % p. a. (HNO_3), Fluka, #84381
- Salzsäure 36 – 38 % (HCl), baker analyzed, J. T. Baker, #6081
- Selen-Standardlösung 1000 mg/L für Atomspektrometrie, CertiPur, E. Merck, #1.19796.010
- Selenium ICP Standardlösung 1000 mg/L, ULTRAGrade Solution, Ultra Scientific Analytical Solutions, #ICP-034
- Silicon Defoaming Agent for MHS Analysis, Perkin Elmer, #B0507226

- Natriumborhydrid (NaBH_4), baker analyzed, J. T. Baker, #9098
- Natronlauge (NaOH), baker analyzed, J. T. Baker, #0402

3.2.1.4 Referenzmaterial

- Simulated Diet B, National Food Administration, Schweden (SLV)

3.2.1.5 Lebensmittelduplikatproben

- 1997 (Kollektiv I):
49 Lebensmittelduplikatproben, Schleswig-Holstein, Deutschland
- 2004 (Kollektiv II):
55 Lebensmittelduplikatproben, Schleswig-Holstein, Deutschland

3.2.2 Vorbereitung der Messproben

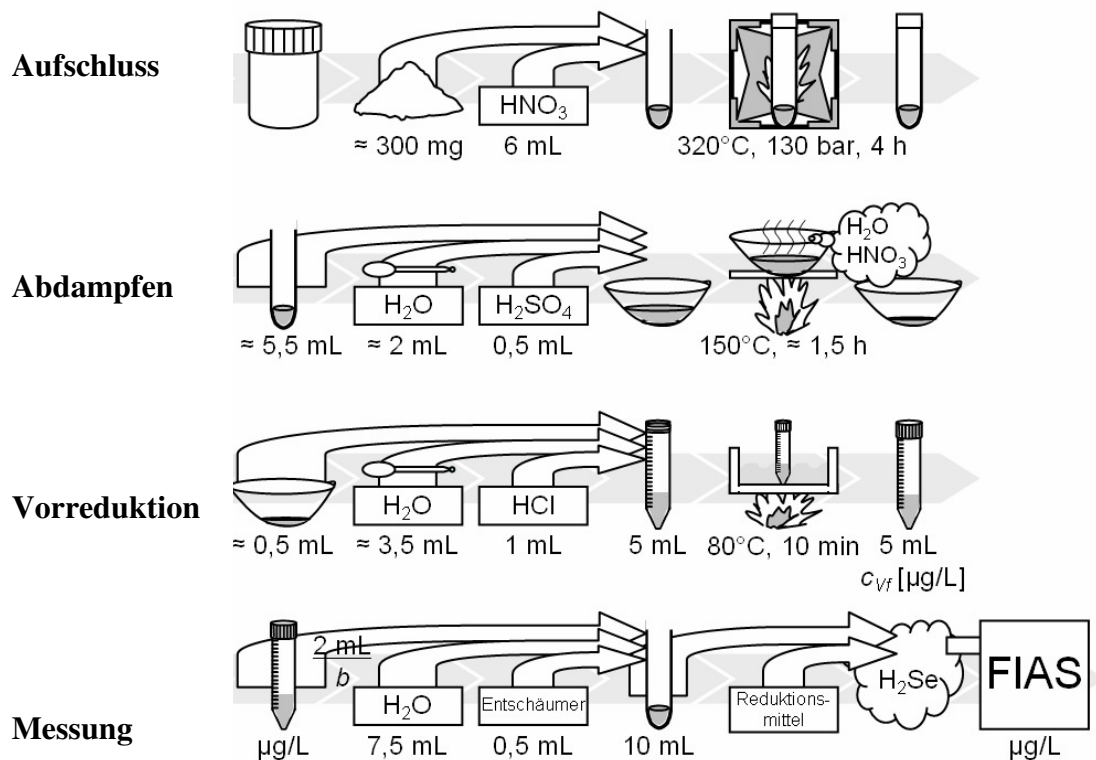


Abb. 1: Schematische Übersicht von Probenvorbereitung und Messmethodik

3.2.2.1 Aufschluss mit dem Hochdruckverascher

Je 300 mg der gefriergetrockneten Lebensmittelduplikatproben wurden in 90 mL-Quarzgefäße mit jeweils 6 mL konzentrierter Salpetersäure versetzt. Die Gefäßöffnungen wurden mit einem Streifen PTFE-Band verschlossen. Um die Bildung von Kondensationstropfen zwischen Dichtung und Deckel zu verhindern, wurde das Band einmal durchstochen. Der aufgelegte Deckel wurde durch mehrmaliges Umwickeln mit PTFE-Band mit Hilfe einer Vorrichtung fixiert. Der oben überstehende Rand des Bandes wurde nach innen eingeschlagen und angedrückt.

Jeweils fünf so vorbereitete Reaktionsgefäße wurden in einen geschlossenen Heizblockeinsatz gesetzt. Der sechste Platz wurde abwechselnd mit einer Blindprobe oder einem Referenzmaterial belegt.

Anschließend wurde der so gefüllte Heizblockeinsatz in den Druckbehälter eines Hochdruckveraschers der Firma Anton Paar eingesetzt und druckdicht verschlossen. Der Druckbehälter wurde mit Stickstoff beschickt, bis ein Druck von 100 bar erreicht wurde und danach das voreingestellte Temperaturprogramm gestartet.

Tab. 1: Aufschlussprogramm des Hochdruckveraschers

| Programmschritt | Heizrampe [min] | Zieltemperatur [°C] | Haltezeit [min] |
|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| 1 | 0 | 50 | 0 |
| 2 | 30 | 80 | 30 |
| 3 | 70 | 160 | 40 |
| 4 | 100 | 160 | 30 |
| 5 | 150 | 320 | 50 |
| 6 | 210 | 320 | 60 |
| 7 | 210 | 20 | 0 |

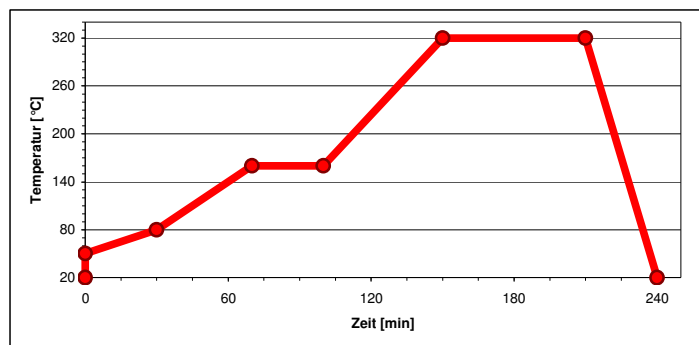


Abb. 2: Temperaturverlauf des Hochdruckverascher-Aufschlussprogramms

Nach Programmende wurde der Druck langsam abgelassen. Als Ergebnis lagen nun klare und homogene Lösungen vor.

3.2.2.2 Abdampfen der Aufschlusslösung

Um die Salpetersäure auszutreiben, wurde die Aufschlusslösung in Quarzschälchen verbracht und mit 0,5 mL Schwefelsäure versetzt. Da Salpetersäure bereits bei ca. 120°C und Schwefelsäure erst bei ca. 310°C siedet, wurden die Quarzschälchen unverschlossen auf eine Laborheizplatte bei ca. 150°C bis auf ein Restvolumen von ca. 0,5 mL abgeraucht.

Die noch heißen abgerauchten Proben wurden unverzüglich in ein 15-mL-Zentrifugenröhrchen überführt, um ein Ausfällen von CaSO_4 zu verhindern.

Die Abdampfschälchen wurden anschließend mit 0,5 mL bidest H_2O gründlich ausgespült und die im Wasser gelöste restliche Probensubstanz sorgfältig in das Zentrifugenröhrchen pipettiert. Dieser Vorgang wurde wiederholt, bis sich 4 mL verdünnte Probe in jedem Zentrifugenröhrchen befanden.

3.2.2.3 Vorreduktion im Wasserbad

Die Vorreduktion von Se (VI) zu Se (IV) erfolgte durch Zugabe von 1 mL Salzsäure zu den verdünnten Proben. Die Zentrifugenröhrchen wurden anschließend verschlossen und gut geschüttelt.

Das Wasserbad wurde auf 80°C eingestellt. Die Zentrifugenröhrchen wurden für 10 Minuten in das Wasserbad gestellt und im Anschluss über Nacht bei Raumtemperatur stehen gelassen.

3.2.2.4 Herstellung der Messproben

Im Anschluss an die Kalibrierung der AAS-Geräte konnte die Vermessung der eigentlichen Proben erfolgen. Ein Probenendvolumen von 5 mL ermöglichte eine Doppelbestimmung mit jeweils 2 mL Probe.

Zur Herstellung der Messproben wurden jeweils 2 mL Probe, 0,5 mL Entschäumer und 7,5 mL bidest H_2O verwendet, die nach einer Reaktionszeit von 30 Minuten vermessen werden konnten.

3.2.3 Messen der Selen-Gehalte

Die Bestimmungen der Selen-Gehalte in den Lebensmittelduplikatproben wurden mit der Hydridtechnik an einem Atomabsorptionsspektrometer Perkin Elmer 1100 B in Verbindung mit einem Fließinjektionssystem FIAS 100 von Perkin Elmer durchgeführt.

Die Geräteparameter lauten:

Tab. 2: Messparameter zur Bestimmung von Selen mit Hydrid-AAS

| Element | Wellenlänge [nm] | Spaltbreite [nm] | Messzeit [s] | Messverzögerung [s] |
|---------|------------------|------------------|--------------|---------------------|
| Se | 196,0 | 2,0 | 30 | 0,5 |

Tab. 3: Kalibrierstandards für AAS Perkin Elmer 1100 B

| Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|---|----|----|----|
| Se [µg/L] | 5 | 10 | 15 | 20 |

Tab. 4: Messparameter zur Bestimmung von Selen mit Perkin Elmer FIAS 100

| Schritt | Zeit [s] | Pumpe 1 | Ventil | Messen |
|---------|----------|---------|--------|--------|
| 1 | 30 | | Fuell | |
| 2 | 15 | 120 | Fuell | X |
| 3 | 25 | | Fuell | |

Der Argonstrom am FIAS 100 wurde auf 250 mL/min eingestellt. Der Vordruck des Trägergases Argon war auf exakt 2,5 bar eingestellt. Die Messungen erfolgten bei einer Temperatur von 1000°C. Als Strahlungsquelle diente eine Selen-HKL. Die Wellenlänge betrug 196,0 nm, der Spalt 2,0 nm.

Das in den Gasstrom integrierte Trockenrohr war mit Magnesiumperchlorat-Hydrat gefüllt. Das Reduktionsmittel bestand aus Natriumborhydrid, die Spüllösung aus bidest H₂O.

Die Kalibrierung der AAS-Geräte erfolgte anhand von Standardlösungen, deren Konzentrationen bekannt waren. Es wurden Verdünnungsreihen erstellt und Kalibrierkurven erzeugt. Anschließend konnte die Vermessung der eigentlichen Proben erfolgen.

Für eine Doppelbestimmung erfolgte der Probenansatz in 50 mL Zentrifugenröhrchen und enthielt jeweils 2 mL Probe, 0,5 mL Entschäumer und 7,5 mL bidest H₂O, die nach einer Reaktionszeit von 30 Minuten vermessen werden konnten.

Die Ausgabe der Ergebnisse erfolgte auf dem PC und einem angeschlossenen Drucker. Die Bestimmungsgrenze lag bei 15 µg/kg.

3.3 Auswertung der Messergebnisse

Das Datenmaterial umfasst die personenbezogenen Daten von 18 Probandinnen, die Daten der Lebensmittelduplikate und der Lebensmittelduplikataufnahme sowie die der Konzentrationen des Spurenelementes Selen. Die Selengehalte in 10 Lebensmittelduplikatproben lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 15 µg/kg und wurden mit halber Bestimmungsgrenze angesetzt.

3.3.1 Datenmaterial und durchgeführte Berechnungen

Bei den Lebensmittelduplikaten handelt es sich ausschließlich um individuelle Tagesproben der Probandinnen. Die in den Lebensmittelduplikaten gemessenen Selengehalte wurden primär auf die Trockenmasse bezogen. Über den ermittelten Trockenrückstand, die erhobenen Daten zur Nahrungsaufnahme sowie die allgemeinen Personendaten der Probandinnen wurden daraus entsprechende individuelle Aufnahmemengen berechnet. Es wurden folgende Bezugsbasen berücksichtigt:

- Massenkonzentration im Lebensmittelduplikat
- bezogen auf die Trockenmasse m/m_{TG}
- Aufgenommene Masse pro Zeit m/t
- Aufgenommene Masse pro Körpergewicht und Zeit $m/(KG \cdot t)$
- (Aufgenommene Masse pro Körperoberfläche und Zeit) $m/(KO \cdot t)$

3.3.2 Statistische Methoden und Aufbau der Tabellen

Im Folgenden werden die verwendeten statistischen Kennwerte und Methoden sowie Aufbau, Gliederung und Abfolge der Tabellen erläutert.

Die statistische Auswertung der tabellarisch und grafisch aufgeführten Daten erfolgte mit der Statistik-Software Statsoft Statistica for Windows und mit der Tabellenkalkulations-Software Microsoft Excel (Version 2002).

3.3.2.1 Tabellierte Kennwerte der deskriptiven Statistik

Neben der Anzahl der analytisch bestimmten Messdaten werden der Minimalwert (MIN), fünf Perzentile (5., 10., 50., 90., 95.), der Maximalwert (MAX), das arithmetische Mittel (AM) und die Standardabweichung des arithmetischen Mittels (SA) angegeben.

Die Minimal- und Maximalwerte sowie die Perzentile dienen der Beschreibung der Stichprobenverteilung. Zur Beschreibung der „durchschnittlichen Lage“ der Daten wurde neben dem Median (50. Perzentil) das arithmetische Mittel tabelliert.

Die Anzahl der in den Tabellen angegebenen Zahlenstellen, inklusive Nachkommastellen für den Minimalwert, die Perzentile und den Maximalwert, ergibt sich aus den originalen Messwerten. In der Regel wurden die originalen Messwerte der Massenkonzentrationen in der Trockenmasse mit zwei signifikanten Zahlenstellen bestimmt. Die entsprechenden Aufnahmemengen wurden ebenfalls mit zwei signifikanten Zahlenstellen berechnet.

Abweichungen von dieser grundsätzlichen Vorgehensweise finden sich bei einigen personenbezogenen Daten, welche auf eine gleiche Anzahl von Nachkommastellen erhoben wurden (Struktur angelehnt an Krause et al., 1996).

3.3.2.2 Gliederung der Tabellen zur deskriptiven Statistik

Zu Vergleichszwecken enthalten die Tabellen die Deskription der Parameter der beiden Kollektive sowie für das Gesamtkollektiv. Zur Definition der Kollektive werden geschachtelte Gliederungsmerkmale verwendet, die am linken Tabellenrand aufgeführt sind.

Die Tabellen für die personenbezogene Daten der Probanden, die Lebensmittelduplikate und die Nahrungsaufnahme umfassen folgende Hauptgliederungsebenen:

- Kollektiv I (1997)
- Kollektiv II (2004)
- Gesamtkollektiv

3.3.2.3 Aufbau der Abbildungen zur deskriptiven Statistik

Um das Gesamtkollektiv und seine Aufteilung in Kollektiv I und II zu verdeutlichen, sind die Histogramme der Kollektive als gestapelte Balkendiagramme dargestellt. Zudem ist so leichte Vergleichbarkeit und Übersicht gewährleistet.

Die messwertbezogenen Tabellen und Diagrammen werden sowohl probenbezogenen als auch probandinnenbezogen ausgewertet.

Bei der probenbezogenen Auswertung werden alle Proben unabhängig von der jeweiligen Probandin zusammen betrachtet. Dies bedeutet unter anderem, dass

Probandinnen mit 7 Tagesproben stärker einfließen als Probandinnen mit 5 Tagesproben.

Bei der probandinnenbezogenen Auswertung werden zunächst alle Werte je Probandin gemittelt. Diese voraggregierten Werte bilden die Basis für die Tabellen und Diagramme, so dass nur so viele Werte vorliegen wie Probandinnen existieren. Der Vorteil ist zum einen, dass unterschiedliche Anzahlen von Messproben pro Probandin nicht mehr ins Gewicht fallen und zum anderen tagesindividuelle Schwankungen geglättet werden. Dies wird insbesondere bei den Minimal- und Maximalwerten deutlich.

3.3.3 Qualitätssicherung

Um die Qualität der Messungen sicherzustellen, wurden in den Analyseserien Blindproben und zertifizierte Referenzmaterialien mitgeführt, die genau so wie Proben behandelt wurden.

Die Proben der beiden Kollektive und der Probandinnen wurden zufällig auf die Analyseserien verteilt, um Abhängigkeiten zwischen den Analyseserien und den Kollektiven oder Probandinnen zu vermeiden.

Durch den Einsatz der Blindproben konnten etwaige verfälschende Kontaminationen mit dem zu untersuchenden Element ausgeschlossen werden.

Das zertifizierte Referenzmaterial diente der Qualitätssicherung und wies eine ähnliche Matrix wie die Lebensmittelduplikate auf. Als Referenzmaterial wurde „Simulated Diet B“ der National Food Administration, Schweden, verwendet.

Hierbei lagen alle Messwerte der Referenzmaterialien im Rahmen der Genauigkeit des Referenzmaterials $1520 \pm 120 \mu\text{g}/\text{kg}$. Die folgende Grafik zeigt die Messwerte in der Reihenfolge der Messung:

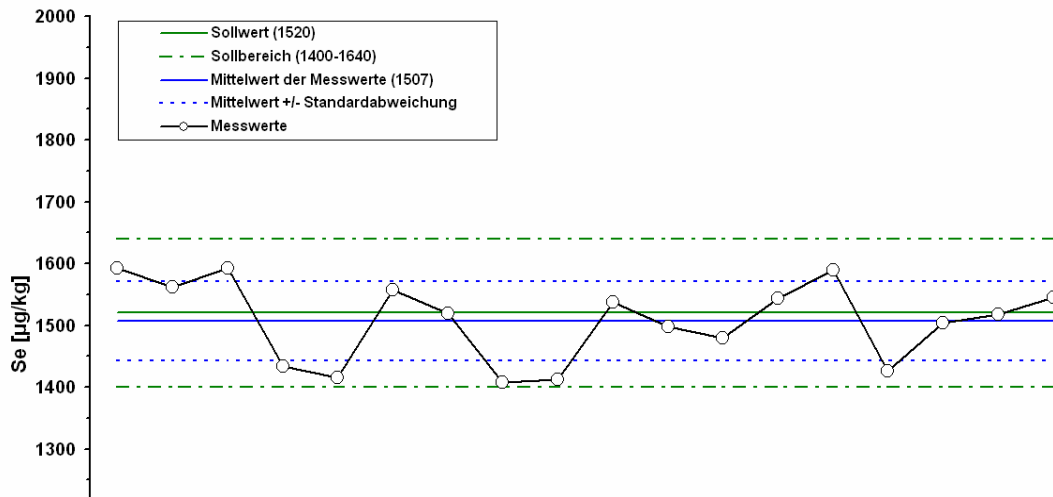


Abb. 3: Messergebnisse des Referenzmaterials

3.4 Lebensmittelmengen der Ernährungsprotokolle

An jedem Tag, an dem eine Lebensmittelduplikatprobe von den Probandinnen gesammelt wurde, wurden die Inhaltsstoffe und deren Mengen in einem Ernährungsprotokoll von den Probandinnen erfasst.

Um den Selengehalt einer Probe auch ohne Messung möglichst gut vorherzusagen, sollte die Zusammensetzung der Probe bezüglich der spezifischen Lebensmittelart (z. B. Putenfleisch) und Menge (in Gramm) möglichst genau bekannt sein.

Leider sind die Lebensmittelarten nicht immer bekannt (z. B. Fleischart) oder bestimmbar (z. B. bei Mischnahrungsmitteln wie Gebäck oder Süßigkeiten). Da der Selengehalt einer Lebensmittelart zusätzlich schwankt (Selengehalt des Bodens oder bei tierischen Produkten, bei denen die Nutztiere mit Futter unterschiedlicher Selenkonzentration gefüttert wurden), ergibt sich eine weitere Erhöhung der Schwankungsbreite. Zudem kann z. B. bei Fleisch der eingelagerte (unbekannte) Wasseranteil nicht genau bestimmt werden.

In den vorliegenden Proben konnte nur die Gesamtmenge der Frischmasse genau bestimmt werden. Die Ernährungsprotokolle enthalten nicht immer Mengenangaben der Einzelbestandteile und diese liegen nicht immer in Gramm vor. Eine Überführung in Gramm durch die Probandin oder im Rahmen der Auswertung unterliegt einer gewissen Ungenauigkeit, wenn keine Waage benutzt wird, und ob immer alle Nahrungsmittel mit den korrekten Mengen verzeichnet sind, kann im Nachhinein in einer Sammelprobe nicht mehr geprüft werden.

3.4.1 Verdichtung nach Lebensmittelkategorien

Um die oben beschriebene Ungenauigkeit der Mengenbestimmung anhand der Ernährungsprotokolle zu verringern, wird folgender Ansatz gewählt:

Die Ernährungsprotokolle werden anhand von verdichteten Lebensmittelkategorien ausgewertet. Dazu wird pro Kategorie anhand der Protokolle ein Massenwert in Gramm bestimmt. Im Folgenden wird angenommen, dass der Selengehalt einer Lebensmittelkategorie in allen Proben gleich ist. Dies ist aus den bereits genannten Gründen nur annäherungsweise korrekt, aber durch die große Anzahl an Proben wird erwartet, dass im Mittel dieser Ansatz gute Ergebnisse liefert. Da das Essverhalten von Frauen einer bestimmten Altersklasse und einer Region zu einem bestimmten Zeitpunkt untersucht wird, kann eine gewisse Ähnlichkeit der Lebensmittelkategorien angenommen werden.

Folgende Lebensmittelkategorien werden in Anlehnung an den Fragebogen zum allgemeinen Ernährungsverhalten verwendet:

- Fisch
- Fleisch
- Milchprodukte
- Fett
- Obst & Gemüse
- Getreide
- Süßwaren
- Eier

Eier werden i. d. R. nicht in Gramm, sondern bezüglich ihrer Anzahl betrachtet; bei Bedarf wird mit 60 g pro Ei umgerechnet.

Ziel ist es, unter der Annahme eines mittleren Selengehaltes jeder Lebensmittelkategorie eine sinnvolle Schätzung der Selenaufnahme anhand der Mengen pro Lebensmittelkategorie vorzunehmen.

3.4.2 Mengenverteilung der Ernährungsprotokolle

Manuell wurde jedes Protokoll gesichtet und je Lebensmittelkategorie die Menge bestimmt. Die Ergebnisse sind grafisch im Abschnitt 4.5 dargestellt.

3.5 Bestimmung eines mittleren Selengehaltes je Lebensmittelkategorie

In Abschnitt 3.4 wurden die Ernährungsprotokolle je Lebensmittelduplikatprobe beschrieben und nach Lebensmittelkategorien gruppiert ausgewertet. Als Vorbereitung für die Schätzung des Selengehaltes der Lebensmittelduplikatproben werden in Abschnitt 3.5.1 mögliche Ansätze zur Bestimmung der mittleren Selengehalte je Lebensmittelkategorie vorgestellt. In Abschnitt 3.5.2 wird ein Ansatz angewendet und mit ihm ein repräsentativer Wert je Lebensmittelkategorie bestimmt (siehe 4.6.2).

3.5.1 Methoden zur Schätzung der Selengehalte

Um die Selengehalte der Lebensmittelkategorien möglichst gut zu schätzen, können im Allgemeinen folgende Ansätze benutzt werden:

Es könnten Messungen von künstlich erstellten Proben mit typischen Mengenverteilungen einer Lebensmittelkategorie durchgeführt werden (z. B. Probe für Fleisch mit 30 % Schweinefleisch, 20 % Rindfleisch, etc.). Alternativ könnte man eine Schätzung anhand gemessener Referenzwerte der Literatur mit Hilfe einer typischen Mengenverteilung vornehmen (z. B. gewichtet 30 % Schweinefleisch mit 0,120 Se/g und 20 % Rindfleisch mit 0,054 Se/g, etc.).

Beide Methoden benötigen typische Mengenverteilungen (z. B. für Fleisch 30 % Schweinefleisch, 20 % Rindfleisch, etc.) bzw. zusätzliche typische Selengehalte je Einzelnahrungsmittel (z. B. Schweinefleisch 0,120 Se/g, Rindfleisch 0,054 Se/g, etc. wie in den Souci-Fachmann-Kraut-Nährwerttabellen (Souci et al., 2007), zusammengestellt). Damit könnte dann ein typischer mittlerer Selengehalt pro Nahrungsmittelgruppe bestimmt werden. Die so bestimmten Werte haben jedoch keinen direkten Zusammenhang zu den hier untersuchten Kollektiven.

Stattdessen wird ein Ansatz gewählt, der zum einen das über die Ernährungsprotokolle festgehaltene Mengenverhältnis der Lebensmittelkategorien je Probe berücksichtigt und dies möglichst gut mit den tatsächlichen Messwerten in Beziehung setzt. Als unbekannter Freiheitsgrad verbleibt die Selenkonzentration je Lebensmittelkategorie. Dadurch wird zum einen das typische Essverhalten der vorliegenden Kollektive optimal abgedeckt und zudem der mittlere Selengehalt in Bezug auf die tatsächlich verzehrten Lebensmittel einer Kategorie bestimmt.

Die möglichst gute Übereinstimmung wird mit einer mathematischen Optimierung eines entsprechenden Modells erreicht, welches im Folgenden vorgestellt wird.

3.5.2 Mathematisches Optimierungsmodell

Das vorliegende Problem kann als ein lineares Gleichungssystem mit k Unbekannten beschrieben werden. Hierbei ist k die Anzahl der Lebensmittelkategorien, und jede Gleichung entspricht einer Probe.

Für eine Probe betrachtet, ergibt die Summe aus den Lebensmittelkategoriemengen m_1 bis m_k multipliziert mit den unbekanntem Selengehalten c_1 bis c_k der k Lebensmittelkategorien einen geschätzten Gesamtselengehalt S , welcher der Messung M sehr nahe kommen sollte:

$$\text{Für eine Probe: } m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2 + \dots + m_k \cdot c_k = S \approx M$$

Unter der Annahme, dass das Modell exakt passen würde, was sicherlich nicht der Fall ist, da z. B. bei jeder Probe die Fleischzusammensetzung etwas anders ist und alle Lebensmittelduplikatmessungen 100 % exakt wären (was messtechnisch ebenfalls nicht möglich ist), wären k Messungen von „linear unabhängigen“ Proben (k ist hier 8) ausreichend, um das Gleichungssystem zu lösen. Stattdessen haben wir hier aber $n = 104$ Lebensmittelduplikatmessungen, d. h. der systembedingte Mangel an Genauigkeit kann durch eine große Anzahl von Messungen ausgeglichen werden. Es kann nur insgesamt eine minimale Abweichung der Schätzungen von den Messungen angestrebt werden, da eine Optimierung für wenige Proben das Ergebnis für andere Proben überhöht verschlechtern könnte. Unter Einbeziehung aller n Proben sieht der gleiche Sachverhalt formal wie folgt aus:

$$\begin{aligned} \text{Für alle Proben: } & m_{1,1} \cdot c_1 + m_{2,1} \cdot c_2 + \dots + m_{k,1} \cdot c_k = S_1 \approx M_1 \\ & \dots \\ & m_{1,j} \cdot c_1 + m_{2,j} \cdot c_2 + \dots + m_{k,j} \cdot c_k = S_j \approx M_j \\ & \dots \\ & m_{1,n} \cdot c_1 + m_{2,n} \cdot c_2 + \dots + m_{k,n} \cdot c_k = S_n \approx M_n \end{aligned}$$

Als Qualitätsmaß für (exemplarisch) Probe j nehmen wir die Abweichung von Schätzung S_j und Messung M_j und quadrieren diese. Summiert man dies für alle 104 Gleichungen ergibt sich:

$$\text{Qualitätsmaß} = \sum_{j=1, \dots, n} (S_j - M_j)^2 \rightarrow \min.$$

So werden positive und negative Abweichungen gleich gehandelt und große Abweichungen gegenüber kleinen stärker berücksichtigt. Wenn dieses Maß minimal wird, kann mit dem gewählten Modell keine bessere Schätzung bestimmt werden, die für alle Schätzungen insgesamt besser passt. Diese Methode ist angelehnt an die Methode der kleinsten Quadrate (Elpelt and Hartung, 1992). In Langform sieht dies wie folgt aus:

$$\text{Qualitätsmaß} = \left[\begin{aligned} &((m_{1,l} \cdot c_1 + m_{2,l} \cdot c_2 + \dots + m_{k,l} \cdot c_k) - M_l)^2 + \\ &\dots + \\ &((m_{1,n} \cdot c_1 + m_{2,n} \cdot c_2 + \dots + m_{k,n} \cdot c_k) - M_n)^2 \end{aligned} \right] \rightarrow \min.$$

Auf eine ausführliche Untersuchung der Lösungsmethoden dieses mathematischen Modells wird an dieser Stelle verzichtet. Der Nachteil dieser Methode ist, dass prinzipiell als Konzentrationen bei weniger wichtigen Bestandteilen auch fachlich unsinnige Werte (z. B. negative Werte oder zu hohe Werte) herauskommen können, wenn diese aufgrund ihres geringen Gewichts kaum Einfluss haben. Dieser Sachverhalt wird am Ende dieser Betrachtung entsprechend berücksichtigt.

3.5.3 Lösung des mathematischen Optimierungsmodells

Es gibt vielfältige Möglichkeiten diese Problemstellung mathematisch zu lösen. Es wurde manuell ein Suchverfahren durchgespielt, bei dem immer der Parameter mit einer gewissen Schrittbreite verändert wurde, der die größte Verminderung des Qualitätsmaßes verspricht (d. h. es wird mit variabel großem Schritt an der steilsten Stelle nach unten gegangen). Es ist hilfreich mit realistischen Werten zu starten, da diese sich in der Nähe des zu erwartenden Optimums befinden dürften, da dies den Suchprozess verkürzt.

In Abschnitt 4.6 werden die Ergebnisse der Optimierung vorgestellt.

3.6 Schätzung des Selengehalts einer Probe anhand des Ernährungsprotokolls

Anhand der in Abschnitt 3.4 auf Basis der Ernährungsprotokolle bestimmten Mengen pro Lebensmittelkategorie und der mit Hilfe der Messergebnisse in Abschnitt 3.5 bestimmten Selengehalte pro Lebensmittelkategorie, wird analog zum mathematischen Modell in Abschnitt 3.5.2 für jede Probe eine Selenmenge geschätzt. Die Schätzung wird in Abschnitt 4.7 bzw. Abb. 47 dargestellt und in Abschnitt 4.9.1 verglichen.

3.7 Schätzung der Selenaufnahme anhand des Fragebogens

Vor der Studie wurden über einen in Abschnitt 3.1.1 bereits vorgestellten Fragebogen die allgemeinen Ernährungsgewohnheiten der Probandin erhoben.

3.7.1 Konsolidierung der Fragebögen der zwei Kollektive

Die Erfassung des allgemeinen Ernährungsverhaltens der Kollektive von 1997 und 2004 ist direkt nicht vergleichbar. In Hinblick auf eine weitere statistische Auswertung und eine verbesserte Vergleichbarkeit der beiden Kollektive wurden die Fragebögen auf eine einheitliche Bewertungsbasis gestellt, d. h. Begriffe, Einheiten und Granularität vereinheitlicht. Hierzu wurden die Lebensmittelarten der beiden Fragebögen gegenübergestellt und zusammengefasst (siehe Abb. 4).

Im Wesentlichen wurden Kategorien von 1997 zusammengefasst (z. B. die detaillierten Fisch-Unterarten aus 1997 wurden auf die Kategorien von 2004 vergrößert) und einheitliche Häufigkeitskategorien (siehe 3.7.2) eingeführt. Zudem wurden Reihenfolge und Nummerierung angepasst.

3.7.2 Konsolidierung der Fragebogen-Häufigkeitskategorien

Die Anzahl der Eier wurde 1997 pro Tag und 2004 pro Woche angegeben und auf Tag (mit 7 Tagen pro Woche) umgerechnet.

Eine Vereinheitlichung der sonstigen Häufigkeitskategorien aus 1997 und 2004 und eine Umrechnung in Häufigkeitskategorien der Fragebögen in konkrete Mengen (hier Tagesmenge bei einem echten täglichen Verzehr) werden wie folgt bestimmt:

| 1997 | | 2004 | | Konsolidiert | | |
|---------------------------------------|--|--|--|---------------------------------------|------------------------------------|--|
| Fragebogenpunkte | | Fragebogenpunkte | | Fragebogenpunkte | Name | Einheit/Format |
| 1_Probandin | | 1_Probandin | | 01_1_Probandin | Probandin | - |
| 1_1_Jahr | | 1_1_Jahr | | 01_2_Jahr | Versuchsjahr | YYYY |
| 2_1_Alter | | 2_1_Alter | | 02_1_Alter | Alter | (Jahren) |
| 2_2_Körpergewicht | | 2_2_Körpergewicht | | 02_2_Gewicht | Körpergewicht | (kg) |
| 2_3_Körpergröße | | 2_3_Körpergröße | | 02_3_Groesse | Körpergröße | (cm) |
| 3_Vegetarierin/Diät | | 3_Vegetarierin/Diät | | 03_Vegetarierin/Diät | Vegetarierin/Diät | ja, nein |
| 4_1_1_Seefleisch | | 5_Fisch | | 04_1_Fisch | Fisch | n = nie, s = selten; g = gelegentlich; h = häufig; t = täglich |
| 4_1_2_Süßwasserfisch | | | | (> 04_1) | | |
| 4_1_3_Fischwaren | | | | (> 04_1) | | |
| 4_2_1_Geflügel | | 4_1_Geflügel | | 04_2_1_Geflügel | Geflügel | n = nie, s = selten; g = gelegentlich; h = häufig; t = täglich |
| 4_2_2_Schweinefleisch | | 4_2_Schweinefleisch | | 04_2_2_Schweinefleisch | Schweinefleisch | n = nie, s = selten; g = gelegentlich; h = häufig; t = täglich |
| 4_2_3_Rindfleisch | | 4_3_Rindfleisch | | 04_2_3_Rindfleisch | Rindfleisch | n = nie, s = selten; g = gelegentlich; h = häufig; t = täglich |
| 4_2_4_Hackfleisch | | | | 04_2_4_Fleisch_Sonstiges | Fleisch (Sonstiges) | n = nie, s = selten; g = gelegentlich; h = häufig; t = täglich |
| 4_2_5_Wild | | | | (> 04_2_4) | | |
| 4_2_6_Innereien | | | | (> 04_2_4) | | |
| 4_2_7_Schaf/Ziege | | | | (> 04_2_4) | | |
| 5_1_Wurstwaren | | | | | | |
| 5_2_Schinken_roh | | | | | | |
| 6_1_Milch | | 6_Milchprodukte | | 06_Milchprodukte | Milchprodukte | n = nie, s = selten; g = gelegentlich; h = häufig; t = täglich |
| 6_2_Joghurt | | | | (> 06) | | |
| 6_3_Käse | | | | (> 06) | | |
| 6_4_Sahne | | | | (> 06) | | |
| 7_1_Butter_Schmalz | | 7_1_Butter_Schmalz | | 07_1_Butter_Schmalz | Butter, Schmalz | n = nie, s = selten; g = gelegentlich; h = häufig; t = täglich |
| 7_2_Margarine | | 7_2_Margarine | | 07_2_Margarine | Margarine | n = nie, s = selten; g = gelegentlich; h = häufig; t = täglich |
| 7_3_Spiseöl | | | | 07_3_Fett_Sonstiges | Fett (Sonstiges) | n = nie, s = selten; g = gelegentlich; h = häufig; t = täglich |
| 8_Obst/Gemüse | | 8_Obst/Gemüse | | 08_Obst_Gemuese | Obst und Gemüse | n = nie, s = selten; g = gelegentlich; h = häufig; t = täglich |
| 9_1_Brot | | | | 09_Getreide | Getreide | n = nie, s = selten; g = gelegentlich; h = häufig; t = täglich |
| 9_2_Gebäck/Kuchen | | | | (> 09) | | |
| 10_1_Süßwaren | | 9_Süßwaren | | 10_Suesswaren | Süßwaren | n = nie, s = selten; g = gelegentlich; h = häufig; t = täglich |
| 10_2_Honig | | | | (> 10) | | |
| 11_Eier (Anzahl/Tag) | | 10_Eier (Stück/Woche) | | 11_Eier | Eier | Stück/Tag |
| 12_1_Schwarztee [Tassen/Tag] | | | | 12_1_Schwarztee | Schwarztee | Tassen/Tag |
| 12_2_Kräuter-/Früchtetee [Tassen/Tag] | | | | 12_2_Kraeuter_Fruעתetee | Kräuter-/Früchtetee | Tassen/Tag |
| 13_1_Grillfleisch | | | | (> 04_2_4) | | |
| 13_2_Leberwurst/Teeurst | | | | (> 04_2_4) | | |
| 13_3_Blutwurst | | | | (> 04_2_4) | | |
| 13_4_Schalentiere/Meeresfrüchte | | | | (> 04_1) | | |
| 13_5_Pilze | | | | (> 09) | | |
| 13_6_Haferflocken | | | | (> 09) | | |
| 13_7_Müsl | | | | (> 09) | | |
| 13_8_Cornflakes | | | | (> 09) | | |
| 13_9_geröstete Nüsse/Mandeln | | | | (> 09) | | |
| 13_10_Reis | | | | (> 09) | | |
| 13_11_Blattgemüse | | | | (> 08) | | |
| 13_12_Rote Beete | | | | (> 08) | | |
| 14_Lebertran | | 11_Lebertran, Nahrungsergänzungsmittel | | 14_Nahrungsergänzungsmittel | Nahrungsergänzungsmittel | - |
| 15_Tierprodukte aus Umgebung | | 12_Tierprodukte aus Umgebung | | 15_Tierprodukte aus Umgebung | Tierprodukte aus Umgebung | - |
| 16_Typisches Frühstück/Besonderheiten | | 13_Typisches Frühstück/Besonderheiten | | 16_Typisches Frühstück/Besonderheiten | Typisches Frühstück/Besonderheiten | - |
| 17_Lieblingsgerichte | | 14_Lieblingsgerichte | | 17_Lieblingsgerichte | Lieblingsgerichte | - |
| 18_Allergien | | 15_Allergien | | 18_Allergien | Allergien | - |
| 18_2_Allergieliste | | 15_2_Allergieliste | | (> 18) | | |
| 19_Selenpräparate | | 16_Selenpräparate | | 19_Selenpräparate | Selenpräparate | - |
| 20_Sonstiges | | 17_Sonstiges | | 20_Sonstiges | Sonstiges | - |

Abb. 4: Konsolidierung der allgemeinen Fragebögen von 1997 und 2004

Tab. 5: Mathematische Bewertung der Häufigkeitskategorien

| Konsolidierte Häufigkeitskategorie | N (nie) | S (selten) | G (gelegentlich) | H (häufig) | T (täglich) |
|--|---|---|---|-------------------------------|-------------------------------|
| Definition Kategorie 1997 | - | <3 mal / Monat | 3-4 mal / Monat | 2-4 mal / Woche | >4 mal / Woche |
| Definition Kategorie 2004 | nie (z. B. bei Fleisch und Vegetariern) | nie | 1 mal pro Woche | 2-4 mal / Woche | fast täglich |
| Berechnung der durchschnittlichen Menge einer Tagesportion in Prozent anhand der Definition der Kategorie | = 0 % | $= (0+1+2)/3 / 30$ = 3,3 % bzw. 0 % | $= (3+4)/2 / 30$ = 11,7 % (bzw. $= 1/7 = 14,3$ %) | $= (2+3+4)/3 / 7$ = 42,9 % | $= (5+6+7)/3 / 7$ = 85,7 % |
| % einer Tagesportion | ≈ 0 % | ≈ 3,3 % | ≈ 11,7 % | ≈ 42,9 % | ≈ 85,7 % |

Stellt man die konsolidierten Mengen-Prozentwerte grafisch dar, bekommt man einen ungefähr parabelförmigen Verlauf:

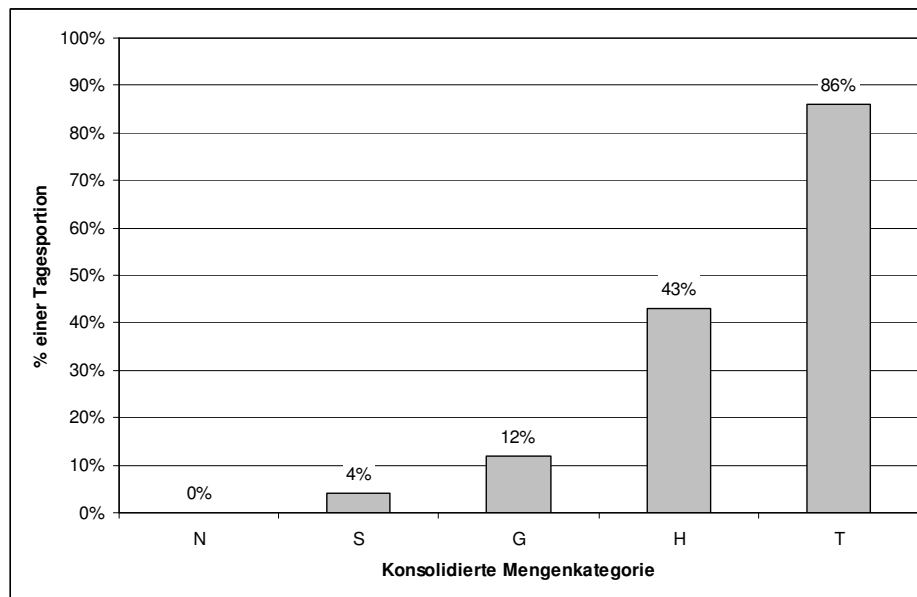


Abb. 5: Größenordnung der Mengenprozentwerte

3.7.3 Bestimmung einer Tagesportion

Zusammen mit den im letzten Abschnitt ermittelten Prozentwerten einer Tagesportion kann mit einer geschätzten Tagesportionsmenge und einem geschätzten Selen-Gehalt jeder Lebensmittelkategorie eine Schätzung der durchschnittlichen Selenaufnahme pro Probandin ermittelt werden.

Die Schätzung einer Tagesportionsmenge ist schwierig, da diese nach Probandin und anderen Umständen stark schwanken kann. Zum Beispiel kann die tägliche Fischmenge, wenn man jeden Tag Fisch essen würde, anders sein als die Fischmenge wenn man einmal im Monat Fisch isst.

Hier werden die Schätzwerte der Fragebögen von 1997 angesetzt und auf die Monatsmenge umgerechnet (mal $(365,25/7)/12 = 4,3$ für wöchentliche Werte und $(365,25)/12 = 30,4$ für monatliche Werte).

Die Mittelwerte pro Tag werden zunächst wie im Fragebogen angenommen auf den Monat je nach Häufigkeit hochgerechnet und dann auf Tag normiert. Für die Tagesportion für Fisch und Fleisch (ohne Aufschnitt) wird angenommen, dass entweder die eine oder die andere Untergruppe konsumiert wird (d. h. dass nicht gleichzeitig ein Hähnchenschenkel und ein Kotelett gegessen werden). Anhand der auf dem Fragebogen geschätzten mittleren Monatsverzehre wird hier ein gewichteter Mittelwert der Portionsmengen gebildet. Für andere Nahrungsmittelgruppen wird angenommen, dass die Untergruppen gleichzeitig konsumiert werden. Zahlen mit Apostroph (z. B. 10' bei Schaf- und Ziegenfleisch) wurden zusätzlich geschätzt. Da es für Eier keine Vorgabe gab, sind hier die Mittelwerte aus den Ernährungsprotokollen genommen worden (bei Umrechnungen wurden 60 g/Ei angesetzt).

Tab. 6: Ermittlung von Tagesportionen

| Lebensmittel-kategorie | Formel für Mittel pro Tag | Mittel pro Tag [g] | Ange-passtes Mittel pro Tag [g] | Formel für Tagesportion | Tages-portion [g] | Ange-passte Tages-portion [g] |
|------------------------|---|----------------------------------|---------------------------------|---|-------------------|-------------------------------|
| Fisch | $= (15 + 15 + 30 \cdot 4,3) / 30,4$ | 5,2 | 8,4 | $= (15 \cdot 150 + 15 \cdot 100 + (30 \cdot 4,3) \cdot (90+100+150)/3) / 30,4 / 5,2$ | 116,2 | 185,7 |
| Fleisch | $= (50 \cdot 4,3 + 100 \cdot 4,3 + 30 \cdot 4,3 + 50 \cdot 4,3 + 30 + 20 \cdot 4,3 + 10) / 30,4$ $+ (30 \cdot 30,4 + 20 \cdot 4,3) / 30,4$ | 69,5 = 36,7 + 32,8 | 111,1 | $= (50 \cdot 4,3) \cdot (150+200)/2 + (100 \cdot 4,3) \cdot 200 + (30 \cdot 4,3) \cdot 150 + (50 \cdot 4,3) \cdot 100 + 30 \cdot 125 + (20 \cdot 4,3) \cdot 100 + 10 \cdot 100) / 30,4 / 36,7$ $+ ((30 \cdot 30,4) \cdot (20+30)/2 + (20 \cdot 4,3) \cdot 20) / 30,4 / 32,8$ | 184,0 | 294,0 |
| Milchprodukte | $= ((200 \cdot 1,03) \cdot 30,4 + 50 \cdot 30,4 + 70 \cdot 4,3 + 60 \cdot 4,3) / 30,4$ | 274,4 | 438,4 | $= ((125+200+250)/3 \cdot 1,03 + (30 + 50 + 150)/3 + (25 + 30)/2 + (15))$ | 316,6 | 505,9 |
| Fett | $= 8 + 12 + 4$ | 24,0 | 38,3 | $= (5+15)/2 + 15 + 4$ | 29,0 | 46,3 |
| Obst & Gemüse | $= 200$ | 200,0 | 319,6 | $= 200 + 200 + 150$ | 550,0 | 878,8 |
| Getreide | $= 50 + 50 \cdot 2/3$ | 83,3 | 133,2 | $= (30+40)/2 \cdot 2 + 50 \cdot 2/3$ | 103,3 | 165,1 |
| Süßwaren | $= 50 \cdot 1/3 + 30 + 20 \cdot 4,3/30,4$ | 49,5 | 79,1 | $= 50 \cdot 1/3 + 30 + 20 \cdot 4,3/30,4$ | 71,7 | 114,5 |
| Eier | $= 0,27 \cdot 60$ | 16,2 | 16,2 | $= 1 \cdot 60$ | 60,0 | 60,0 |
| Summe | | <u>647,4</u> | <u>1024,8</u> | | <u>1100,6</u> | <u>1770,6</u> |

30,4 Tage/Monat; 4,3 Wochen/Monat; 60 g/Ei; Mittelwert (...+...+...)/n

Die in dem Fragebogen geschätzte Menge von 647,4 g pro Tag deckt sich nicht mit der durchschnittlichen Menge von 1024,8 g pro Tag der Duplikatsproben der Probandinnen. Deswegen werden die Mittelwerte pro Tag und die Tagesportionen mit dem Faktor $(1024,8 \text{ g} - (0,27 \cdot 60 \text{ g})) / (647,4 \text{ g} - 0,27 \cdot 60 \text{ g}) \approx 1,6$ angepasst (Ei-Menge wird herausgerechnet). So bleibt die prozentuale Verteilung der Nahrungsmittelmengen erhalten. Die Eier werden hier explizit ausgeschlossen, da diese nicht aus dem Fragebogen sondern aus den Ernährungsprotokollen (siehe oben) gewonnen wurden.

3.7.4 Transformation der Häufigkeitskategorien in Gramm-Mengen

Die in den Fragebögen zum allgemeinen Ernährungsverhalten vorgegebenen Häufigkeitskategorien (siehe 3.7.2) werden mit Hilfe einer plausiblen Tagesportionsmenge (siehe angepasste Tagesportion in Gramm in 3.7.3) in Mengewerte in Gramm durch

Multiplikation umgerechnet (z. B. $85,7 \% \cdot 185,7 \text{ g} = 159,1 \text{ g}$). Hieraus ergibt sich dann folgende Tabelle:

Tab. 7: Häufigkeitskategorien in Gramm

| Konsolidierte Häufigkeitskategorie | N (nie) | S (selten) | G (gelegentlich) | H (häufig) | T (täglich) |
|------------------------------------|---------|------------|------------------|------------|-------------|
| Fisch [g] | 0,00 | 6,13 | 21,73 | 79,67 | 159,14 |
| Fleisch [g] | 0,00 | 9,70 | 34,40 | 126,13 | 251,96 |
| Milchprodukte [g] | 0,00 | 16,69 | 59,19 | 217,03 | 433,56 |
| Fett [g] | 0,00 | 1,53 | 5,42 | 19,86 | 39,68 |
| Obst & Gemüse [g] | 0,00 | 29,00 | 102,82 | 377,01 | 753,13 |
| Getreide [g] | 0,00 | 5,45 | 19,32 | 70,83 | 141,49 |
| Süßwaren [g] | 0,00 | 3,78 | 13,40 | 49,12 | 98,13 |
| Eier [Anzahl] | 0,00 | 0,03 | 0,12 | 0,43 | 0,86 |

3.7.5 Selengehalt je Häufigkeits- und Lebensmittelkategorie

Um anhand der Fragebögen zum allgemeinen Ernährungsverhalten eine Abschätzung der aufgenommenen Selenmenge zu bekommen, wird die Tabelle aus dem vorherigen Abschnitt mit dem aus den Ernährungsprotokollen und Messungen gewonnenen durchschnittlichen Selengehalt pro Lebensmittelkategorie (siehe 4.6.2) bewertet (z. B. täglich Fisch $159,14 \text{ g} \cdot 0,137 \mu\text{g/g} = 21,8 \mu\text{g}$):

Zusammen mit einem durchschnittlichen Selengehalt pro Lebensmittelkategorie, der aus Referenzwerten, den Messungen und den Ernährungsprotokollen gewonnen wurde ($0,137 \mu\text{g/g}$; $0,092 \mu\text{g/g}$; $0,007 \mu\text{g/g}$; $0,000 \mu\text{g/g}$; $0,016 \mu\text{g/g}$; $0,030 \mu\text{g/g}$; $0,047 \mu\text{g/g}$; $4,560 \mu\text{g/g}$), ergeben sich folgende grob zu erwartende Selenaufnahmewerte pro Tag:

Tab. 8: Selenmenge pro Kategorie

| Konsolidierte Häufigkeitskategorie | N (nie) | S (selten) | G (gelegentlich) | H (häufig) | T (täglich) |
|------------------------------------|---------|------------|------------------|------------|-------------|
| Fisch [μg] | 0,0 | 0,8 | 3,0 | 10,9 | 21,8 |
| Fleisch [μg] | 0,0 | 0,9 | 3,2 | 11,6 | 23,2 |
| Milchprodukte [μg] | 0,0 | 0,1 | 0,4 | 1,5 | 3,0 |
| Fett [μg] | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Obst & Gemüse [μg] | 0,0 | 0,5 | 1,6 | 6,0 | 12,1 |
| Getreide [μg] | 0,0 | 0,2 | 0,6 | 2,1 | 4,2 |
| Süßwaren [μg] | 0,0 | 0,2 | 0,6 | 2,3 | 4,6 |
| Eier [μg] | 0,0 | 0,1 | 0,5 | 2,0 | 3,9 |

3.7.6 Selenaufnahmemenge anhand des Fragebogens

Mit der in Abschnitt 3.7.5 entwickelten Tabelle mit Selenaufnahmemenge je Häufigkeitskategorie können pro Probandin zu erwartende Selenaufnahmemengen auf Basis der ausgefüllten und danach manuell konsolidierten Fragebögen (vgl. 3.7.1) ermittelt werden. Dieses Verfahren wird im Abschnitt 3.8 ebenso für den dort entwickelten Kurzfragebogen verwendet.

Die Ergebnisse dieser Schätzung sind im Ergebnissteil in Abschnitt 4.8 zu finden.

3.8 Entwicklung eines Kurzfragebogens zur Schätzung der Selenaufnahme

Um festzustellen, ob die Selenversorgung ausreichend ist, könnte eine Ernährungsanamnese in Form eines Fragebogens mit Punktesystem zur Anwendung kommen, in dem Lebensmittel abhängig von ihrem Selengehalt berücksichtigt werden.

3.8.1 Erstellung eines Punktesystems zur Vorhersage der Selenversorgung

Basierend auf den Fragebögen und den Messwerten, wurde für eine typische Verzehrmenge der Selengehalt bestimmt (vgl. Abschnitt 3.7.5). Zudem wurde zusätzlich die Einnahme von selenhaltigen Nahrungsergänzungspräparaten miteinbezogen.

Die DGE empfiehlt eine tägliche Selenaufnahme von 30 – 70 µg/d. Um den Kurzfragebogen möglichst handhabbar zu machen, wurden die Selenaufnahmemengen pro Tag in „Punkte“ umgerechnet. Hierzu wurden die Selenmengen pro Tag durch 4 dividiert und auf ganze Zahlen gerundet. Zudem wurde nie und selten zusammengefasst (0 Punkte) und Fett wegen der geringen Bedeutung (ebenfalls nur 0 Punkte) weggelassen. Es werden die Häufigkeitsbezeichnungen der 2004er Umfrage verwendet und in den Antworten durch eine Lebensmittelkategorie ersetzt, um die Handhabung weiter zu vereinfachen. In tabellarischer Form ergeben sich folgende Punkt-Bewertungen:

Tab. 9: Punkteverteilung für den Kurzfragebogen

| | nie oder selten | gelegentlich | häufig | täglich |
|--------------------------------|------------------------|---------------------|---------------|----------------|
| Fisch | 0 | 1 | 3 | 5 |
| Fleisch | 0 | 1 | 3 | 6 |
| Milchprodukte | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Obst & Gemüse | 0 | 0 | 2 | 3 |
| Getreide | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Süßwaren | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Eier | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Selen-Präparate (25 µg) | 0 | 1 | 3 | 6 |

Die Tabellenform wurde in eine leicht lesbare Textform gewandelt, die im Ergebnisteil in Abschnitt 4.10 dargestellt ist.

4 Ergebnisse

In den folgenden Kapiteln werden die allgemeinen Personendaten, die deskriptiven statistischen Kenngrößen zu den Selengehalten der Lebensmittelduplikate und die Selenaufnahme der Probandinnen dargelegt.

Es liegen Ergebnisse von insgesamt 104 Nahrungsmittelproben vor, die im Labor einzeln auf ihre Selengehalte untersucht wurden.

Zudem wird die Auswertung der Mengen je Lebensmittelkategorie der Ernährungsprotokolle in Abschnitt 4.5 vorgestellt. Anschließend werden die ermittelten Selengehalte pro Lebensmittelkategorie in Abschnitt 4.6 präsentiert. Diese dienen als Basis für die Schätzungen anhand der Ernährungsprotokolle in Abschnitte 4.7 bzw. der Fragebögen zum allgemeinen Ernährungsverhalten in Abschnitt 4.8 und werden jeweils in Abschnitt 4.9 mit der Messung verglichen. Abschließend wird der entwickelte Kurzfragebogen zur Einschätzung der Selenaufnahme in Abschnitt 4.10 vorgestellt.

4.1 Personenbezogene Daten

Jede Probandin füllte einen Fragebogen zu ihren Ernährungsgewohnheiten und einigen allgemeinen Personendaten aus, die in den folgenden Kapiteln tabellarisch und histogrammisch dargestellt sind.

4.1.1 Lebensalter

Der Median des Lebensalters der Probandinnen von Kollektiv I betrug 28 bei einem Minimalwert von 24 und einem Maximalwert von 35. In Kollektiv II betrug der Median 30 bei einem Minimalwert von 22 und einem Maximalwert von 40. Für das Gesamtkollektiv ergab sich ein Median von 29,5. Der Minimalwert lag bei 22 und einem Maximalwert von 40. Siehe Tab. 10 bzw. Abb. 6 .

4.1.2 Körpergröße

Die mittleren Körpergrößen (Median) von Kollektiv I betragen 171 cm mit einem Minimalwert von 160 cm und einem Maximalwert von 176 cm. Der Median der Körpergrößen von Kollektiv II betrug 170 cm mit einem Minimalwert von 167 und einem Maximalwert von 174 cm. Für das Gesamtkollektiv waren es 170,5 cm (Minimalwert 160 cm, Maximalwert 176 cm). Siehe Tab. 10 bzw. Abb. 7.

4.1.3 Körpergewicht

Im Median betrug das Körpergewicht von Kollektiv I 68 kg mit einem Minimalwert von 53 kg und einem Maximalwert von 95 kg. Der Median der Körpergewichte von Kollektiv II betrug 62 kg mit einem Minimalwert von 54 kg und einem Maximalwert von 101 kg. Für das Gesamtkollektiv waren es 65 kg (Minimum 53 kg, Maximum 101 kg). Siehe Tab. 10 bzw. Abb. 8.

Tab. 10: Personenbezogene Daten der Probandinnen (Alter, Größe, Gewicht, BMI)

| | | N | MIN | 5 | 10 | 50 | 90 | 95 | MAX | AM | SA |
|-----------------------------------|---------------------|----|------|------|------|-------|------|------|------|--------|-------|
| Alter [Jahre] | Kollektiv I (1997) | 7 | 24 | 24 | 24 | 28 | 35 | 35 | 35 | 29,43 | 3,91 |
| | Kollektiv II (2004) | 11 | 22 | 22 | 23 | 30 | 38 | 40 | 40 | 30,45 | 6,01 |
| | Gesamtkollektiv | 18 | 22 | 22 | 23 | 29,5 | 38 | 40 | 40 | 30,06 | 5,18 |
| Körpergröße [cm] | Kollektiv I (1997) | 7 | 160 | 160 | 160 | 171,0 | 176 | 176 | 176 | 168,86 | 6,94 |
| | Kollektiv II (2004) | 11 | 167 | 167 | 167 | 170,0 | 173 | 174 | 174 | 170,09 | 2,63 |
| | Gesamtkollektiv | 18 | 160 | 160 | 160 | 170,5 | 176 | 176 | 176 | 169,61 | 4,63 |
| Körpergewicht [kg] | Kollektiv I (1997) | 7 | 53 | 53 | 53 | 68 | 95 | 95 | 95 | 70,00 | 12,75 |
| | Kollektiv II (2004) | 11 | 54 | 54 | 57 | 62 | 70 | 101 | 101 | 65,64 | 12,67 |
| | Gesamtkollektiv | 18 | 53 | 53 | 54 | 65 | 95 | 101 | 101 | 67,33 | 12,51 |
| BMI [kg/m²] | Kollektiv I (1997) | 7 | 20,7 | 20,7 | 20,7 | 24,10 | 32,5 | 32,5 | 32,5 | 24,54 | 4,09 |
| | Kollektiv II (2004) | 11 | 19,4 | 19,4 | 20,4 | 20,90 | 23,9 | 35,8 | 35,8 | 22,71 | 4,55 |
| | Gesamtkollektiv | 18 | 19,4 | 19,4 | 20,4 | 21,75 | 32,5 | 35,8 | 35,8 | 23,42 | 4,35 |

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; MIN = Minimalwert; 5, 10, 50, 90, 95 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; SA = Standardabweichung des AM

4.1.4 Body Mass Index

Der Body Mass Index (BMI in kg/m²) der Probandinnen kann nach der folgenden Formel von Adolphe Quételet aus dem Körpermasse (in kg) und der Körpergröße (in m) berechnet werden:

$$BMI = \text{Körpermasse} / \text{Körpergröße}^2$$

Der BMI wird zur groben Bewertung des Körpergewichts herangezogen. Eine Einteilung in Unter-, Normal- und Übergewicht sowie Adipositas kann nach der Klassifikation der World Health Organization (WHO, 2006) vorgenommen werden (vereinfachte Darstellung):

| | | | |
|---------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| Untergewicht | Normalgewicht | Übergewicht | Adipositas |
| < 18,5 | 18,5 – 25 | > 25 | > 30 |

Eine Verschiebung des Normalbereichs um etwa 1 kg/m² nach unten aufgrund des Geschlechts wird in etwa durch die Altersgruppe kompensiert.

Im Median betrug der BMI von Kollektiv I 24,1 mit einem Minimalwert von 20,7 und einem Maximalwert von 32,5. Der Median der BMI von Kollektiv II betrug 20,9 mit einem Minimalwert von 19,4 und einem Maximalwert von 35,8. Für das Gesamtkollektiv waren es 21,75 (Minimalwert 19,4, Maximalwert 35,8). Siehe Tab. 10 bzw. Abb. 9.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Verteilungen der Probandinnen nach Alter, Größe, Gewicht und BMI. Als Diagrammtyp wurden, wie in den noch folgenden Diagrammen, gestapelte Histogramme gewählt, so dass die Aufteilung der Gesamtverteilung nach den beiden Kollektiven (2004 in gelb, 1997 in orange) und ein Vergleich leicht möglich sind.

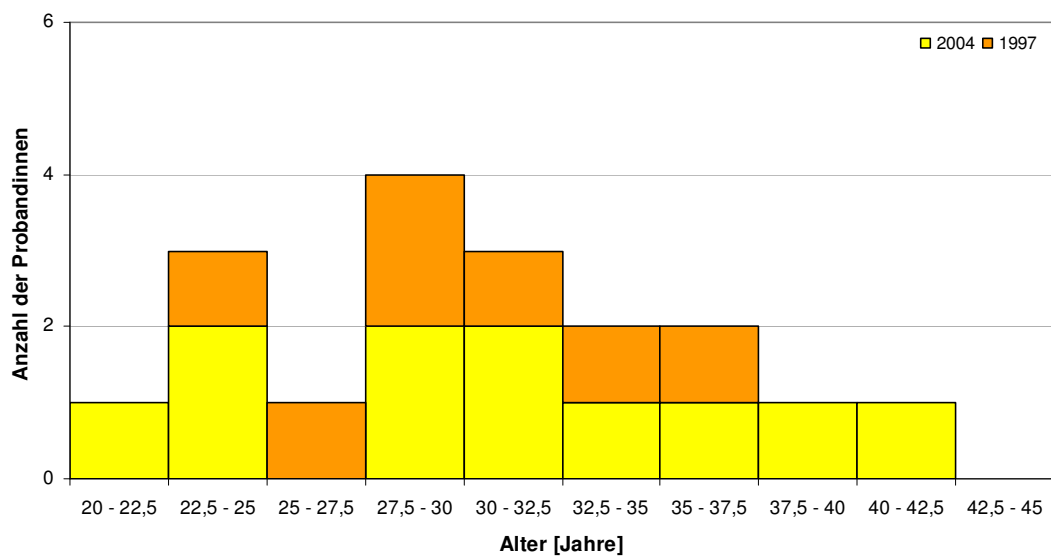


Abb. 6: Probandinnen nach Alter (gestapeltes Histogramm)

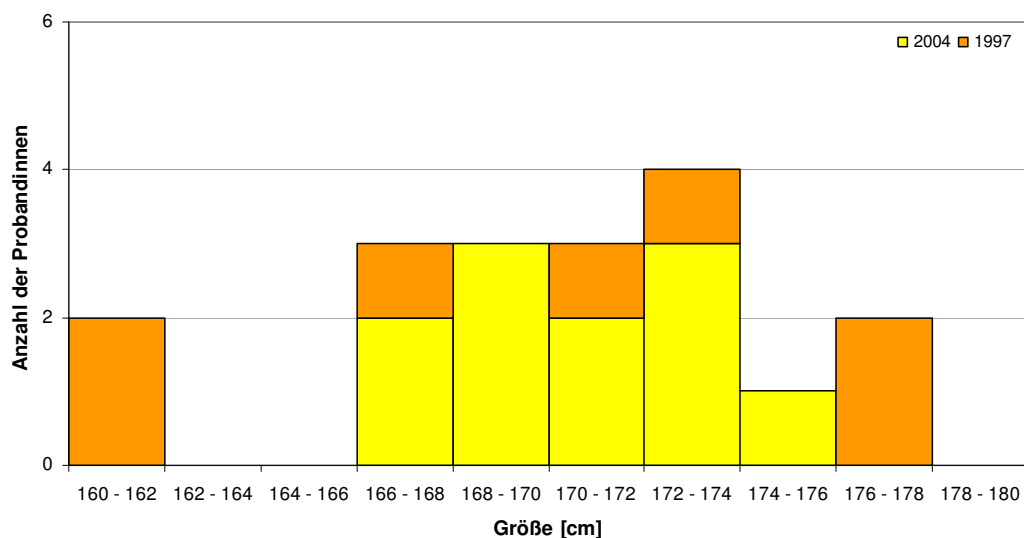


Abb. 7: Probandinnen nach Größe (gestapeltes Histogramm)

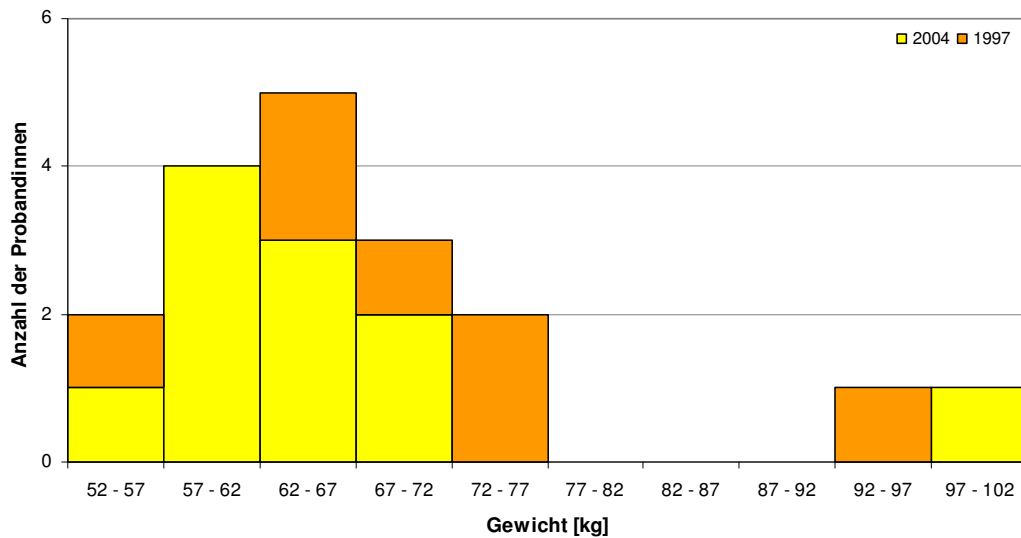


Abb. 8: Probandinnen nach Gewicht (gestapeltes Histogramm)

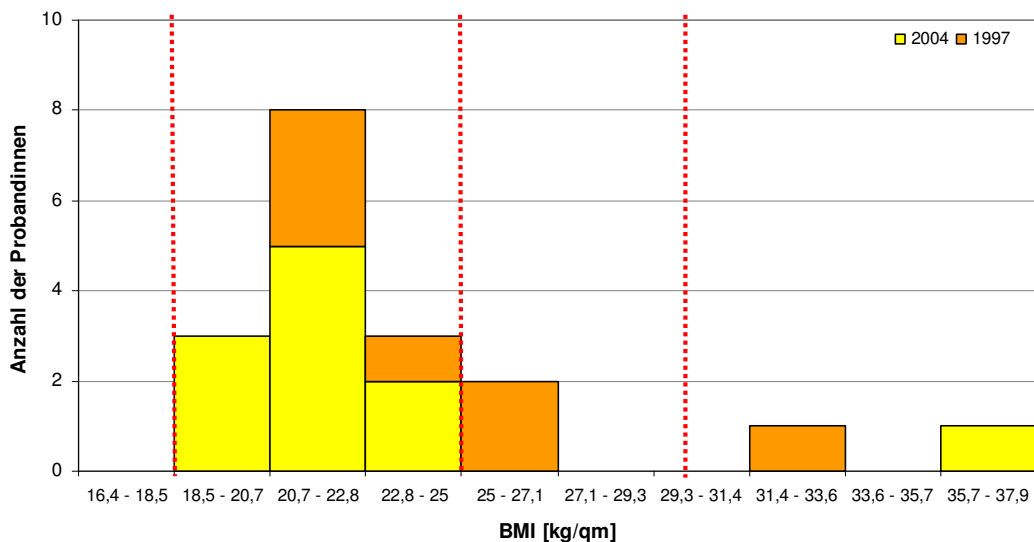


Abb. 9: Probandinnen nach BMI mit 4 Klassifikationsbereichen (gestapeltes Histogramm)

4.2 Lebensmittelduplikatproben

4.2.1 Frischsubstanz der Lebensmittelduplikate

Die mittleren auf die Frischsubstanz bezogenen Nahrungsmittelaufnahmen der Probandinnen (Median) von Kollektiv I betragen 927,5 g mit einem Minimalwert 476,6 g und einem Maximalwert von 1855,0 g. Der Median von Kollektiv II lag bei 1089 g mit einem Minimalwert von 515,5 g und einem Maximalwert von 2199,0 g. Für das Gesamtkollektiv war der Median 983,0 g (Minimalwert 476,6 g, Maximalwert 2199,0 g).

Tab. 11: Statistische Kennzahlen der Frischmassen, Trockenmasse und Trockenrückstände

| | | bezogen auf Proben | | | | | bezogen auf Probandinnen | | | | |
|--------------------------------|---------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | N | MIN | 50 | MAX | AM | N | MIN | 50 | MAX | AM |
| Frischmasse [g] | Kollektiv I (1997) | 49 | 476,6 | 927,5 | 1855 | 946,7 | 7 | 540,8 | 966,9 | 1258 | 946,7 |
| | Kollektiv II (2004) | 55 | 515,5 | 1089 | 2199 | 1094 | 11 | 726,2 | 1107 | 1738 | 1094 |
| | Gesamtkollektiv | 104 | 476,6 | 983,0 | 2199 | 1025 | 18 | 540,8 | 1015 | 1738 | 1037 |
| Trockenmasse [g] | Kollektiv I (1997) | 49 | 221,2 | 353,9 | 712,9 | 364,5 | 7 | 268,0 | 337,7 | 523,0 | 364,5 |
| | Kollektiv II (2004) | 55 | 154,3 | 378,0 | 580,7 | 376,3 | 11 | 238,1 | 372,2 | 487,9 | 376,3 |
| | Gesamtkollektiv | 104 | 154,3 | 362,2 | 712,9 | 370,8 | 18 | 238,1 | 369,5 | 523,0 | 371,7 |
| Trockenrückstand [%] | Kollektiv I (1997) | 49 | 22,6 | 40,3 | 68,5 | 40,3 | 7 | 33,4 | 39,7 | 49,7 | 40,3 |
| | Kollektiv II (2004) | 55 | 21,9 | 35,3 | 53,0 | 36,0 | 11 | 27,0 | 35,5 | 47,6 | 36,0 |
| | Gesamtkollektiv | 104 | 21,9 | 36,7 | 68,5 | 38,0 | 18 | 27,0 | 36,9 | 49,7 | 37,7 |

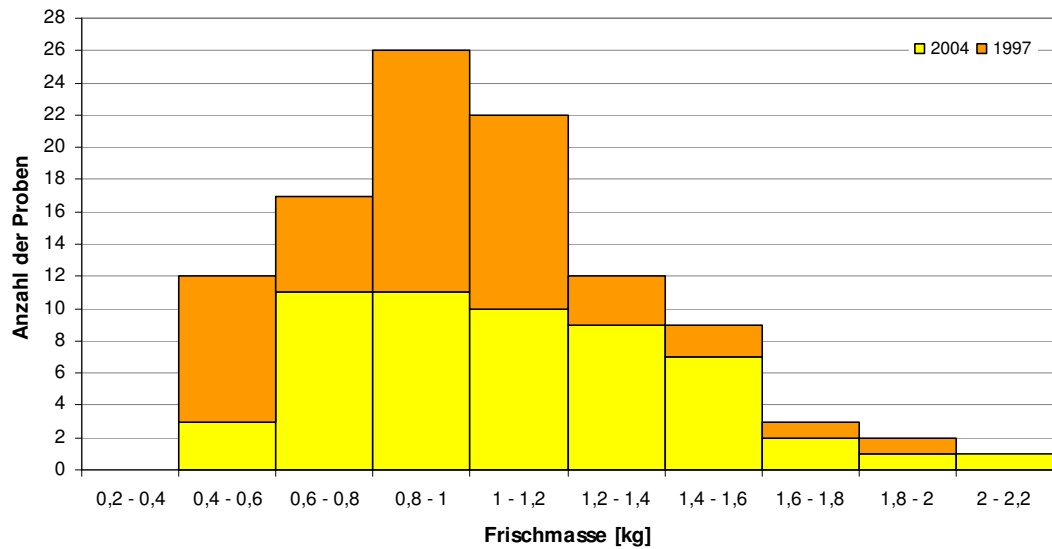


Abb. 10: Tägliche konsumierte Frischmassen bezogen auf Proben

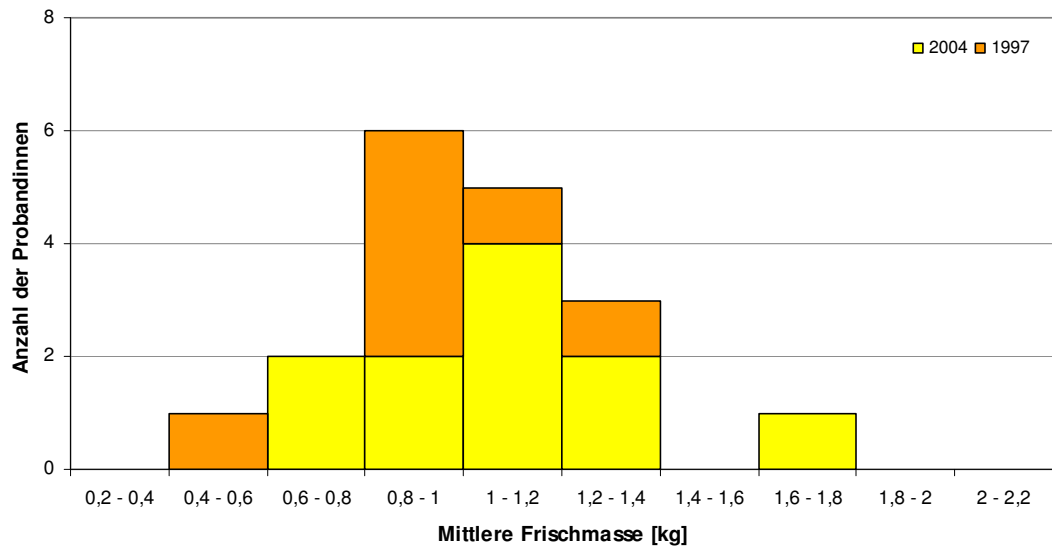


Abb. 11: Tägliche konsumierte Frischmassen bezogen auf Probandinnen

4.2.2 Trockensubstanz der Lebensmittelduplikate

Die mittleren auf die Trockensubstanz bezogenen Nahrungsmittelaufnahmen der Probandinnen (Median) von Kollektiv I betragen 353,9 g mit einem Minimalwert von 221,2 g und einem Maximalwert von 712,9 g. Der Median von Kollektiv II lag bei 378 g mit einem Minimalwert von 154,3 g und einem Maximalwert von 580,7 g. Für das Gesamtkollektiv war der Median 362,2 g (Minimalwert 154,3 g, Maximalwert 712,9 g).

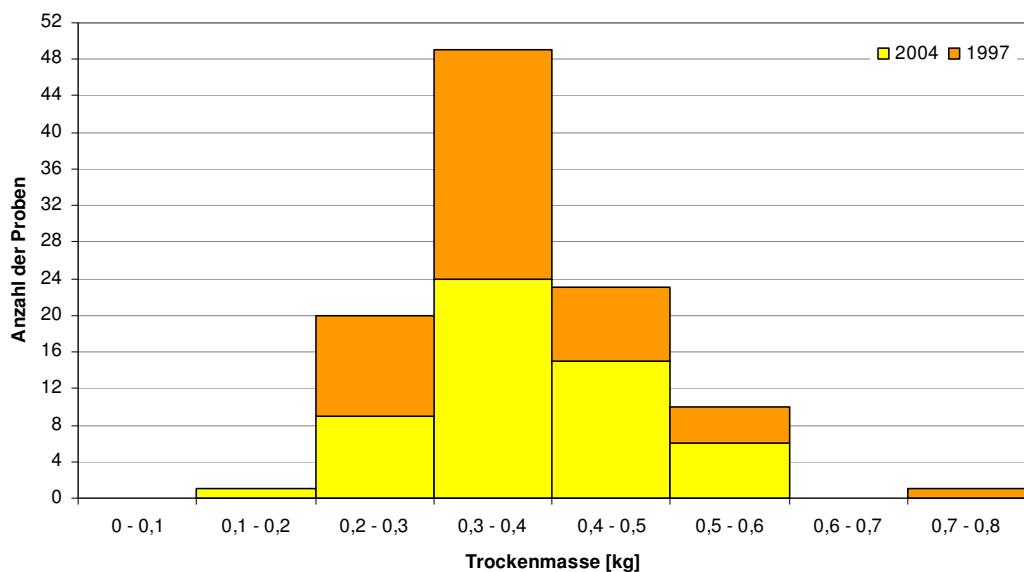


Abb. 12: Tägliche Trockenmassen bezogen auf Proben

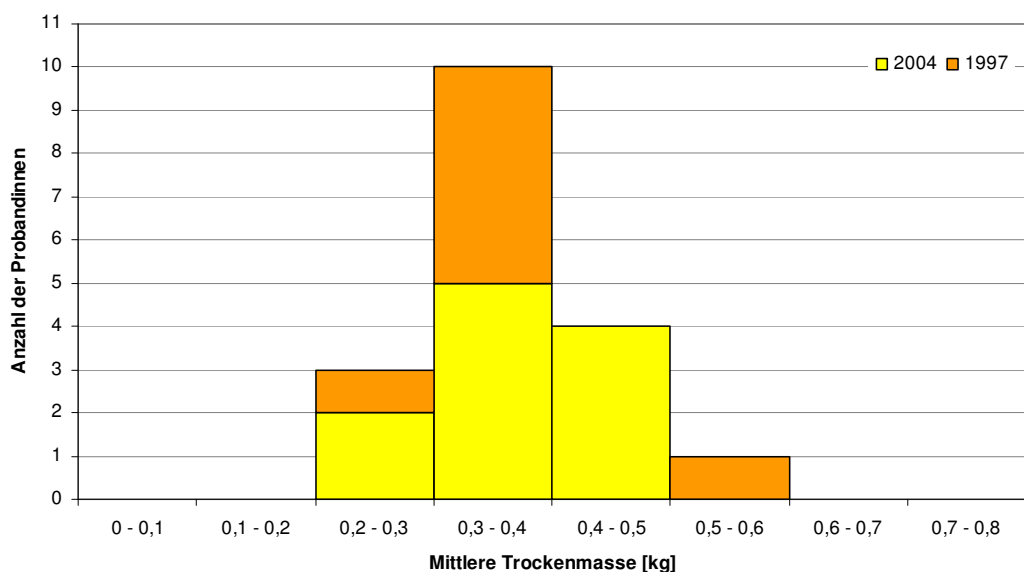


Abb. 13: Tägliche Trockenmassen bezogen auf Probandinnen

4.2.3 Trockenrückstand

Der Trockenrückstand (Verhältnis von Trocken- zu Feuchtmasse) ist pro Probe bzw. pro Probandin in Abb. 15 dargestellt.

Trockenrückstände der Lebensmittelduplikate betragen für Kollektiv I im Median 40,3 % (Minimalwert 22,6 %, Maximalwert 68,5 %). Die Trockenrückstände der Proben von Kollektiv II wiesen einen Median von 35,3 % mit einem Minimalwert von 21,9 % und einem Maximalwert von 53,0 % auf. Für das Gesamtkollektiv ergibt sich ein Median von 36,7 % (Minimalwert 21,9 %, Maximalwert 68,5 %).

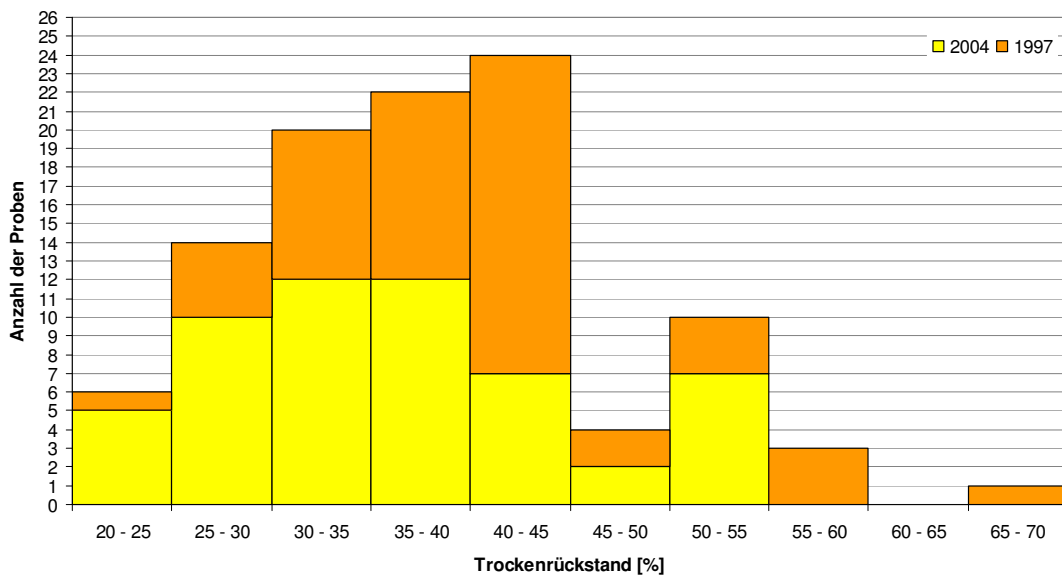


Abb. 14: Trockenrückstand der Nahrungsmittelproben bezogen auf Proben

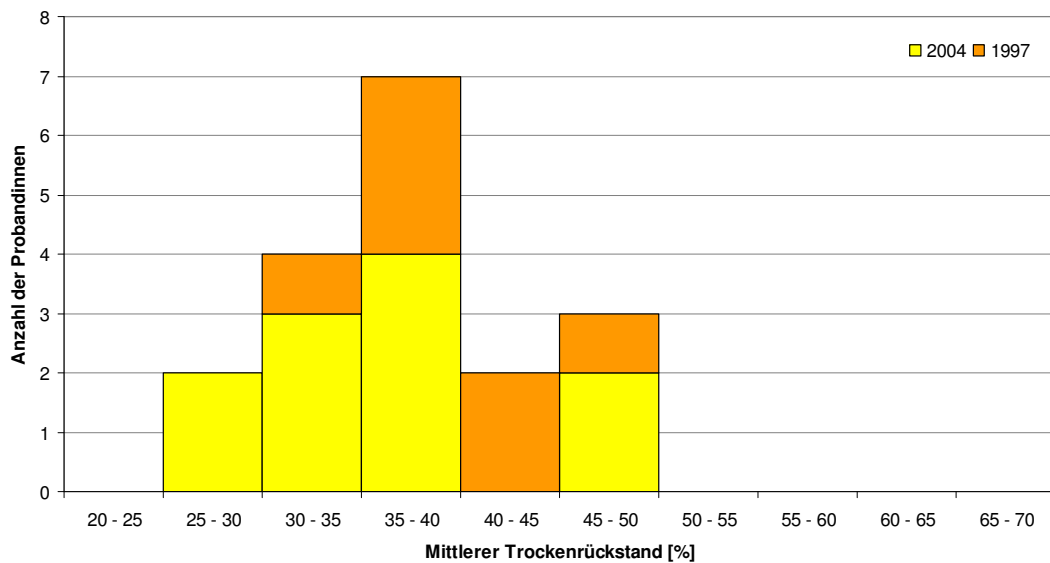


Abb. 15: Trockenrückstand der Nahrungsmittelproben bezogen auf Probandinnen

4.3 Selengehalte in den Lebensmittelduplikaten

Die Selengehalte in den Lebensmittelduplikaten sind in den folgenden Tabellen aufgeführt. Alle Daten beziehen sich auf Tagesproben (siehe Abb. 17).

Die mittleren auf Frischmassen bezogenen Selengehalte (Median mit Bereich) der Nahrungsmittel von Kollektiv I betragen 20,5 µg/kg (2,4 – 61,8 µg/kg), die von Kollektiv II 21,0 µg/kg (2,4 – 59,7 µg/kg). Für das Gesamtkollektiv lag der Median bei 20,7 µg/kg (2,4 – 61,8 µg/kg).

Tab. 12: Selengehalte der Lebensmittelduplikate in Frisch- und Trockenmasse [µg/kg]

| | | bezogen auf Proben | | | | | bezogen auf Probandinnen | | | | |
|--|---------------------|--------------------|-----|------|-------|------|--------------------------|------|------|------|------|
| | | N | MIN | 50 | MAX | AM | N | MIN | 50 | MAX | AM |
| Selengehalt Frisch [µg/kg FG] | Kollektiv I (1997) | 49 | 2,4 | 20,5 | 61,8 | 22,4 | 7 | 13,6 | 22,1 | 32,2 | 22,4 |
| | Kollektiv II (2004) | 55 | 2,4 | 21,0 | 59,7 | 23,3 | 11 | 14,3 | 20,3 | 34,9 | 23,3 |
| | Gesamtkollektiv | 104 | 2,4 | 20,7 | 61,8 | 22,9 | 18 | 13,6 | 21,6 | 34,9 | 22,9 |
| Selengehalt Trocken [µg/kg TG] | Kollektiv I (1997) | 49 | 7,5 | 47,9 | 141,2 | 56,5 | 7 | 39,8 | 54,8 | 77,2 | 56,5 |
| | Kollektiv II (2004) | 55 | 7,5 | 57,8 | 162,3 | 66,8 | 11 | 35,6 | 68,5 | 98,9 | 66,8 |
| | Gesamtkollektiv | 104 | 7,5 | 54,8 | 162,3 | 61,9 | 18 | 35,6 | 58,5 | 98,9 | 62,8 |

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; MIN = Minimalwert; 5, 10, 50, 90, 95 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; SA = Standardabweichung des AM

Die mittleren auf Trockenmassen bezogenen Selengehalte (Median mit Bereich) der Nahrungsmittel von Kollektiv I betragen 47,9 µg/kg (7,5 – 141,2 µg/kg), die von Kollektiv II 57,8 µg/kg (7,5 – 162,3 µg/kg). Das Gesamtkollektiv betrug 54,8 µg/kg (7,5 – 162,3 µg/kg) (siehe Abb. 19).

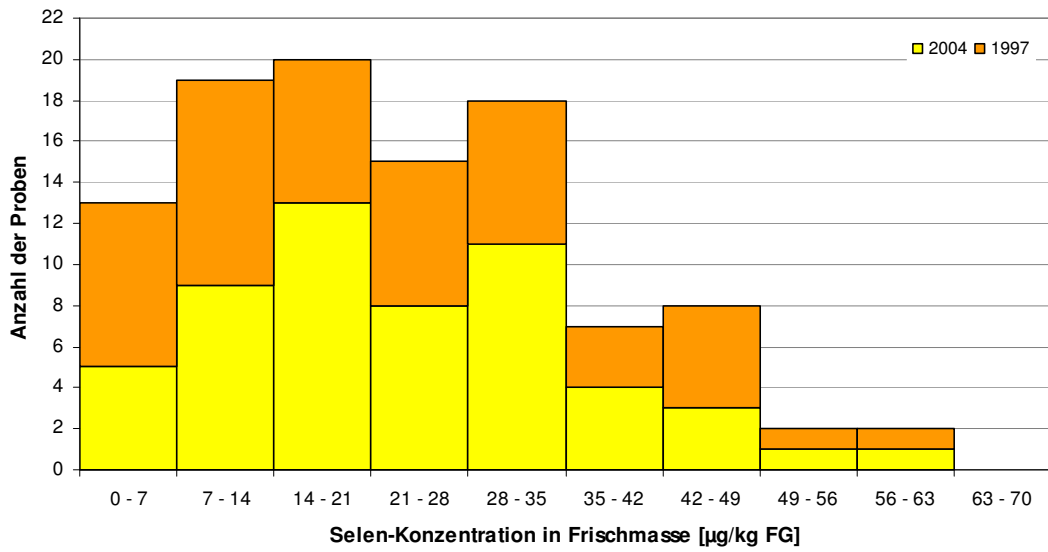


Abb. 16: Selenkonzentration in Frischmasse bezogen auf Proben

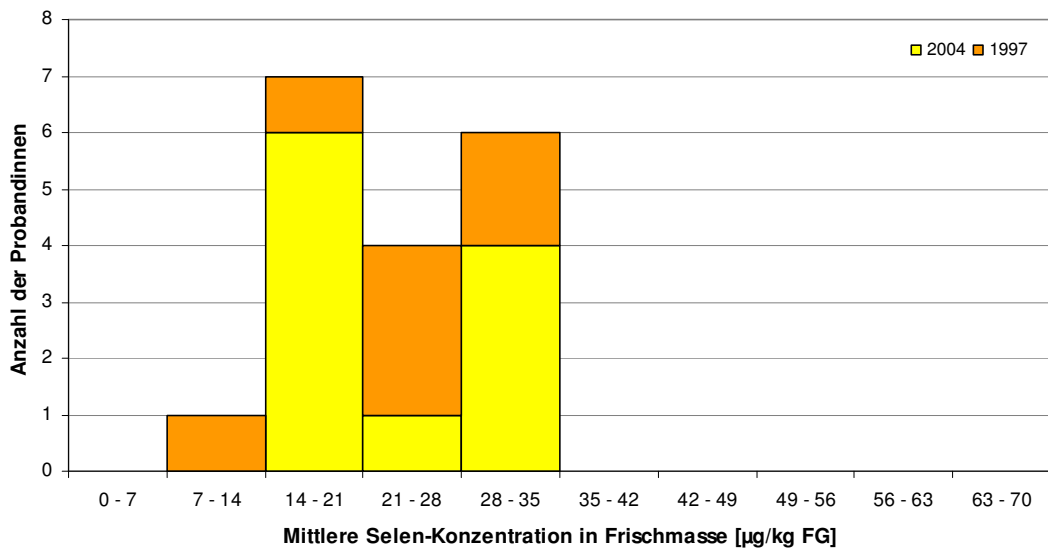


Abb. 17: Selenkonzentration in Frischmasse bezogen auf Probandinnen

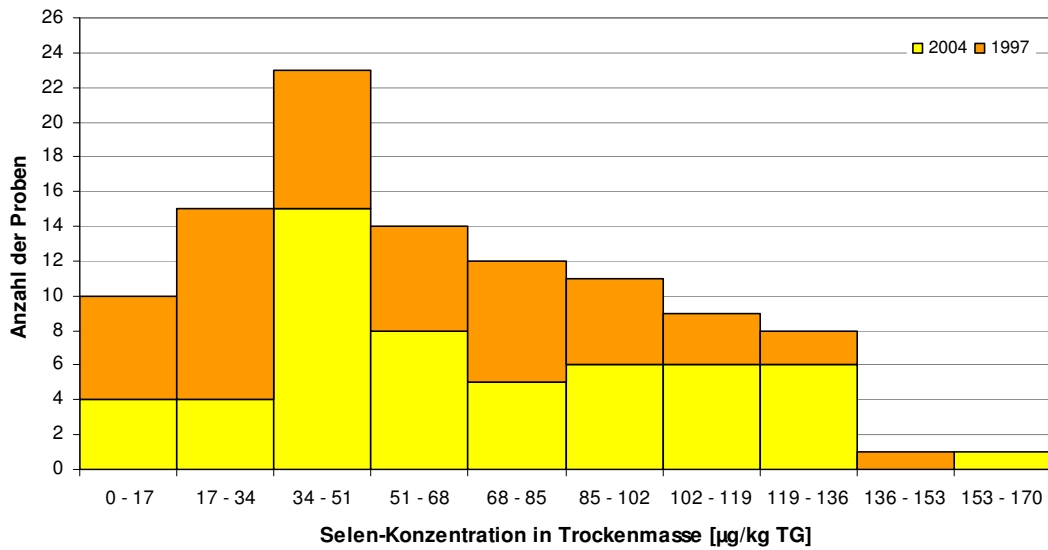


Abb. 18: Selenkonzentration in Trockenmasse bezogen auf Proben

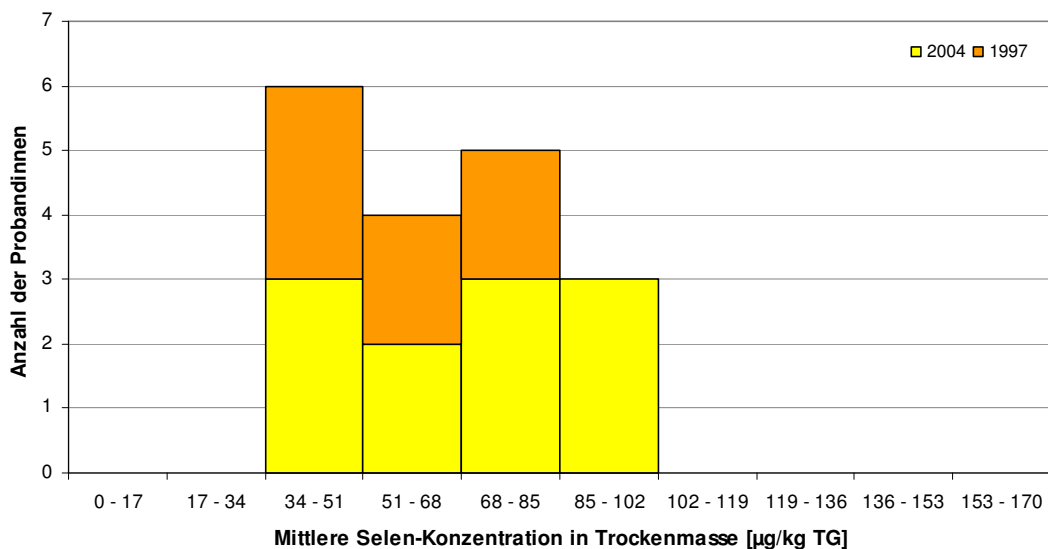


Abb. 19: Selenkonzentration in Trockenmasse bezogen auf Probandinnen

4.4 Selenaufnahme der Probandinnen durch die Nahrung

Die mittleren Selenaufnahmemengen (Median) von Kollektiv I bezogen auf die Probandinnen lagen bei 17,8 µg/d (12,4 – 42,4 µg/d) und 0,26 µg/(kg_{KG} · d) (0,19 – 0,45 µg/(kg_{KG} · d)), die von Kollektiv II 25,3 µg/d (12,9 – 42,4 µg/d) und 0,41 µg/(kg_{KG} · d) (0,22 – 0,66 µg/(kg_{KG} · d)). Für das Gesamtkollektiv betrug der Median 23,2 µg/d (12,4 – 42,4 µg/d) und 0,35 µg/(kg_{KG} · d) (0,19 – 0,66 µg/(kg_{KG} · d)) (siehe Abb. 21).

Tab. 13: Selenaufnahme pro Tag

| | | bezogen auf Proben | | | | | bezogen auf Probandinnen | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|------|------|------|------|--------------------------|------|------|------|------|
| | | N | MIN | 50 | MAX | AM | N | MIN | 50 | MAX | AM |
| Selenaufnahme [µg/d] | Kollektiv I (1997) | 49 | 2,3 | 18,0 | 95,7 | 21,4 | 7 | 12,4 | 17,8 | 42,4 | 21,4 |
| | Kollektiv II (2004) | 55 | 2,3 | 21,7 | 59,1 | 25,5 | 11 | 12,9 | 25,3 | 42,4 | 25,5 |
| | Gesamtkollektiv | 104 | 2,3 | 20,7 | 95,7 | 23,6 | 18 | 12,4 | 23,2 | 42,4 | 23,9 |
| Selenaufnahme [µg/(kg KG · d)] | Kollektiv I (1997) | 49 | 0,03 | 0,26 | 1,01 | 0,29 | 7 | 0,19 | 0,26 | 0,45 | 0,29 |
| | Kollektiv II (2004) | 55 | 0,03 | 0,34 | 1,08 | 0,39 | 11 | 0,22 | 0,41 | 0,66 | 0,39 |
| | Gesamtkollektiv | 104 | 0,03 | 0,31 | 1,08 | 0,35 | 18 | 0,19 | 0,35 | 0,66 | 0,36 |

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; MIN = Minimalwert; 5, 10, 50, 90, 95 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = aritmetisches Mittel; SA = Standardabweichung des AM;

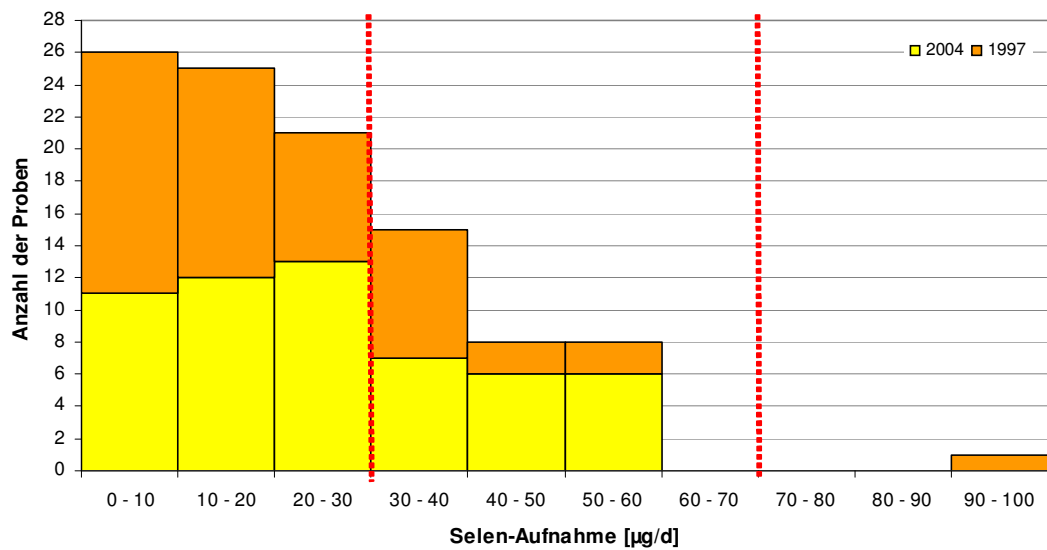


Abb. 20: Tägliche Selenaufnahme unterteilt nach Kollektiv im Vergleich zur DGE-Empfehlung bezogen auf Proben

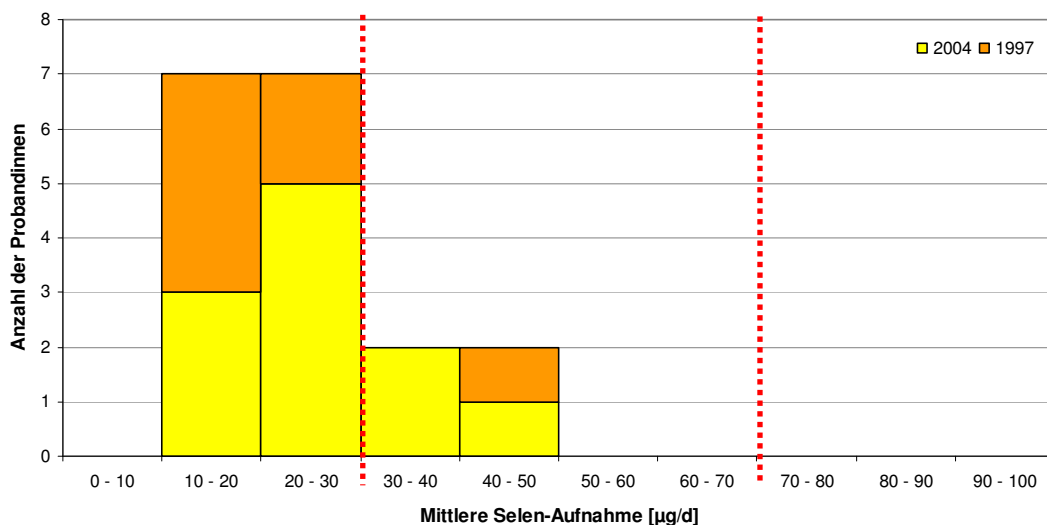


Abb. 21: Tägliche Selenaufnahme unterteilt nach Kollektiv im Vergleich zur DGE-Empfehlung bezogen auf Probandinnen

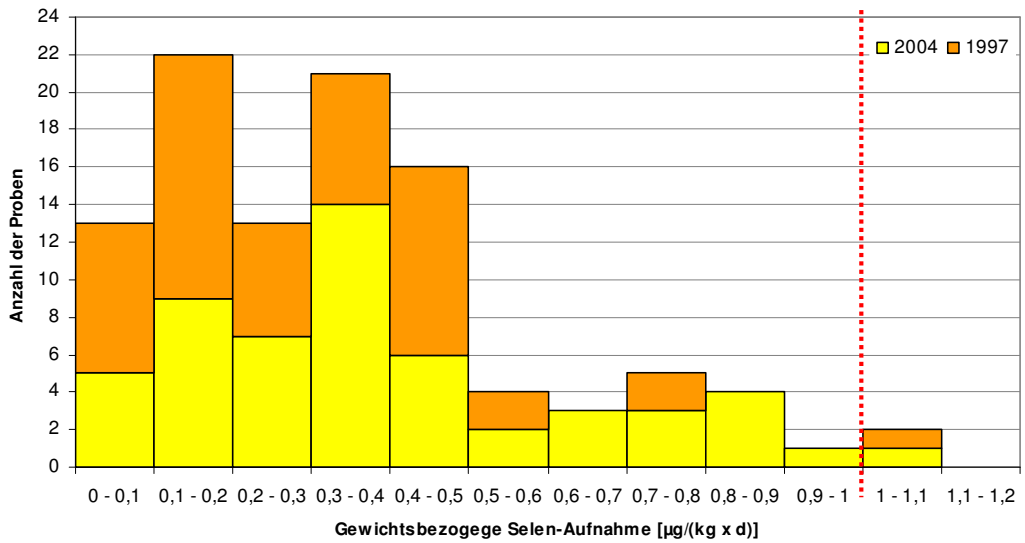


Abb. 22: Tägliche körperlsgewichtsbezogene Selenaufnahme im Vergleich zur US NRC-Empfehlung bezogen auf Proben

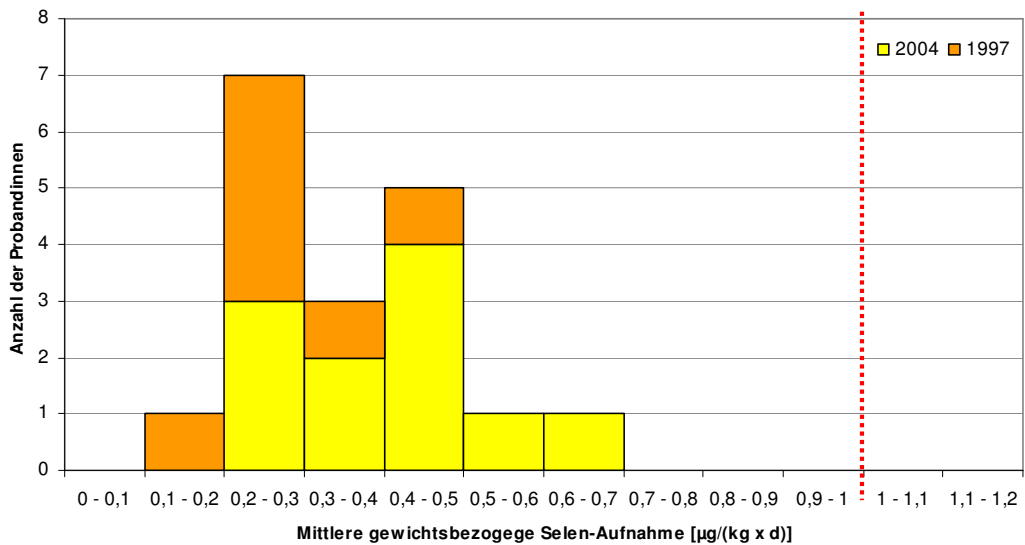


Abb. 23: Tägliche körperlsgewichtsbezogene Selenaufnahme im Vergleich zur US NRC-Empfehlung bezogen auf Probandinnen

In den unteren Diagrammen wurden die Proben einer Probandin jeweils aus 7 (1997) bzw. 5 (2004) Tagen gemittelt, d. h. die probandinnebezogene mittlere Selenaufnahme gezeigt.

4.5 Mengenverteilung der Ernährungsprotokolle

In Abschnitt 3.4.2 wurden die Menge je Ernährungsprotokoll und Lebensmittelkategorie ermittelt. Diese werden im Folgenden auf unterschiedliche Weise dargestellt.

4.5.1 Aufteilung der Einzelproben

Um einen ersten Eindruck der Lebensmittelmengen je Kategorie und Probe zu bekommen, sind in Abb. 24 alle Protokolle mit den jeweiligen Mengenbestandteilen als gestapelte Balken dargestellt. Die Proben werden mit folgender Syntax versehen: *Jahr-Probandin-Probe* (z. B. 2004-18-5). Die Sortierung ist, wie in allen vergleichbaren Abbildungen, von unten nach oben aufsteigend erst nach Kollektiv (1997, 2004), dann nach Ordnungsnummer der Probandin und Sammlungstag.

Zur besseren Übersicht sind achsennah (links) die mengenmäßig großen und immer vertretenen Kategorien und weiter rechts die seltenen und mengenmäßig geringeren Kategorien aufgeführt. Eier wurden von Anzahl in Gramm umgerechnet.

Die Kategorie „Rest“ bezeichnet die rechnerische Differenz zwischen protokollierter Gesamtmenge und Frischmasse der Probe. Abweichungen sind, neben ungenauen Schätzungen der Mengen, auf nicht protokollierte Nahrungsmittel oder (eigentlich nicht zu sammelnde) Getränke zurückzuführen.

4.5.2 Verteilungsdiagramme je Lebensmittelkategorien

In Abb. 25 bis Abb. 27 auf den Seiten 61 bis 63 wurden je Nahrungsmittelkategorie (wie z. B. Fleisch) alle Mengen unabhängig nach Größe sortiert nebeneinander gestellt und als Liniengrafik dargestellt. Um die Darstellung kompakter und besser vergleichbarer zu machen, sind alle unabhängigen Kurven in einem Diagramm hintereinander dargestellt. Damit die Kurven sich nicht gegenseitig völlig verdecken, ist auch hier die Reihenfolge der Kurven so gewählt, dass die kleineren Mengenprofile vorne sind. Dies funktioniert mit den gegebenen Daten gut. Nur in nicht so relevanten Bereichen Nahe 0 verdeckt z. B. die Getreidekurve die Obst- und Milchprodukte-Kurve.

Auf keinen Fall darf man die Kurven als gestapelte Kurven sehen (alle Werte sind immer von 0 bis zur Kurve und nicht von der nächst darunter liegenden Kurve zu messen) und man darf auch nicht Zusammenhänge zwischen den Kurven sehen (z. B. hat der

Maximalwert der Frischmasse nichts mit den Maximalwert der Ernährungsprotokollmenge zu tun).

Mathematisch ist die Abbildung eine Schar von statistischen Verteilungsfunktionen der einzelnen Kategorien, die zur besseren Lesbarkeit an der Hauptdiagonale gespiegelt und flächig aufgetragen worden, d. h. je flacher die Kurven in einem Bereich sind (Gegenteil von Steigung wegen gespiegelter Darstellung) desto höher wird der entsprechende Balken im Diagramm (vgl. Elpelt and Hartung, 1992).

Die Abb. 25 bis Abb. 27 werden genutzt, um das Essverhalten der Kollektive objektiv vergleichbar zu machen. Durch direkten Vergleich der Diagramme für die beiden einzelnen Kollektive kann man sehen, dass der Gemüsekonsum von Kollektiv I gegenüber II insbesondere im hohen Bereich stark abweicht und stattdessen ein viel größerer Milchproduktanteil besteht. Die gleiche Erkenntnis würde man nur mit einer Vielzahl von Histogrammen (getrennt nach Kollektiven) und deren paarweisen Vergleichen erreichen können.

Beispielsweise bei Fleisch sieht man, dass in Abb. 25 ca. 40 Proben kein oder fast kein Fleisch enthalten, ca. weitere 45 Proben von 0 bis 100 g etwa gleichverteilt sind und dann ca. 20 Proben von 100 bis 300 g mit einer „Delle nach oben“ gleichverteilt sind und der Maximalwert von 400 g isoliert dasteht. Über das Histogramm in Abb. 33 ist dies nicht ganz so gut ersichtlich, da hier Rundungsartefakte aufgrund der Bereichsgrenzen stärker durchschlagen und die Vergleichbarkeit zu anderen Lebensmittelkategorien schwieriger ist.

4.5.3 Histogramme zur Mengenverteilung je Lebensmittelkategorien

In Abb. 28 bis Abb. 37 auf Seite 64 bis 67 sind ebenfalls die Häufigkeitsverteilungen für die Nahrungsmengen in Histogrammform für die beiden Kollektive zusammengefasst dargestellt.

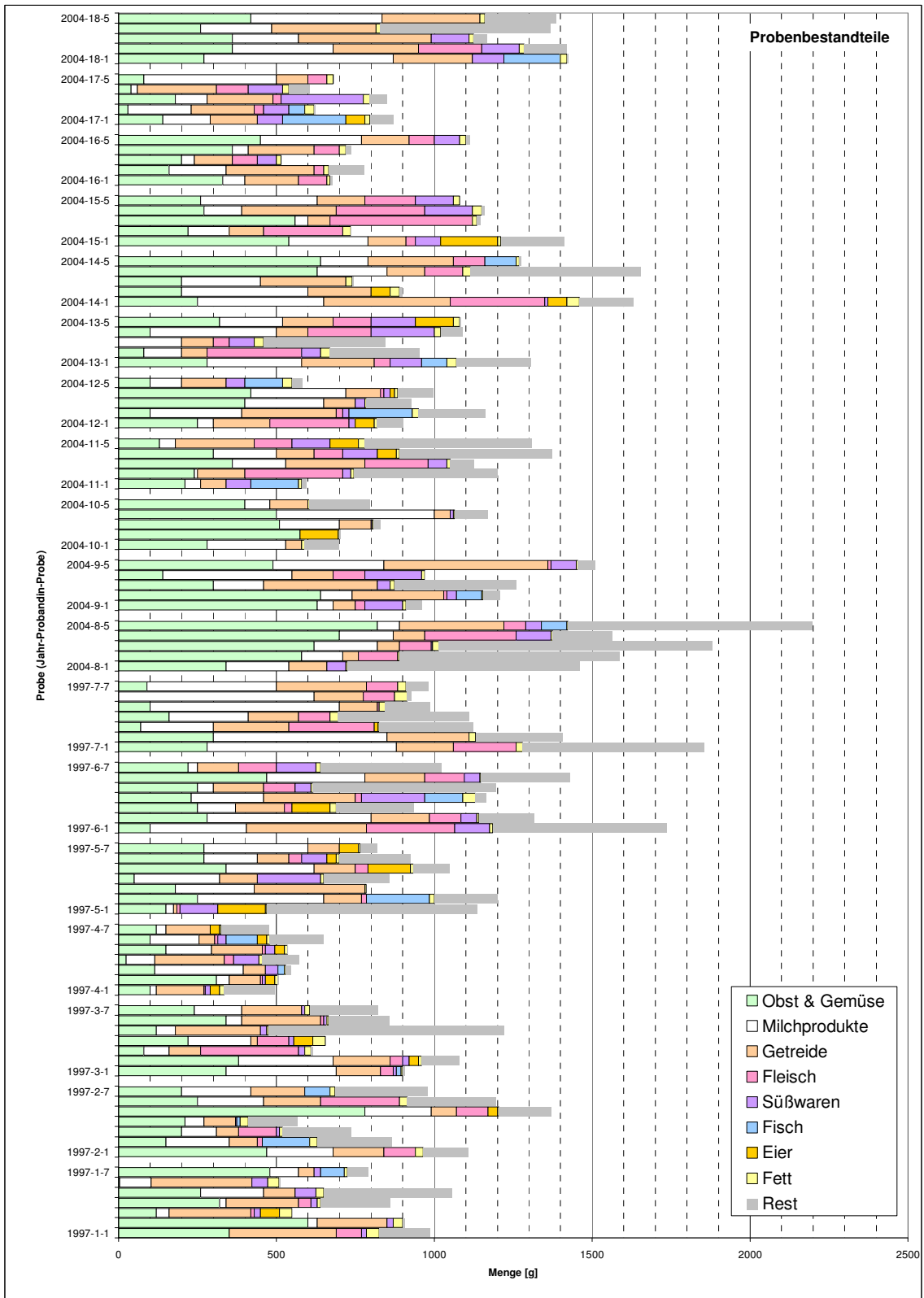


Abb. 24: Geschätzte Probenbestandteile gemäß täglichem Ernährungsprotokoll

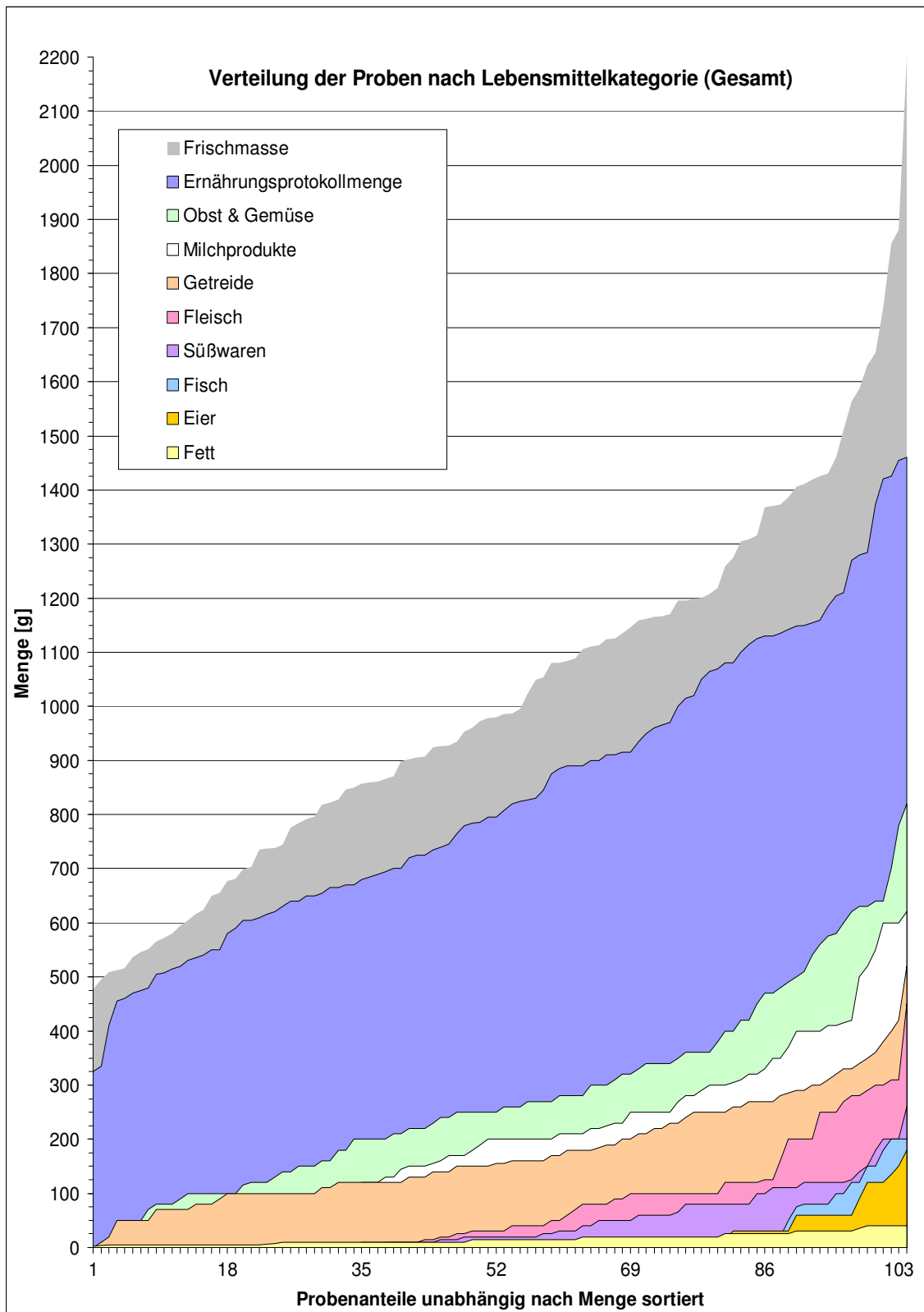


Abb. 25: Verteilung der Mengen für die einzelnen Lebensmittelkategorien anhand der Protokolle (Gesamt als Schar von nach Größe sortierten, hintereinander stehenden, unabhängigen Flächendiagrammen)

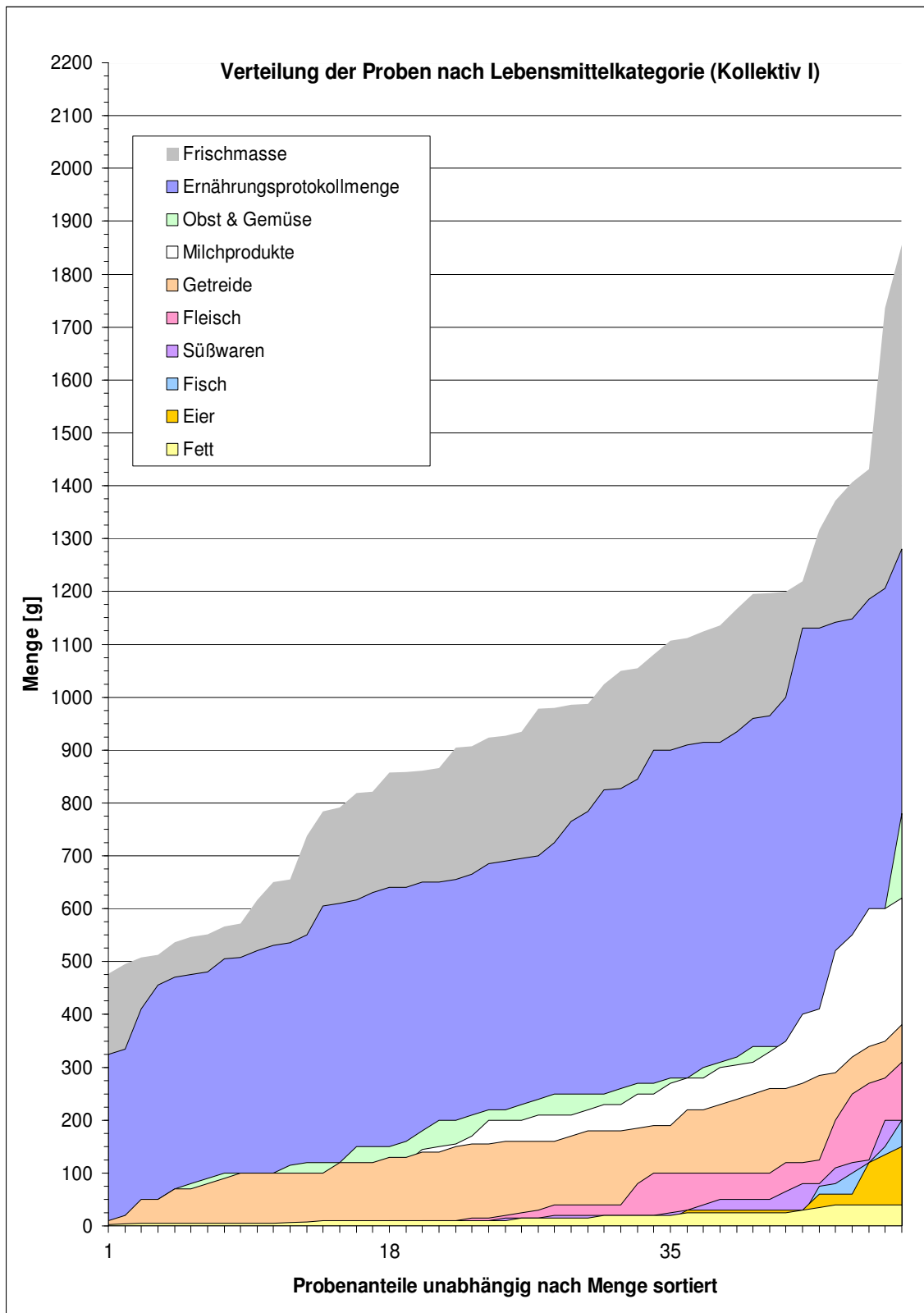


Abb. 26: Verteilung der Mengen für die einzelnen Lebensmittelkategorien anhand der Protokolle (Kollektiv I als Schar von nach Größe sortierten, hintereinander stehenden, unabhängigen Flächendiagrammen)

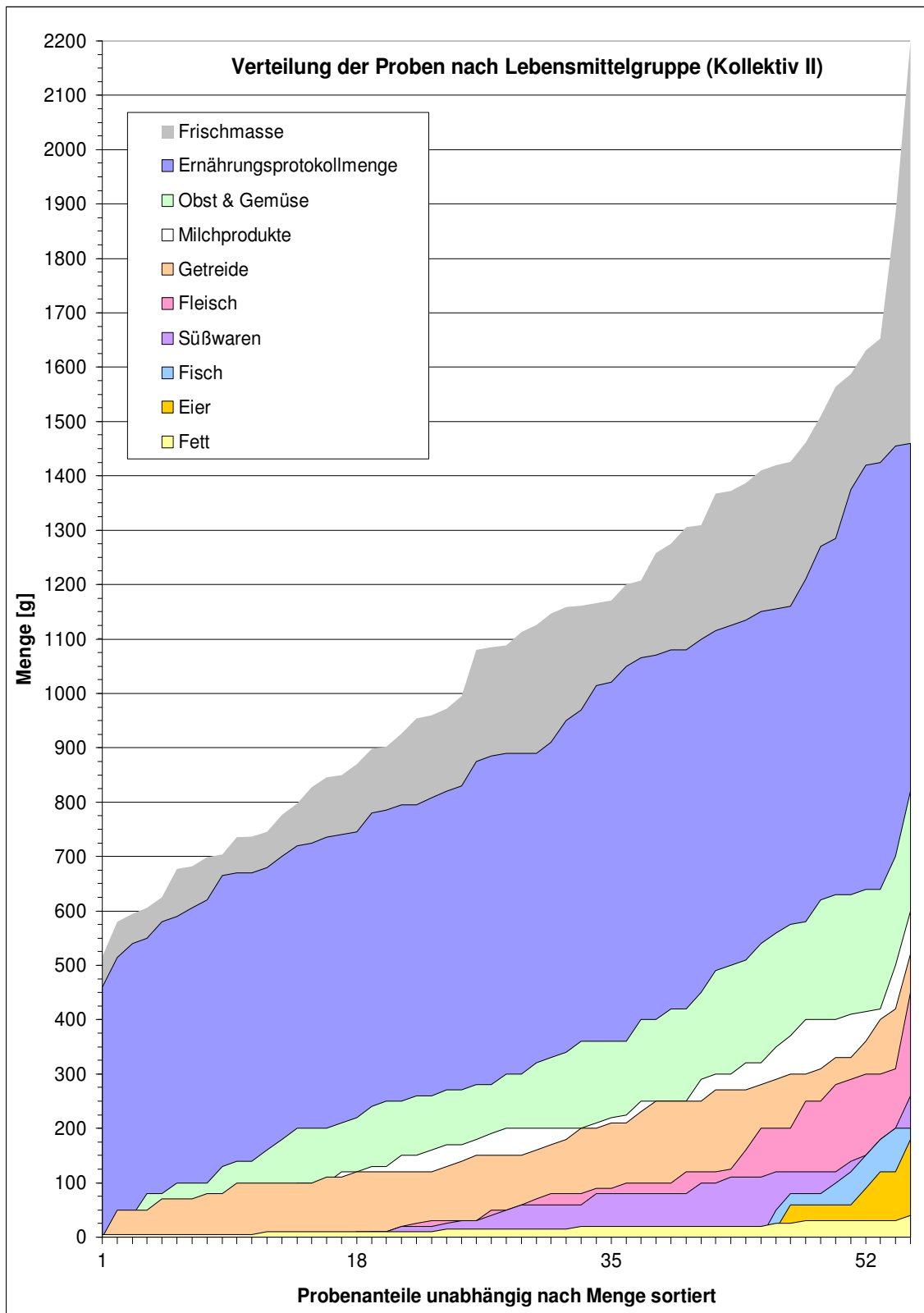


Abb. 27: Verteilung der Mengen für die einzelnen Lebensmittelkategorien anhand der Protokolle (Kollektiv II als Schar von nach Größe sortierten, hintereinander stehenden, unabhängigen Flächendiagrammen)

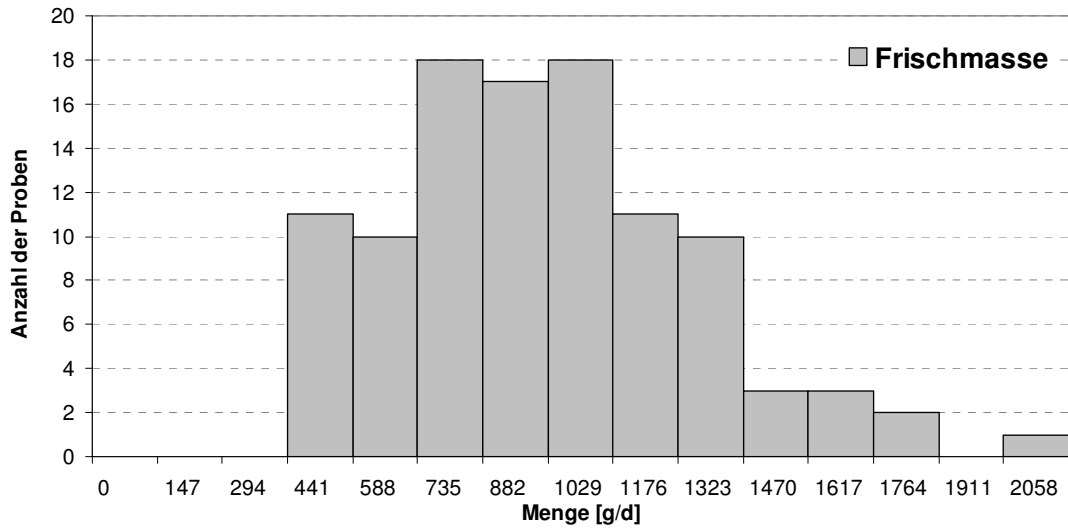


Abb. 28: Häufigkeitsverteilung der Mengen der gewogenen Duplikatproben (in g Frischmasse)

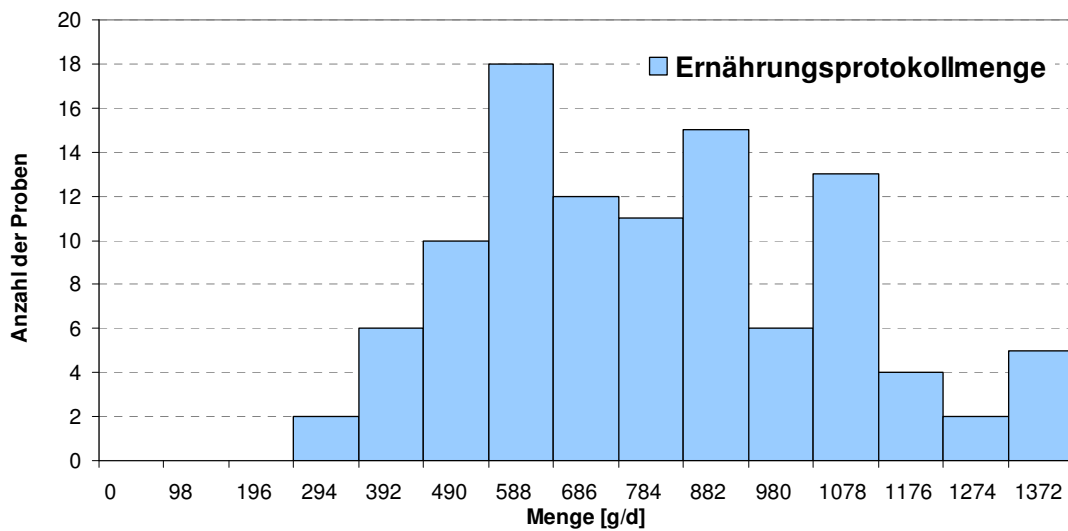


Abb. 29: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr (Summe aus allen Nahrungsmittelkategorien in g/Tag)

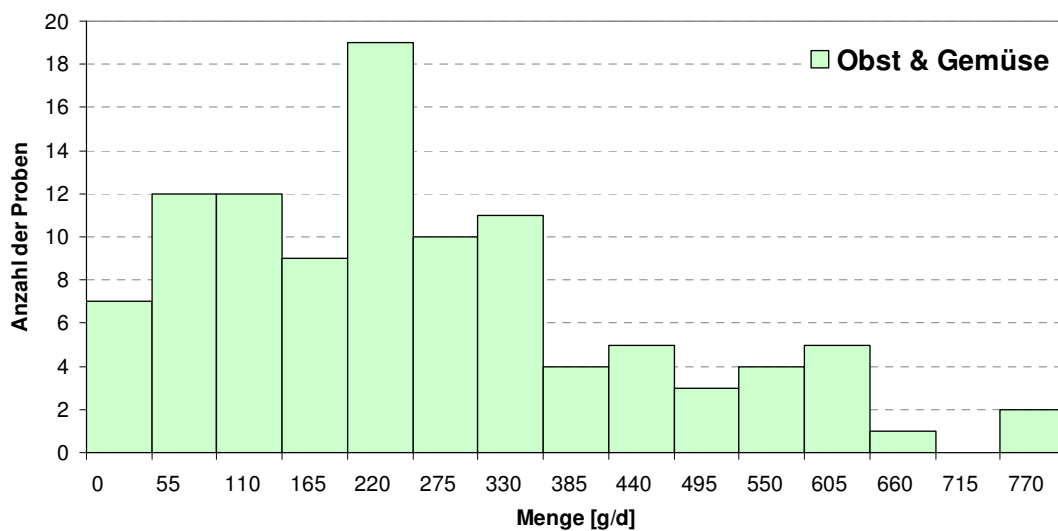


Abb. 30: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Obst und Gemüse in g/Tag

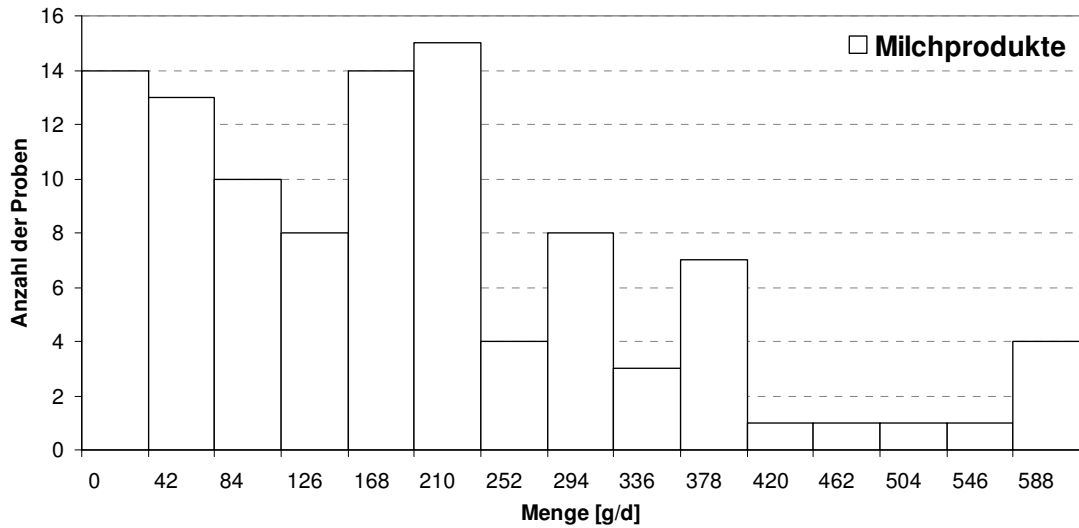


Abb. 31: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Milchprodukte in g/Tag

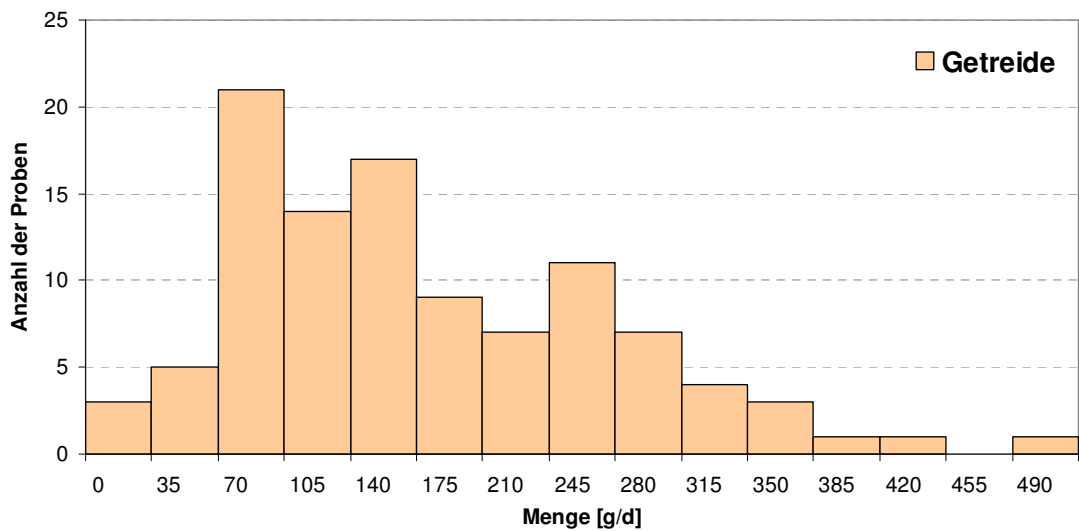


Abb. 32: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Getreide in g/Tag

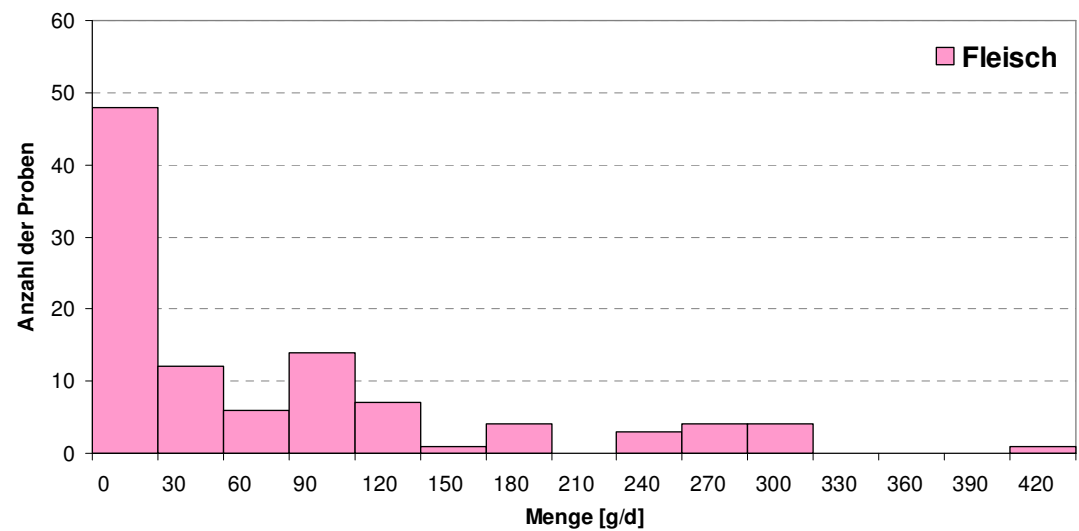


Abb. 33: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Fleisch in g/Tag

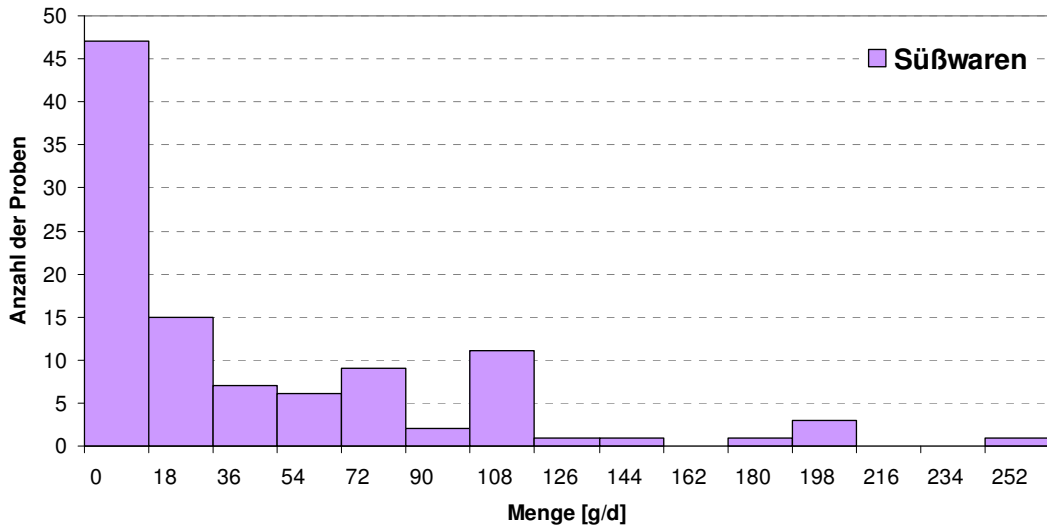


Abb. 34: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Fleisch in g/Tag

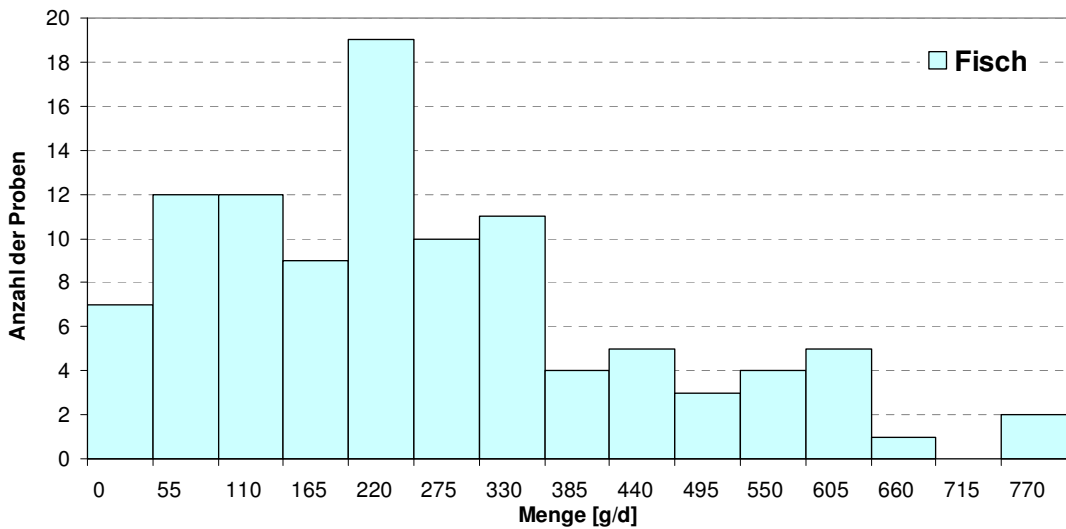


Abb. 35: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Fisch in g/Tag

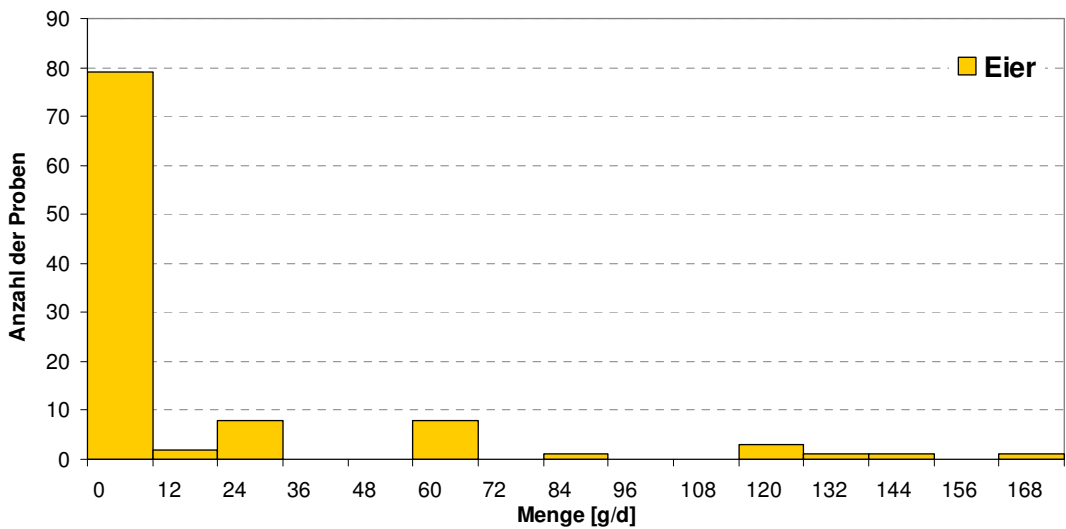


Abb. 36: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Eier in g/Tag

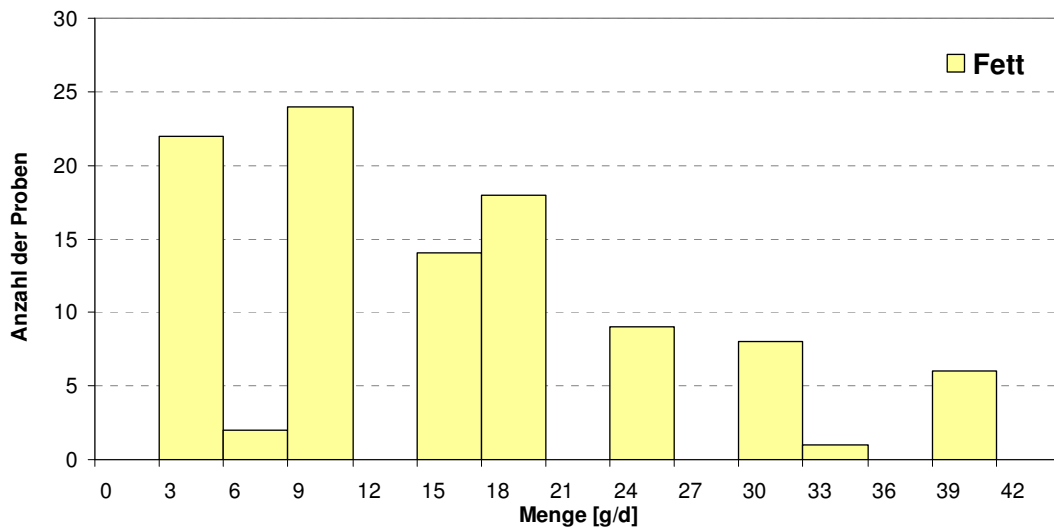


Abb. 37: Häufigkeitsverteilung der nach den Angaben der Fragebögen ermittelten Mengen der Nahrungszufuhr für Fett in g/Tag

4.6 Selengehalt je Lebensmittelkategorie

Basierend auf der in Abschnitt 3.5 vorgestellten Methode, können Werte mit signifikantem Selengehalten und Mengen wie z. B. Fleisch und Fisch gut vorhergesagt werden, da sie den größten Einfluss auf das Mischergebnis haben.

4.6.1 Strukturelle Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse

Die folgende Abbildung zeigt deutlich, dass Variationen der ermittelten Selengehalte von Fleisch und Fisch zu deutlichen Verschlechterungen der Schätzqualität führen.

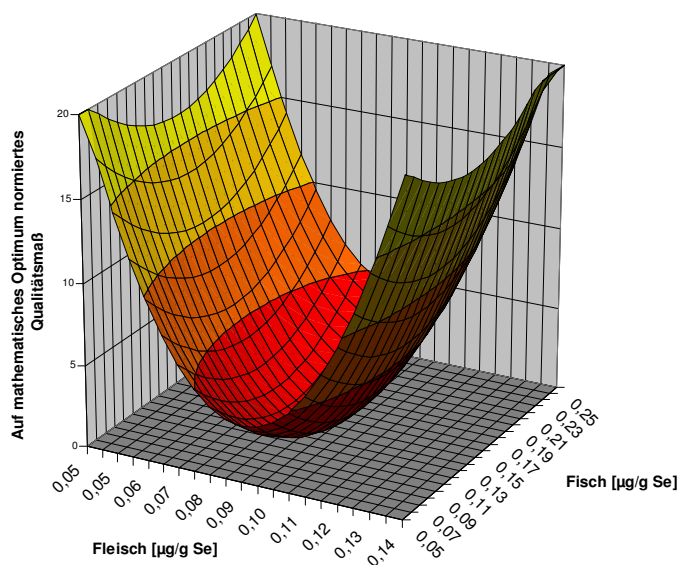


Abb. 38: Auf mathematisches Optimum normiertes Qualitätsmaß in der Umgebung um die bestimmte Lösung für Fisch und Fleisch bei konstanten Werten für die restlichen Lebensmittelkategorien.

Andere Werte verlassen für minimale Verbesserungen des Qualitätsmaßes auch schon einmal den gültigen Bereich. Beispielsweise kann in unserem Fall das Qualitätsmaß leicht verbessert werden, wenn Fett einen Selengehalt von unter Null hätte. Dieses Artefakt tritt wegen der sehr geringen Menge und Schätzungenauigkeit von Fett in den Fragebögen auf.

Das bestimmte Minimum wurde bei den Parametern für Fett leicht angepasst (außer bei Milch), so dass ein Qualitätsmaß von unter 0,3 % über dem mathematischen Optimum als Ergebnis erreicht wird. Folgende Grafik zeigt, wie sich das Qualitätsmaß prozentual verändert, wenn ein einzelner Selengehalt einer Lebensmittelkategorie um 10 % angehoben (110 %) oder abgesenkt (90 %) würde.

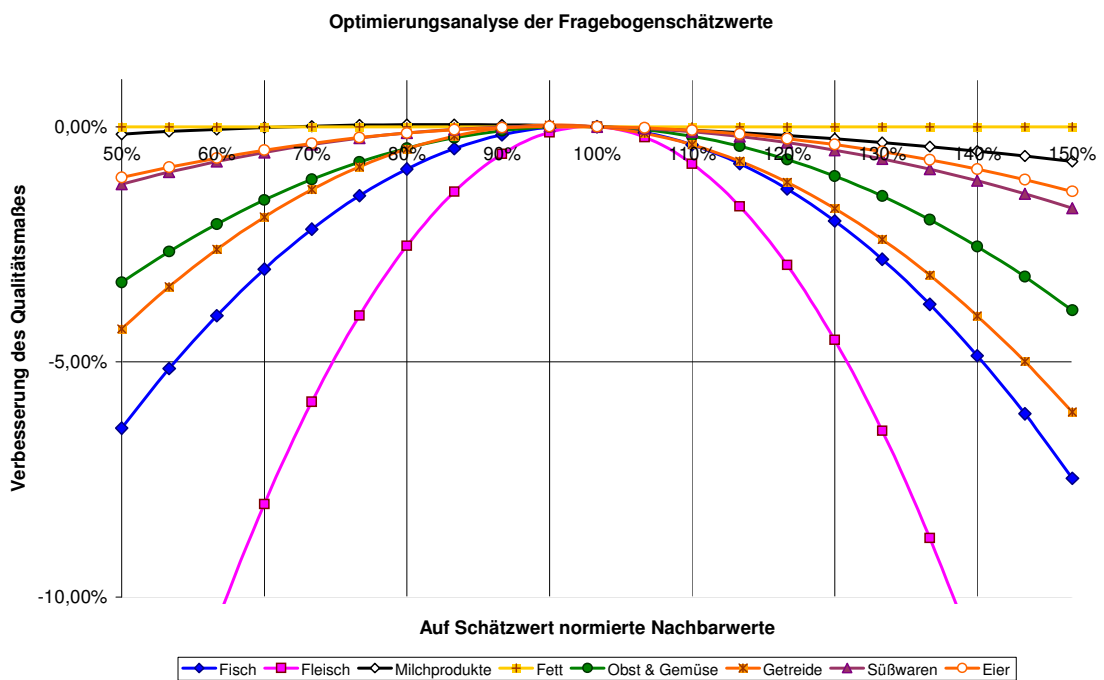


Abb. 39: Optimierungsanalyse der Fragebogenschätzwerte

Man sieht, dass Lebensmittelkategorien mit viel Selen wie Fleisch oder Fisch das Qualitätsmaß stark ändern. Getreide, Obst und Gemüse sind aufgrund ihrer Menge ebenfalls ein starker Hebel. Andere Nahrungsmittelgruppen haben wesentlich weniger Einfluss. Eier haben zwar einen hohen Selengehalt sind aber aufgrund der verhältnismäßig geringen Masse (60 g pro Ei) nicht so entscheidend.

4.6.2 Quantitative Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse

Die optimierten Werte, die im Folgenden als Referenzwerte für Frischmassen genutzt werden und die Bereiche, die in verschiedenen Literaturquellen genannt werden (wie

die Selengehalte der Souci-Fachmann-Kraut-Nährwerttabellen (Souci et al., 2007) und Studienergebnissen (Anke et al., 2002, Biesalski et al., 1997, Domke et al., 2004), Deutsche Gesundheitshilfe (DGH, 2008) und Deutsches Grünes Kreuz (DGK, 2008), sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Die unabhängig von den Literaturquellen ermittelten optimierten Werte liegen in allen Fällen sehr gut in den zu erwartenden Bereichen, wenngleich eher etwas unter dem Durchschnitt, so dass die Vorgehensweise und das Ergebnis als zulässig angesehen werden kann. Für Milch deckt sich der Wert sehr gut mit den in Abschnitt 1.5.1 angeführten Werten.

Tab. 14: Selengehalte pro Lebensmittelkategorie

| Selengehalt in Frischmasse in µg/g bzw. µg pro Anzahl | Optimierung | Souci-Fachmann-Kraut | BfR | DGH | DGK |
|--|-------------|---|---------------|---------------|---------------|
| Fisch | 0,137 | 0,100 – 9,300 | 0,250 – 1,000 | 0,250 – 0,820 | 0,240 – 0,820 |
| Fleisch | 0,092 | 0,010 – 2,060 0,010 – 0,170 ¹ | 0,100 – 4,500 | 0,010 – 2,030 | 0,020 – 2,030 |
| Milchprodukte | 0,007 | 0,010 – 0,110 0,010 – 0,050 ² | 0,050 – 0,100 | 0,010 – 0,110 | 0,014 – 0,110 |
| Fett | 0,000 | 0,011 – 0,035 ³ | 0,075 – 0,150 | - | - |
| Obst & Gemüse | 0,016 | 0,002 – 1,870 0,002 – 0,190 ⁴ | - | 0,010 – 0,070 | 0,010 – 0,030 |
| Getreide | 0,030 | 0,007 – 0,083 0,007 – 0,050 ⁵ | 0,005 – 0,025 | 0,010 – 0,190 | 0,017 – 0,100 |
| Süßwaren | 0,047 | 0,000 – 8,100 0,000 – 0,064 ⁶ | - | - | - |
| Eier [Anzahl] | 4,560 | 6,000 ⁷ | - | 6,000 | 5,000 |

1 Ohne Innereien, Salami; 2 Ohne Milchpulver, Ziegenmilch; 3 Butter, Rapsöl; 4 ohne Steinpilze, ohne Werte bei Hülsenfrüchten, Mais; 5 ohne Buchweizen; 6 ohne Kokos- und Paranuss; Süßigkeiten sind häufig Mischprodukte (hier nur Zucker, Schokolade, Nüsse; bei Kuchen kämen Eier dazu mit ca. 0,083 µg/g); 7 umgerechnet mit 60g/Ei

4.6.3 Ergebnis

Tab. 15: Selengehalte pro Lebensmittelkategorie

| Selengehalt in Frischmasse in µg/g (bzw. µg pro Anzahl) | | | | | | | |
|---|---------|---------------|-------|---------------|----------|----------|---------------|
| Fisch | Fleisch | Milchprodukte | Fett | Obst & Gemüse | Getreide | Süßwaren | Eier [Anzahl] |
| 0,137 | 0,092 | 0,007 | 0,000 | 0,016 | 0,030 | 0,047 | 4,56 |

4.7 Schätzung auf Basis der täglichen Ernährungsprotokolle

In Abschnitt 3.6 wird beschrieben, wie aus Basis der Ernährungsprotokolle die tägliche Selenaufnahme geschätzt werden kann. Analog zu den Darstellungen der Selenmessungen in Abb. 21, wird die tägliche Selenaufnahme pro Probe bzw. pro Probandin (unten) im Vergleich zum von DGE empfohlenen Bereich von 30 bis 70 $\mu\text{g/g}$ in folgendem gestapelten Histogramme in Abb. 41 dargestellt. Probandinnenbezogene Werte sind in Abb. 47 enthalten.

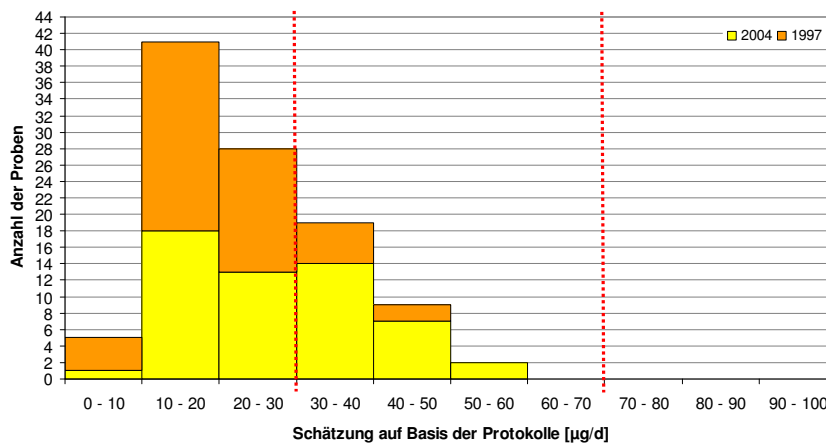


Abb. 40: Schätzungen der Selenaufnahme auf Basis der Ernährungsprotokolle für Proben

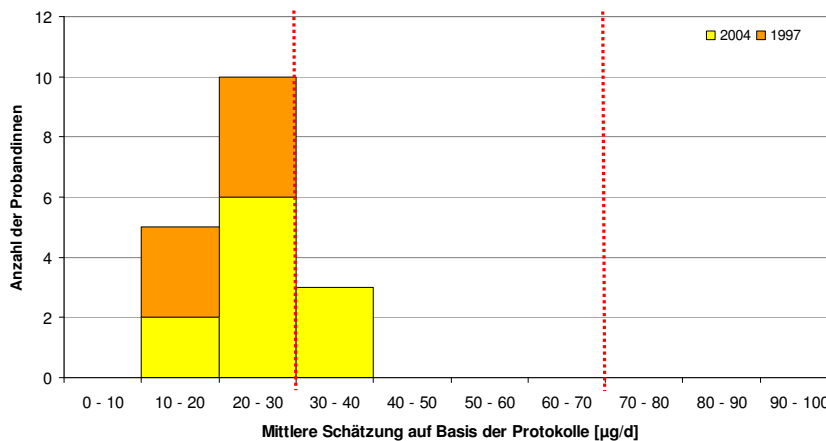


Abb. 41: Schätzungen der Selenaufnahme auf Basis der Ernährungsprotokolle für Probandinnen

4.8 Schätzung auf Basis der allgemeinen Fragebögen

Wie in Abschnitt 3.7.6 beschrieben ergibt sich folgendes Bild, wenn auf Basis der allgemeinen Fragebögen zum Ernährungsverhalten die Selenaufnahme geschätzt wird:

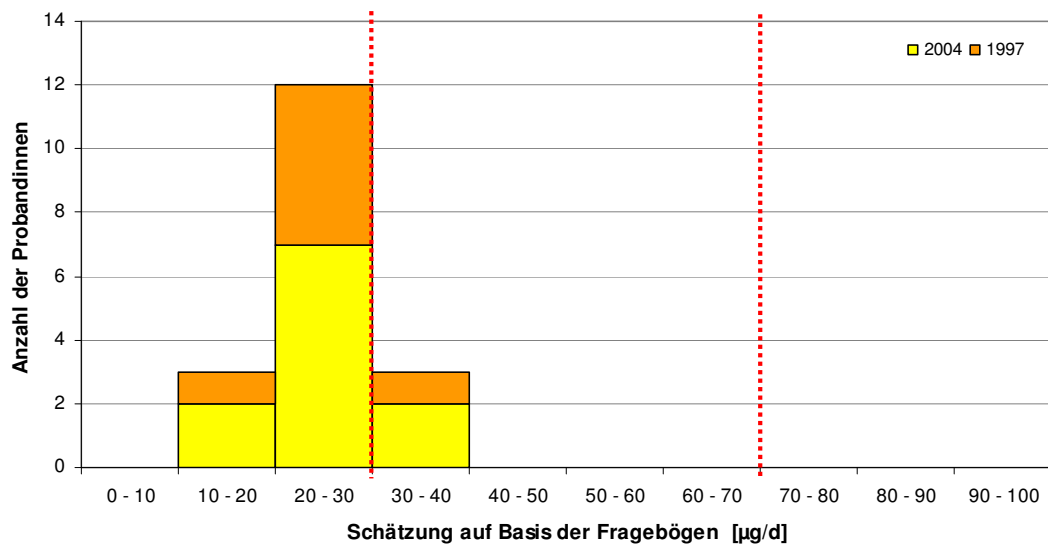


Abb. 42: Schätzungen der Selenaufnahme auf Basis der Fragebögen der Probandinnen

4.9 Vergleich von Messung und Schätzungen

4.9.1 Vergleich von Messung und Ernährungsprotokoll-Schätzung

Wie in Abschnitt 3.6 beschrieben, wird mit den Mengen pro Kategorie jeder Probe (siehe 4.5) und den angenommenen Selengehalten pro Lebensmittelkategorie (siehe 0) wird die tägliche Selenaufnahme geschätzt.

Die Abweichungen dieser Schätzungen zu den Messungen sind in Form von Streudiagrammen dargestellt. Im Idealfall befinden sich die Streupunkte auf der Winkelhalbierenden, d. h. Messung und Schätzung ergeben den gleichen Wert. In Abb. 43 sind die Einzelproben und in Abb. 44 die gemittelten Werte je Probandin dargestellt.

Wie durch die Optimierung zu erwarten, muss die Gesamtschätzung genau auf der eingetragenen Winkelhalbierenden liegen. Es zeigt sich, dass für Kollektiv I im Mittel leicht weniger geschätzt als gemessen wurde und für Kollektiv II umgekehrt.

Anhand von Abb. 44 sind die Ergebnisse bezogen auf einzelne Probandinnen bzw. verdichtet nach Kollektiv I, II und Gesamtkollektiv zu sehen. Dabei fällt die Probandin (2004-8) mit Werten deutlich oberhalb der Schätzungen auf, die sich möglicherweise auf Nahrungsergänzungsmittel (Angabe im Fragebogen: Multivitamin-tablette täglich) zurückführen lassen. In Abb. 46 ist die Verteilung der absoluten Abweichung von Schätzung zu Messung als gestapeltes Histogramm dargestellt. Es besteht keine signifi-

kante Abweichung von 0 (T-Test für verbundene Stichproben) (Trampisch and Winde-ler, 1997).

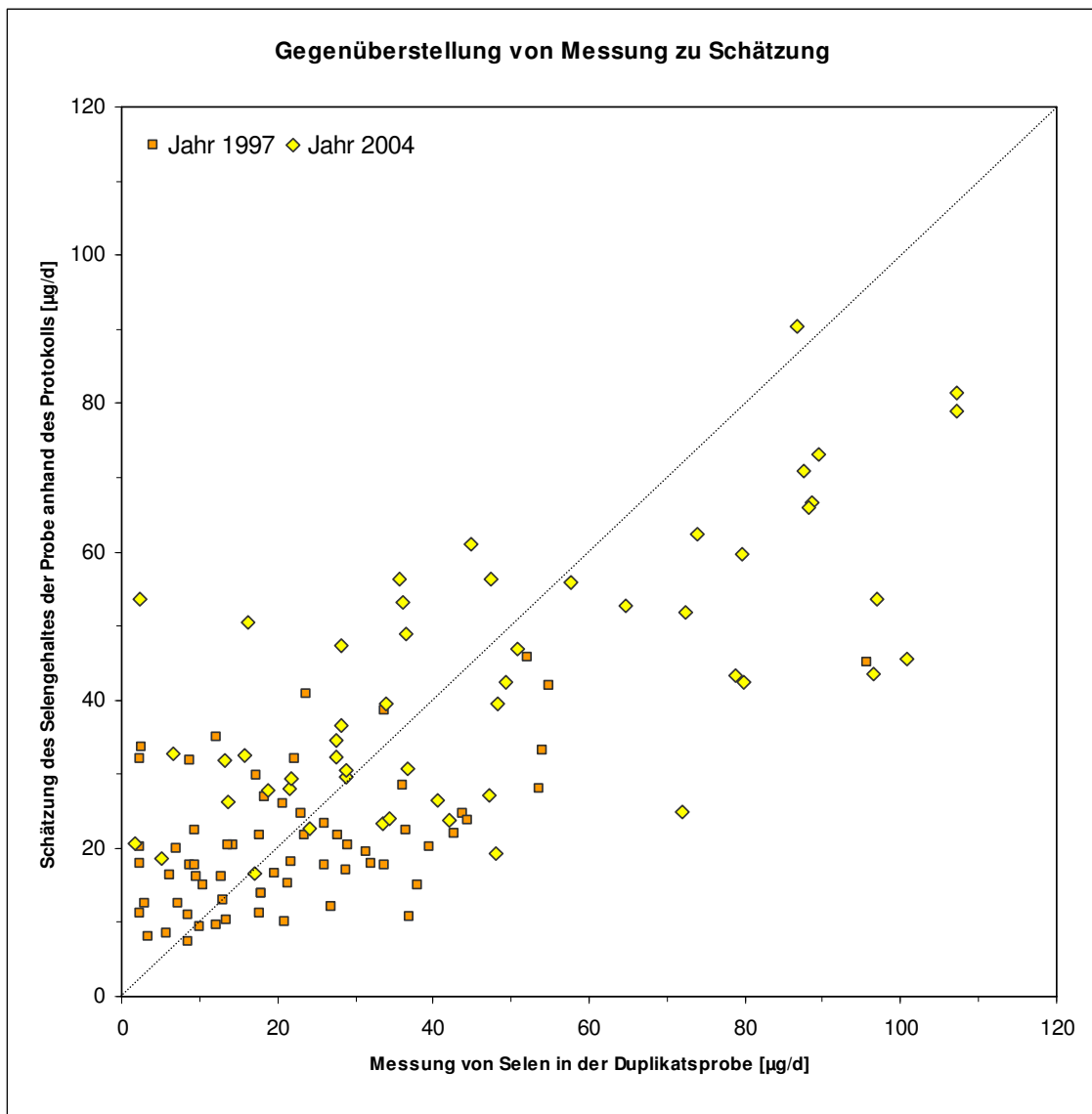


Abb. 43: Abweichung von Messung zu Schätzung für Einzelwerte (Streudiagramm)

Als Maß für den Zusammenhang zwischen Messung und Schätzung werden der Korrelations-Koeffizient und die Standardabweichungen bestimmt. In allen Fällen ergibt sich ein signifikanter Korrelations-Koeffizient ($\alpha = 0,05$):

Tab. 16: Maße für den Zusammenhang zwischen Messung und Schätzung

| | Korrelationskoeffizient | | | Standardabweichung | | |
|--------------|-------------------------|------|--------|--------------------|------|--------|
| | 1997 | 2004 | Gesamt | 1997 | 2004 | Gesamt |
| Einzelproben | 0,52 | 0,71 | 0,62 | 15,0 | 11,4 | 13,3 |
| Probandinnen | 0,90 | 0,75 | 0,77 | 6,4 | 6,1 | 6,1 |

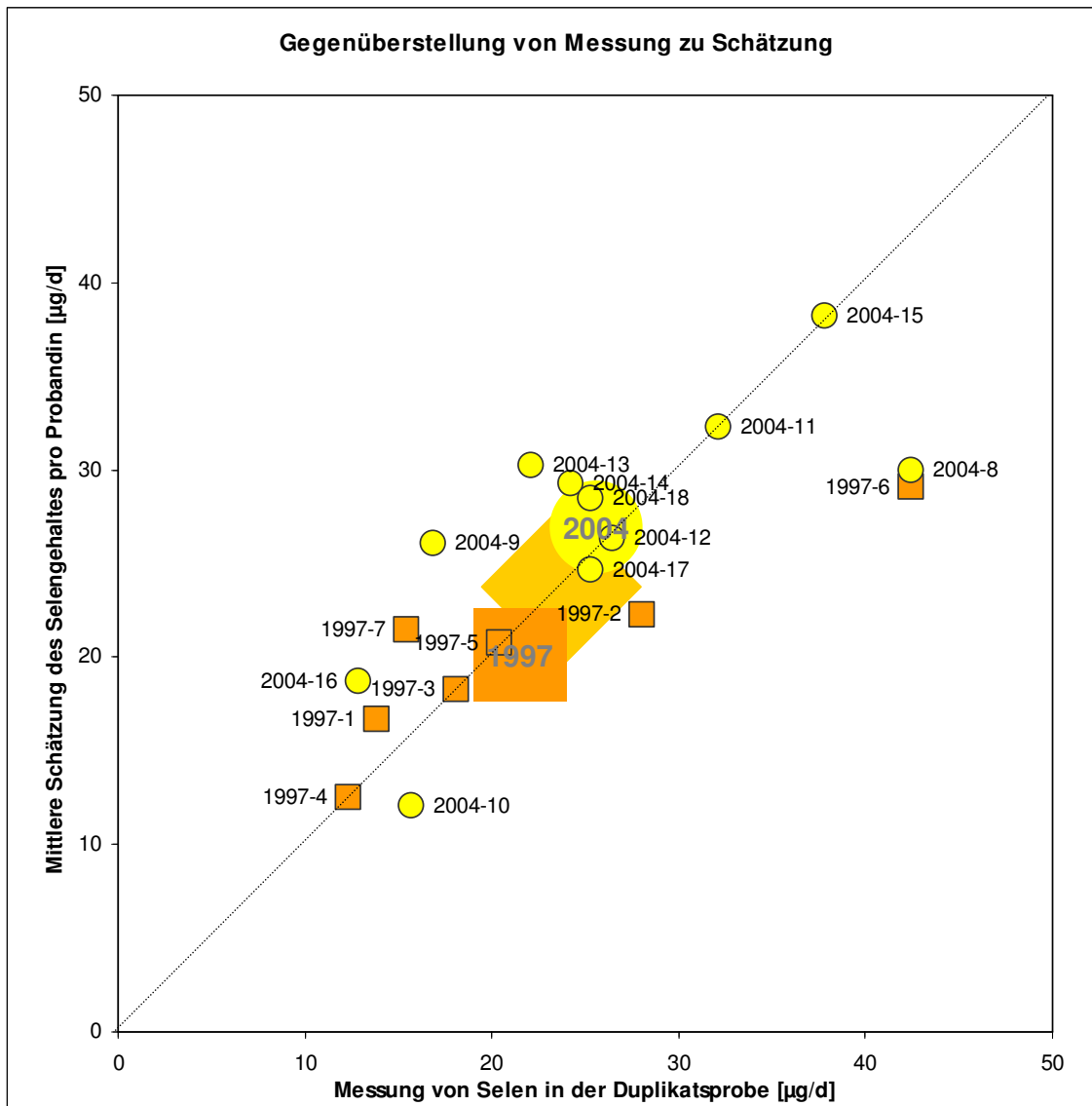


Abb. 44: Abweichung von Messung zu Schätzung gemittelt für Probandinnen, Kollektive und Gesamt (Streudiagramm)

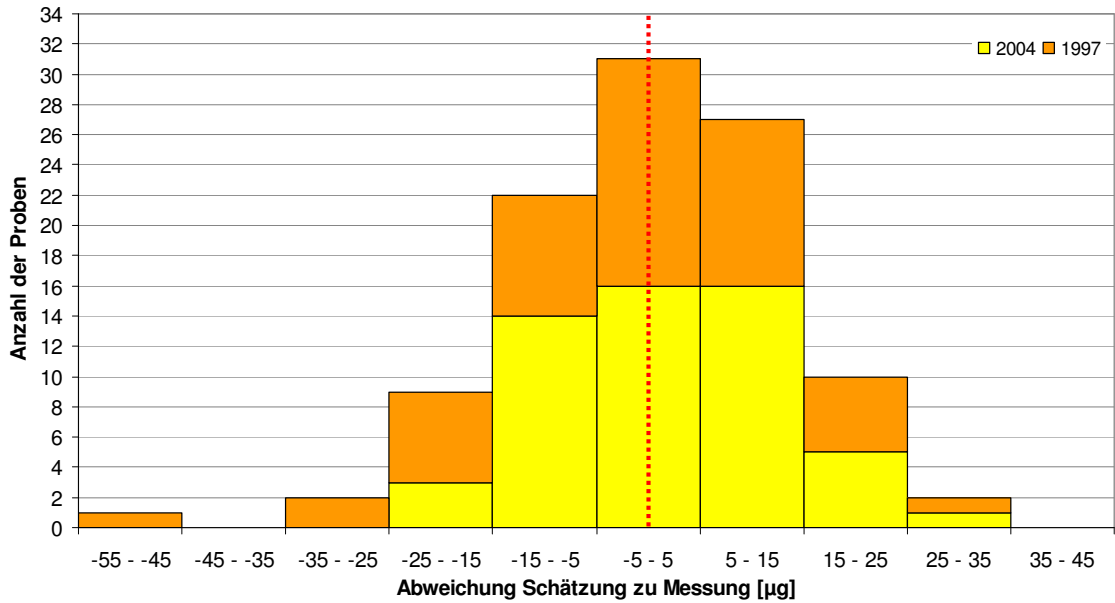


Abb. 45: Verteilung der absoluten Abweichung des Selengehaltes von Schätzung zu Messung bezogen auf Proben (gestapeltes Histogramm)

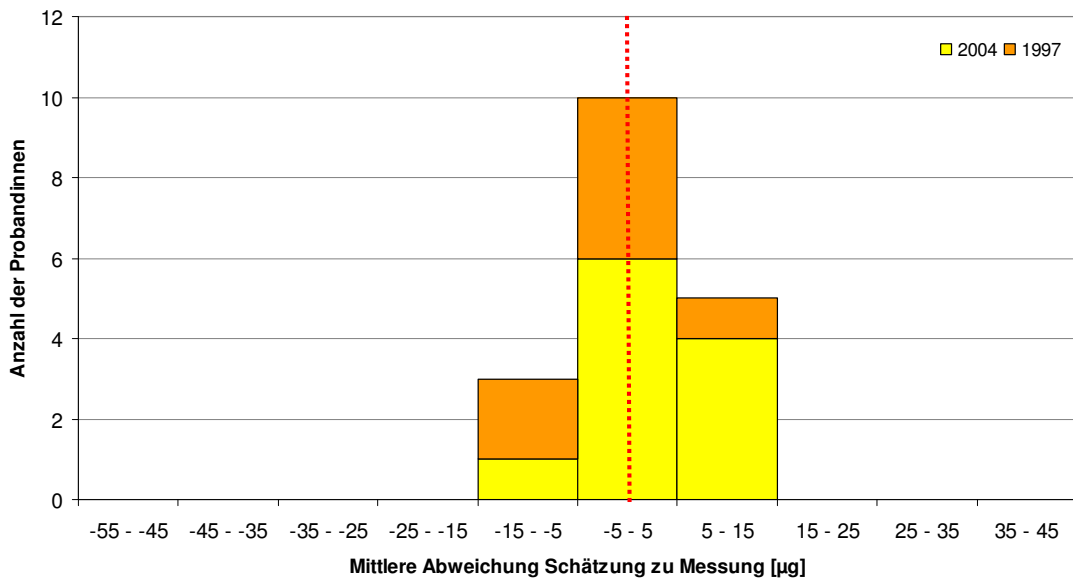


Abb. 46: Verteilung der absoluten Abweichung des Selengehaltes von Schätzung zu Messung bezogen auf Probandinnen (gestapeltes Histogramm)

4.9.2 Vergleich der Selenaufnahmen pro Probandin

Die Ermittlung der mittleren täglichen Selenaufnahme pro Probandin kann auf drei Arten erfolgen:

- Mittelwert der Messungen der Nahrungsmittelduplikatproben (Abb. 21 unten)
- Mittelwert der Schätzungen anhand der Ernährungsprotokolle (Abb. 41 unten)
- Fragebogen zum allgemeinen Ernährungsverhalten (Abb. 42)

In folgender Grafik Abb. 47 auf Seite 75 werden die ermittelten bzw. gemessenen Werte aggregiert für jede Probandin gegenübergestellt.

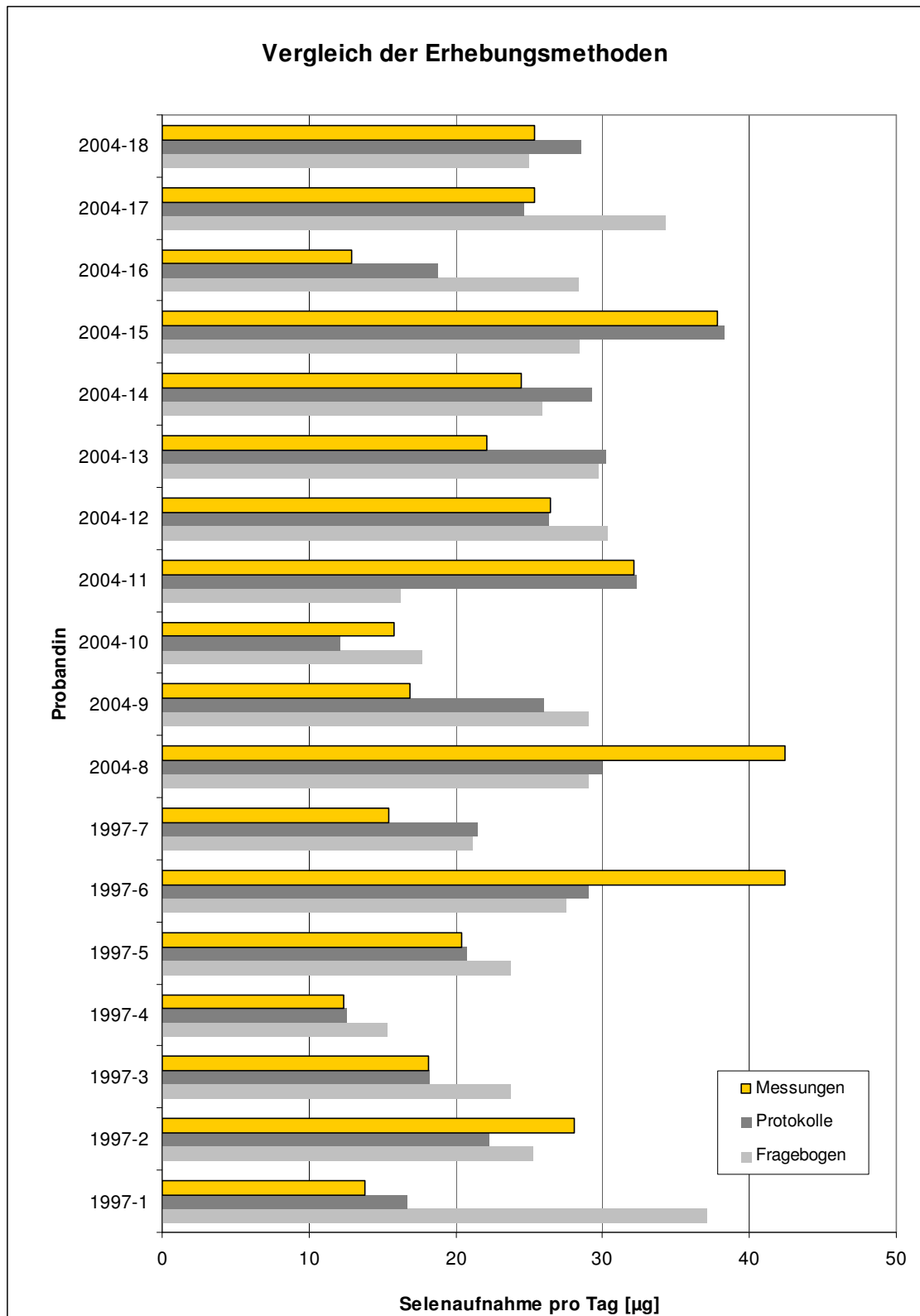


Abb. 47: Vergleich von Messungen (Mittelwert) und Schätzung anhand von Protokollen und Fragebogen

4.10 Kurzfragebogen

Für die Lebensmittelkategorien und die Mengen ergibt sich daraus der folgende Fragebogen:

| Kurzfragebogen zur Schätzung der Selenaufnahme | |
|---|------------|
| Wählen Sie pro Frage die am besten passende Antwort, und zählen Sie die Punkte zusammen. Am Ende gibt es für die Gesamtpunktzahl eine Bewertung. Die Bewertungen beziehen sich auf normale Tagesmengen. | |
| Wie häufig essen Sie Fisch ? | ___ Punkte |
| a) nie oder selten (0 Punkte) | |
| b) einmal pro Woche (1 Punkt) | |
| c) 2 bis 4 Mal pro Woche (3 Punkte) | |
| d) fast täglich (5 Punkte) | |
| Wie häufig essen Sie Fleisch (inkl. Wurstwaren)? | ___ Punkte |
| a) nie oder selten (0 Punkte) | |
| b) einmal pro Woche (1 Punkt) | |
| c) 2 bis 4 Mal pro Woche (3 Punkte) | |
| d) fast täglich (6 Punkte) | |
| Wie häufig essen Sie Milchprodukte ? | ___ Punkte |
| a) nie oder selten (0 Punkte) | |
| b) einmal pro Woche (0 Punkte) | |
| c) 2 bis 4 Mal pro Woche (0 Punkte) | |
| d) fast täglich (1 Punkt) | |
| Wie häufig essen Sie Obst & Gemüse ? | ___ Punkte |
| a) nie oder selten (0 Punkte) | |
| b) einmal pro Woche (0 Punkte) | |
| c) 2 bis 4 Mal pro Woche (2 Punkt) | |
| d) fast täglich (3 Punkte) | |
| Wie häufig essen Sie Getreide ? | ___ Punkte |
| a) nie oder selten (0 Punkte) | |
| b) einmal pro Woche (0 Punkte) | |
| c) 2 bis 4 Mal pro Woche (1 Punkt) | |
| d) fast täglich (1 Punkt) | |
| Wie häufig essen Sie Süßwaren ? | ___ Punkte |
| a) nie oder selten (0 Punkte) | |
| b) einmal pro Woche (0 Punkte) | |
| c) 2 bis 4 Mal pro Woche (1 Punkt) | |
| d) fast täglich (1 Punkt) | |
| Wie häufig essen Sie Eier ? | ___ Punkte |
| a) nie oder selten (0 Punkte) | |
| b) einmal pro Woche (0 Punkte) | |
| c) 2 bis 4 Mal pro Woche (1 Punkte) | |
| d) fast täglich (1 Punkt) | |
| Wie häufig nehmen Sie Selen-Präparate ein? | ___ Punkte |
| a) nie oder selten (0 Punkte) | |

| | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| b) einmal pro Woche (1 Punkt) | |
| c) 2 bis 4 Mal pro Woche (3 Punkte) | |
| d) fast täglich (6 Punkte) | |
| Summe: ___ Punkte | |
| Auswertung: | |
| bis 7 Punkte | Marginale Selenversorgung |
| ab 8 Punkte | Empfohlene Selenversorgung |

4.10.1 Validierung des Kurzfragebogens

Der Kurzfragebogen wurde anhand des Fragebogens zum allgemeinen Ernährungsverhalten stellvertretend für jede Probandinnen durchgeführt. Hierbei kam es zu folgenden Ergebnissen:

Tab. 17: Punktzahlen des Kurzfragebogens für alle Probandinnen

| Probandin | Punkte | Messung < 30 µg/d |
|-----------|--------|-------------------|
| 1997-1 | 9 | X |
| 1997-2 | 6 | X |
| 1997-3 | 6 | X |
| 1997-4 | 4 | X |
| 1997-5 | 6 | X |
| 1997-6 | 7 | |
| 1997-7 | 5 | X |
| 2004-8 | 7 | |
| 2004-9 | 7 | X |
| 2004-10 | 4 | X |
| 2004-11 | 4 | |
| 2004-12 | 8 | X |
| 2004-13 | 7 | X |
| 2004-14 | 6 | X |
| 2004-15 | 7 | |
| 2004-16 | 7 | X |
| 2004-17 | 9 | X |
| 2004-18 | 6 | X |

In wieweit die Diagnose einer marginalen Selenversorgung anhand der Messungen (Werte < 30 µg/d) allein durch den Kurzfragebogen bestimmt werden kann, wird im Folgenden untersucht.

Ziel ist es dabei, einen Entscheidungswert (Cut-Off-Wert) für die Punktzahl des Kurzfragebogens zu bestimmen, ab dem statt von einer marginalen von einer ausreichenden Selenversorgung gesprochen werden kann. Anhand der DGE-Empfehlung und der Wertigkeit eines Punkts (1 Punkt entspricht ca. 4 µg/d Selen) wurde zunächst ein Entscheidungswert von 8 Punkten (entspricht ca. 32 µg/d) angesetzt.

Um zu prüfen, zu welcher Diagnosequalität dies führt, wird die Sensitivität (erkannte Marginalversorgung, d. h. Anteil der korrekt als marginal versorgt diagnostizierten Probandinnen zu allen marginal versorgten Probandinnen) und Spezifität (erkannte ausreichende Versorgung, d. h. Anteil der korrekt als ausreichend versorgt diagnostizierten Probandinnen zu allen ausreichend versorgten Probandinnen) für verschiedene Entscheidungswerte bestimmt. Die Farben geben grob in Form von Ampelfarben gute (grün) oder schlechte (rot) Werte wieder, um die Zahlen leichter überblicken zu können.

Tab. 18: Sensitivität und Spezifität verschiedener Cut-Off-Werte

| | Selen [$\mu\text{g}/\text{d}$] | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 |
|--------|----------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-----------|-----------|------|------|------|------|
| | Cut-Off-Wert: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1997 | Sensitivität: | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,33 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | Spezifität: | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Youden-Index: | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,33 | 0,83 | -0,17 | -0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2004 | Sensitivität: | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,13 | 0,38 | 0,75 | 0,88 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | Spezifität: | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,67 | 0,67 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Youden-Index: | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,21 | -0,21 | -0,63 | -0,25 | -0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Gesamt | Sensitivität: | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,21 | 0,57 | 0,79 | 0,86 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | Spezifität: | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,75 | 0,75 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Youden-Index: | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,11 | -0,04 | -0,18 | -0,21 | -0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Ein hoher Youden-Index, der als Sensitivität + Spezifität – 1 definiert ist, dient als Erkennungshilfe für einen sinnvollen Cut-Off-Wert (z. B. 0,83 für 1997) und wird in folgenden ROC-Diagrammen visualisiert für 1997, 2004 und das Gesamtkollektiv:

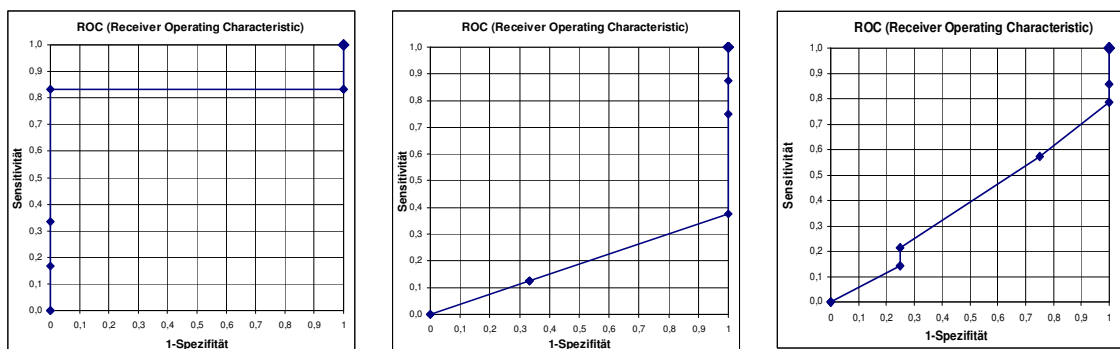


Abb. 48: ROC-Diagramme für Bestimmung des Cut-Off-Wertes für den Kurzfragebogen für 1997, 2004 und das Gesamtkollektiv

Nur für 1997 könnte ein sinnvoller Cut-Off-Wert bestimmt werden. Da die Messungen und Fragebogenschätzung unter bzw. um die Schwelle $30 \mu\text{g}/\text{d}$ herum angesiedelt sind, und das eigene Ernährungsverhalten in einigen Fällen oft überschätzt wird, kann leider kein sinnvoller Cut-Off-Wert bestimmt werden, Deswegen wird an dem Wert 7 festgehalten.

4.10.2 Gegenüberstellung der Erhebungsmethoden

Im Folgenden werden die gemittelten Messungen, gemittelten Schätzungen anhand der Protokolle und die Schätzungen anhand des allgemeinen Fragebogens pro Probandin in den relevanten Klassen „unterhalb der DGE-Empfehlung“, „DGE-Empfehlung“ und „oberhalb der DGE-Empfehlung“ verglichen. Da die Schätzungen kontinuierlich sind, sind Ausreißer nicht ungewöhnlich und zu erwarten, dennoch ist diese Betrachtung im Hinblick auf Abschnitt 3.8 relevant.

Tab. 19: Gegenüberstellung von Wochenmittelwert der Messungen zu Fragebogenschätzung in relevanten Bereichen der Probandinnen je Kollektiv (Matrix)

| | | Messungen | | | |
|------------|-----------------|--------------------|--------------------|----------|----------|
| | | $\mu\text{g/d Se}$ | $\mu\text{g/d Se}$ | [0; 30[| [30; 70[|
| Fragebogen | [0; 30[| 1997 | 5 | 1 | 0 |
| | | 2004 | 6 | 3 | 0 |
| | | Gesamt | 11 | 4 | 0 |
| | [30; 70[| 1997 | 1 | 0 | 0 |
| | | 2004 | 2 | 0 | 0 |
| | | Gesamt | 3 | 0 | 0 |
| | [70; ∞ [| 1997 | 0 | 0 | 0 |
| | | 2004 | 0 | 0 | 0 |
| | | Gesamt | 0 | 0 | 0 |

Für 1997 wird in der überwiegenden Anzahl der Fälle der richtige Bereich getroffen (71,4 %). Für das Kollektiv II von 2004 decken sich die Angaben aus den Fragebögen oftmals nicht mit den gemessenen Werten, welches nur zu einer Trefferquote von 54,5 % führt. Daraus ergibt sich für das Gesamtkollektiv eine Quote von 61,1 %.

Tab. 20: Gegenüberstellung von Wochenmittelwerten der Ernährungsprotokollschätzungen zu Fragebogenschätzung in relevanten Bereichen der Probandinnen je Kollektiv (Matrix)

| | | Ernährungsprotokolle | | | |
|------------|-----------------|----------------------|--------------------|----------|----------|
| | | $\mu\text{g/d Se}$ | $\mu\text{g/d Se}$ | [0; 30[| [30; 70[|
| Fragebogen | [0; 30[| 1997 | 6 | 0 | 0 |
| | | 2004 | 6 | 3 | 0 |
| | | Gesamt | 12 | 3 | 0 |
| | [30; 70[| 1997 | 1 | 0 | 0 |
| | | 2004 | 2 | 0 | 0 |
| | | Gesamt | 3 | 0 | 0 |
| | [70; ∞ [| 1997 | 0 | 0 | 0 |
| | | 2004 | 0 | 0 | 0 |
| | | Gesamt | 0 | 0 | 0 |

Die Ernährungsprotokolle und Fragebögen decken sich im relevanten Bereich in 66,7 % der Fälle. In den Bereichen ganz oben rechts und ganz unten links gibt es keine Treffer, d. h. keine gravierenden Abweichungen.

Tab. 21: Gegenüberstellung von Wochenmittelwert der Messungen zu Fragebogenschätzung in relevanten Bereichen der Probandinnen je Kollektiv (Matrix)

| | | Messungen | | | | |
|------------|-----------------|--------------------|-----------|----------|-----------------|---|
| | | $\mu\text{g/d Se}$ | [0; 30[| [30; 70[| [70; ∞ [| |
| Protokolle | [0; 30[| $\mu\text{g/d Se}$ | 1997 | 6 | 1 | 0 |
| | | 2004 | 7 | 1 | 0 | |
| | | Gesamt | 13 | 2 | 0 | |
| | [30; 70[| $\mu\text{g/d Se}$ | 1997 | 0 | 0 | 0 |
| | | 2004 | 1 | 2 | 0 | |
| | | Gesamt | 1 | 2 | 0 | |
| | [70; ∞ [| $\mu\text{g/d Se}$ | 1997 | 0 | 0 | 0 |
| | | 2004 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Gesamt | 0 | 0 | 0 | |

Die Messungen und Schätzungen auf Basis der Ernährungsprotokolle decken für 2004 in 81,8 % der Fälle, für 1997 gibt es 85,7 %, so dass sich insgesamt 83,3 % ergeben.

5 Diskussion

Seit dem Ende der 50er Jahre zählt Selen zu den essentiellen Spurenelementen, und ein Selenmangel wird mit einer Vielzahl von Krankheiten in Verbindung gebracht (siehe Kapitel 1). Die mittlere Selenaufnahme der deutschen Bevölkerung ist im internationalen Vergleich niedrig und entspricht nicht den Empfehlungen einer optimalen Selenzufuhr (Oster et al., 1992). Die dieser Aussage zugrunde liegenden Untersuchungen liegen aber über 10 Jahre zurück. Mit dieser Untersuchung sollte die Selenaufnahme junger Frauen, einer relevanten Risikogruppe für eine mögliche Selenunterversorgung, aktualisiert werden und geprüft werden, ob durch eine Ernährungsanamnese verlässliche Hinweise darauf gewonnen werden können.

5.1 Untersuchungsverfahren Duplikatstudie

Das gewählte Verfahren der Duplikatstudie ist eine bewährte Methode zur Ermittlung der Nährstoff- und Spurenelementaufnahme (WHO, 1985; Becker, 2002; Jorhem et al., 1989; Marzec, 2004; Wins and Wilhelm, 1996), insbesondere wenn die Aufnahmemengen durch die unterschiedlichen Gehalte in den verschiedenen Lebensmitteln und geographisch Unterschiede anhand von Tabellen nur ungenau bestimmt werden können. Die Stärke einer Duplikatstudie liegt darin, für einzelne Personen oder eine Gruppe vergleichsweise genaue Informationen über deren Spurenelementversorgung zu liefern. Da die Anzahl der Probanden in der Regel wegen des hohen Aufwandes klein ist, sind die Ergebnisse nicht für die Bevölkerung repräsentativ, aber geben wertvolle Hinweise für die untersuchte Zielgruppe (Becker, 2002).

5.2 Erhebung der Lebensmittelduplikatproben

Die Erstellung von Lebensmittelduplikatproben kann eine gewisse Abweichung zum wirklichen Essverhalten aufweisen, da besondere Tage wie Wochenenden oder Urlaubszeiten nicht berücksichtigt wurden. Wegen der langen Speicherdauer von Selen sind diese Zeiten mit zu betrachten. Man kann annehmen, dass das messbare Essverhalten bei einer Sammlung sich bewusst oder unbewusst verschieben kann.

Da Getränke (außer Milch) nicht mitgesammelt wurden, kann eine gewisse Abweichung auftreten. Insbesondere Bier kann bis zu 0,190 µg/g enthalten (DGH, 2008), Wein oder Wasser haben i. d. R. einen vernachlässigbaren Selengehalt (z. B. Fruchtsaftgetränk enthält nur 0,0005 µg/g; Bach et al., 1990). Bei konservativ angenommenen 5,5 %

Selen-Aufnahme durch Getränke und Suppen nach Oster et al., 1988, würden sich die Ergebnisse von 23,9 µg/d Se auf 25,3 µg/d Se erhöhen. Es deutet in den Ernährungsprotokollen der vorliegenden Kollektive nichts auf größere Aufnahmen von selenhaltigen Getränken hin. Die grundsätzliche Aussage wird somit nicht verfälscht. Zudem ist anzunehmen, dass in der Schwangerschaft und Stillzeit wenig Bier (ggf. nur Malzbier) konsumiert wird.

5.3 Messung der Lebensmittelduplikatproben

Die aus Kostengründen bei der Messmethode eingesetzte Selen-HKL ergibt zwar eine geringfügig größere untere Bestimmungsgrenze als in Wilhelm et al., 2003, welches die Messergebnisse aber nicht wesentlich beeinflusst. Dies haben die erfolgreichen Messungen der Blind- und Referenzwerte gezeigt (vgl. 3.3.3).

5.4 Qualitative Bewertung der Messergebnisse

Getränke (außer Milch) wurden nicht gesammelt, da diese nahezu kein Selen enthalten und deswegen die Messergebnisse nicht beeinflussen sollten (siehe 5.2).

Die Kollektive aus dem Jahr 1997 (I) und 2004 (II) unterscheiden sich im Lebensalter und Körpergröße kaum (vgl. 4.1.1, 4.1.2). Unterschiede bestehen jedoch beim Gewicht bzw. BMI, hier hat Kollektiv I mehr Probandinnen oberhalb der Normalgewichtsgrenze und keine Probandin an der unteren Normalgewichtsgrenze (siehe 4.1.4 bzw. 4.1.3).

Unterschiede bestehen in der täglich aufgenommenen Nahrungs- und Selenmenge der Probandinnen.

Das Kollektiv II von 2004 nahm höhere Frischmassenmengen zu sich (siehe 4.2.1), die jedoch geringfügig feuchter waren (siehe 4.2.3). In Summe ist die Trockenmasse von Kollektiv II geringfügig höher (vgl. Abb. 13). Durch Analyse der Probenbestandteile auf Basis der Ernährungsprotokolle kann man bei dem Kollektiv I sehen, dass mehr Milchprodukte, aber weniger Gemüse, Fleisch, Süßigkeiten und Fisch konsumiert wurden als bei Kollektiv II (vgl. Abb. 26 und Abb. 27).

Die höhere absolute Selenaufnahme pro Tag (siehe Abb. 21) von Kollektiv II zu Kollektiv I ist nur zum Teil auf die größere Frischmassenmenge zurückzuführen. Kollektiv II hat zudem einen höheren Selengehalt pro Kilogramm Frischmasse (siehe Abb. 17)

bzw. pro Kilogramm Trockenmasse (siehe Abb. 19). Letzteres ist im Wesentlichen auf die erwähnten größeren Anteile von Fleisch und Fisch zurückzuführen (vgl. 4.6.2).

Das Kollektiv I schneidet bezüglich der Selenversorgung noch schlechter ab, wenn man die Selenaufnahme auf das Körpergewicht der Probandinnen bezieht. Da wie bereits erwähnt bei Kollektiv I das Körpergewicht eher höher ist, stellt sich die körpergewichtsbezogene Selenaufnahme pro Tag schlechter dar als die reine „Personengröße“. Dies wird in Abb. 21 und Abb. 23 sichtbar. Der auf die Probandinnen bezogene Mittelwert zeigt, dass nur drei der Probandinnen im Bereich der von der DGE empfohlenen mittleren Aufnahmerate liegen. Auf das Körpergewicht bezogen sieht die Situation schlechter aus, da keine Probandin und nur 2 der 104 Proben die US NRC-Empfehlung erreichen (siehe Abb. 23).

Zusammengefasst kann man sagen, dass Kollektiv II durch eine höhere und zudem selenhaltigere Nahrungsaufnahme bei geringerem Körpergewicht geringfügig besser aber dennoch suboptimal versorgt ist.

Der geringe positive zeitliche Trend der Selenaufnahme ist durch leicht verändertes Essverhalten der Kollektive erklärbar. Neben der erhöhten Menge gibt es eine leichte Verschiebung innerhalb der Nahrungsmittelkategorien (vgl. Abb. 26 und Abb. 27).

In Abb. 44 werden Schätzungen und Messungen gegenübergestellt. Man sieht, dass 1997 minimal mehr gemessen als geschätzt wurde und 2004 umgekehrt. Dies könnte auf einen sehr geringen Trend zu abnehmenden Selengehalten pro Nahrungsmittelkategorie hindeuten, welcher aber nicht signifikant ist. Umgekehrt kann eine signifikante Erhöhung des Selengehaltes pro Nahrungsmittelkategorie eher ausgeschlossen werden.

5.5 Vergleich mit empfohlenen Werten

Im Folgenden sind die aus der Messung resultierenden Ergebnisse aus Abschnitt 4.4 (siehe auch Abb. 21 und Abb. 23) übersichtlich dargestellt.

Von der DGE wird ein (personenbezogener) Tagesbedarf für Selen von 30 – 70 µg/d empfohlen. Dies wird nur von 12 von 49 Proben von Kollektiv I (24,5 %) und von 19 von 55 Proben von Kollektiv II erreicht bzw. übertroffen (34,5 %) (siehe Abb. 21). Bei Betrachtung der Mittelwerte aller Proben einer Probandin werden die empfohlenen Zufuhrmengen nur bei einer von 7 bei Kollektiv I (14,3 %) hingegen bei 3 von 11 bei Kollektiv II in 2004 (27,3 %) erreicht (siehe Abb. 21; vgl. Abb. 47).

Vom US NRC wird für Schwangere und Stillende ein höherer Wert empfohlen (siehe Tabellen in 5.6). Wenn man die Ergebnisse mit einem gewichtsbezogener Tagesbedarf für Selen von ca. $1,0 \mu\text{g}/(\text{kg}_{\text{KG}} \cdot \text{d})$ vergleicht, erreicht nur eine 1 von 49 Proben von Kollektiv I (2,0 %) und 1 von 55 Proben von Kollektiv II (1,8 %) diesen Wert (siehe Abb. 23). Betrachtet man die Mittelwerte aller Proben einer Probandin erreicht keine Probandin die Empfehlung des US NRC (siehe Abb. 23).

Hier zeigt sich erneut, dass Kollektiv I bei gewichtsbezogener Selenversorgung ungünstig abschneidet.

Tab. 22: Übersicht über Selenaufnahmen der Kollektive

| | personenbezogen $\mu\text{g}/\text{d Se}$ | | | | gewichtsbezogen $\mu\text{g}/(\text{kg}_{\text{KG}} \cdot \text{d}) \text{ Se}$ | | | |
|----------------------------|--|--------|------|------------|--|--------|------|------------|
| | Min | Median | Max | Mittelwert | Min | Median | Max | Mittelwert |
| Kollektiv I (1997) | 12,4 | 17,8 | 42,4 | 21,4 | 0,19 | 0,26 | 0,45 | 0,29 |
| Kollektiv II (2004) | 12,9 | 25,3 | 42,4 | 25,5 | 0,22 | 0,41 | 0,66 | 0,39 |
| Gesamt | 12,4 | 23,2 | 42,4 | 23,9 | 0,19 | 0,35 | 0,66 | 0,36 |

Tab. 23: Übersicht über Deckung der Proben mit DGE- und US NRC-Empfehlung

| Empfehlung | Bezugsgröße | Kollektiv I (1997) | Kollektiv II (2004) |
|---|---------------------------|-----------------------|------------------------|
| DGE (pro Person) | Einzelmessungen | 24,5 % | 34,5 % |
| | Mittelwerte pro Probandin | 14,3 % | 27,3 % |
| US NRC (pro kg_{KG}) | Einzelmessungen | 2,0 % | 1,8 % |
| | Mittelwerte pro Probandin | 0 % | 0 % |

Es zeigt sich, dass die Selenaufnahme der Probandinnen beider Kollektiv I sehr niedrig ist und zum überwiegenden Anteil unterhalb des empfohlenen Bereiches der DGE und des US NRC liegt. Zieht man jedoch die gewichtsbezogene US NRC-Empfehlung heran, wird der empfohlene Wert nicht erreicht.

Die Empfehlung der DGE und des US NRC sind letztendlich Schätzwerte für eine angemessene Zufuhr. Die US NRC-Empfehlung gibt leider keinen Bereich vor, der eine Bewertung erleichtern würde. Auf der anderen Seite scheint eine gewichtsbezogene Vorgabe besser als eine absolute Empfehlung zu sein, auch wenn diese besser handhabbar ist. Bei der Umrechnung wurden hier die i. d. R. höheren Gewichte der Probandinnen (im Schnitt $67,3 \text{ kg}$) und nicht der üblicherweise genutzte Standardwert von 55 kg verwendet.

5.6 Vergleich mit Daten aus der Literatur

Aktuelle Daten zur Selenaufnahme junger Frauen liegen für die Bundesrepublik nicht vor. Diese Lücke wird versucht, mit der Arbeit zu schließen. Im Folgenden werden die gewonnenen Ergebnisse Werten aus der Literatur gegenübergestellt. Daten zu toxischen Aufnahmemengen $> 700 \mu\text{g/d Se}$ sind in Abschnitt 12 im Detail vorgestellt worden.

Für die betrachtete Gruppe von Frauen im gebärfähigen Alter gibt es kaum vergleichbare Daten für Deutschland. Anke et al. (1999) untersuchte sowohl männliche als auch weibliche Probanden mit einer größeren Altersspannbreite (bis 70 Jahre). Es ist anzunehmen, dass diese Gruppe das typische Essverhalten von jungen Frauen nicht vollständig abdeckt.

Im Vergleich zu anderen Untersuchungen fallen die Ergebnisse eher niedrig aus, welche vermutlich durch Produkte der Region Norddeutschland und vor allem das Essverhalten von jungen Frauen bedingt sind. Die Ernährungsprotokolle und die Menge der verzehrten Frischmasse weisen darauf hin, dass eher geringe Nahrungsmittelmengen konsumiert wurden, die zudem eher selenärmere Nahrungsmittelkategorien aufweisen (wenig Fleisch oder Fisch). Dies führt vermutlich zu einer im Vergleich zu anderen Regionen oder Personengruppen geringeren Selenaufnahme. Ähnliche Ergebnisse liegen aus Schweden vor, wo für strikte Vegetarierinnen noch geringere Selenaufnahmemengen ermittelt wurden (Abdullah et al., 1981).

Theoretisch war im Hinblick auf den globalen Warenaustausch (insbesondere die Einfuhr selenreicher Getreide aus Amerika, die in anderen Ländern erfolgte Selenanreicherung des Kunstdüngers und die Supplementierung des Tierfutters) vor Beginn der Arbeit angenommen worden, dass die Selenaufnahmemengen gegenüber früheren Untersuchungen höher ausfallen würden. Dies ist nicht der Fall und deckt sich mit früheren Studien aus Dänemark (Larsen et al., 2002) die für die Zeit von 1983 bis 1992 keine Veränderung beobachtet haben. Eine ähnliche Studie wurde mit der gleichen Methode in Norddeutschland (allerdings auf einer Insel) mit Kleinkindern durchgeführt (Wilhelm et al., 2003).

Tab. 24: Empfehlung zur Selenaufnahme und Vergleichswerte (Wittsiepe et al., 2009)

| Land | Jahr | Art der Studie | Alter [Jahr] | Selenaufnahme [$\mu\text{g}/\text{d}$] | | Literatur |
|--------------------|--------------------------------------|---|--------------------|--|--|---------------------------------|
| | | | | Arithmetisches Mittel \pm Standardabweichung | Bereich | |
| Deutschland (Nord) | 1997 2004 | Duplikatmethode | 24 – 35 22 – 40 | 21,4 \pm 10,6 25,5 \pm 9,1 | 12,4 – 42,4 12,9 – 42,4 | Diese Arbeit |
| Deutschland | 1996 | Duplikatmethode | 20 – 70 | 30 \pm 16 (weiblich) 42 \pm 26 (männlich) | | (Anke, 1999) |
| Deutschland (West) | 1987 | Warenkorbproben | | 38,7 (weiblich) 46,0 (männlich) | | (Oster, 1989) |
| Österreich | — | Duplikatmethode | — | 35,5 | <10 – 118 | (Pfannhauser, 1992) |
| Belgien | 1992 | Duplikatmethode | — | 47,1 \pm 13,2 45,3 \pm 17,2 61,1 \pm 19,5 28,4 \pm 11,4 | 33,4 – 62,8 27,9 – 76,3 36,6 – 95,4 18,2 – 49,3 | (Robberecht, 1994) |
| Kroatien | 1996 | Duplikatmethode | 18 – 53 | 27,3 24,8 (weiblich) 32,2 (männlich) | | (Klapek, 1998) |
| Dänemark | 1983-87 1988-92 1993-97 | Warenkorbprobe | — | 51 49 48 | | (Larsen, 2002) |
| Finnland | 1984 | Ernährungsprotokolle | 55 – 69 | 42,5 \pm 12,3 | | (Ovaskainen, 1993) |
| Frankreich | 1992 | Duplikatmethode | 25 – 35 | 48 \pm 3 | 16-134 | (Pelus, 1994) |
| Griechenland | 2004/05 | Warenkorbprobe | — | 39,3 | | (Pappa, 2006) |
| Italien | — | Fertiggerichte Warenkorbproben | — | 50,9 \pm 29,8 45,0 \pm 30,8 | | (Amodio-Cocchieri, 1995) |
| Norwegen | — | Duplikatmethode | | 60 \pm 17 | | (Meltzer, 1990) |
| Polen | — | Schätzung anhand von Biomonitoring-Daten | — | | 30 – 40 | (Wasowicz, 2003) |
| Polen | 1990 1993 1997 1998 2002 | Duplikatmethode | 20 – 55 | 75 \pm 21 (weiblich) 99 \pm 30 (männlich) 69 \pm 19 (weiblich) 91 \pm 30 (männlich) 60 \pm 15 (weiblich) 73 \pm 21 (männlich) 56 \pm 14 (weiblich) 70 \pm 24 (männlich) 54 \pm 17 (weiblich) 66 \pm 19 (männlich) | 41 – 132 64 – 195 38 – 107 52 – 173 31 – 82 44 – 105 33 – 77 40 – 121 24 – 77 32 – 93 | (Marzec, 2004) |
| Spanien | 1990-5 ? | Warenkorbproben | | 50,81 15,78 (Fisch) 15,38 (Getreide) 1,21 (Gemüse) 18,47 (Fleisch) | | (Diaz-Alarcon, 1996a und 1996b) |
| Schweden | 1987 | Warenkorbproben | | 44 (analysiert) 38 (berechnet) | | (Becker, 1991) |
| Schweden | 1988 | Duplikatmethode | 27– 46 | 37 | 21 – 77 | (Jorhem, 1998) |
| Großbritannien | 1993/94 | Warenkorbproben | — | 34 | | (Barclay, 1995) |

| Land | Jahr | Art der Studie | Alter [Jahr] | Selenaufnahme [$\mu\text{g}/\text{d}$] | | Literatur |
|------|------|----------------|--------------|--|---------|-------------|
| | | | | Arithmetisches Mittel \pm Standardabweichung | Bereich | |
| | 2000 | Empfehlung | | 30 – 70 | | (DGE, 2000) |
| | 2000 | Empfehlung | | 30 – 70 (schwanger) | | (DGE, 2000) |
| | 2000 | Empfehlung | | 55 (weiblich) * | | (NRC, 2000) |
| | 2000 | Empfehlung | | 60 (schwanger) | | (NRC, 2000) |
| | 2000 | Empfehlung | | 70 (stillend) | | (NRC, 2000) |

*basiert auf körpergewichtsbezogenen Wert von $1 \mu\text{g}/(\text{d} \cdot \text{kg})$ mit 55 kg Durchschnittsgewicht pro Frau

5.7 Medizinische Bewertung

Insgesamt muss die Selenaufnahme beider Kollektive vor allem im Hinblick auf eine Schwangerschaft und Stillzeit als suboptimal eingestuft werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit (vgl. Tabelle in Abschnitt 5.6) weisen auf eine deutlich niedrigere Selenaufnahme hin, die insbesondere die Empfehlungen der DGE und des US NRC im Falle einer Schwangerschaft oder Stillzeit nicht ausreichend erreicht (siehe 1.3). Diese Ergebnisse sind besonders für die Gesundheit während Schwangerschaft und Stillzeit und die Entwicklung von Neugeborenen relevant, wenn die Mutter ihre Ernährung nicht gezielt den besonderen Bedürfnissen anpasst.

Aufgrund der fehlenden Langzeiterfahrungen und Gefahr einer Überdosierung aufgrund der geringen therapeutischen Breite von Selen (siehe 1.2), wäre eine ausgewogene Mischkost (Fleisch, Fisch, Eier, Vollkornprodukte, Nüsse, Hülsenfrüchte) einer allgemeinen Einnahme von selenhaltigen Nahrungsergänzungsmitteln vorzuziehen.

Aufgrund mangelnden Erkenntnismaterials bezüglich der Wirksamkeit von Selen im als ungefährlich eingestuften Bereich (siehe 1.1 bzw. 1.2), wird der Einsatz von Selen zur Prophylaxe oder Behandlung unterschiedlicher Krankheitsbilder weder empfohlen noch abgelehnt (RKI, 2006). Selenpräparate zur Nahrungsergänzung sollten nur bei Risikogruppen (Schwangeren, Stillenden, Frühgeborene, reine Vegetarier (Veganer), extrem einseitige Ernährung (z. B. Alkoholikern) und bei Patienten mit Resorptionsstörungen sowie krankheitsbedingtem Selenverlust) eingesetzt werden.

Unter den Probandinnen war eine Vegetarierin (2004-10), die im Vergleich zu den anderen Probandinnen im Kollektiv sehr geringe Mengen Selen aufnahm (siehe Abb. 47), die höchsten Aufnahmeraten wies eine omnivore Teilnehmerin auf, die regelmäßig Fleisch verzehrte.

Auch wenn ein allgemeiner Selenmangel bei den beiden Kollektiven nicht vorliegt und die Probandinnen allesamt gesund waren und keine Mangelercheinungen aufwiesen, sollte bei Risikogruppen der Selenstatus bestimmt werden. Das beste Verfahren wäre, Selen im Serum mittels Human-Biomonitoring zu bestimmen (UBA Kommission HBM 2002). Das Robert-Koch-Institut empfiehlt weiter, einen diagnostizierten subnormalen Selenstatus zu beheben (siehe 1.5.3; RKI, 2006).

Es liegt für Arzt oder auch Patient nahe, selbst im Vorfeld einer Labordiagnostik zu versuchen, Hinweise auf eine marginale Selenversorgung durch eine gezielte Ernährungsanamnese zu gewinnen.

5.8 Bewertung und weitere Verwendung der Schätzwerte

Ergebnisse dieser Arbeit sind neben den Messungen der Proben die Mengenverteilung und Selengehalte je Lebensmittelkategorie des betrachteten Kollektivs und der daraus entwickelte Kurzfragebogen zur Bestimmung der Selenaufnahme.

5.8.1 Mittlere Selengehalte je Lebensmittelkategorie und Mengen

In der Literatur finden sich Angaben zum Selengehalt von vielen Lebensmitteln, die zusammengetragen, umgerechnet und zudem für spätere Vergleichszwecke kategorisiert wurden (z. B. Souci et al., 2007). Als Basis für eine pragmatische Schätzung anhand von Ernährungsprotokollen fehlt aber oft eine präzise Auflistung der einzelnen Nahrungsmittel mit deren genauer Menge, da diese meist von den Probandinnen geschätzt werden muss. Zudem gibt es in der Literatur nicht für alle Nahrungsmittel Messwerte (insbesondere häufig verzehrte Mischnahrungsmittel wie Pizza, Eintopf oder Süßigkeiten).

Wie in 3.4 bereits ausgeführt, gibt es viele Ungenauigkeiten bei der Lebensmittelkategorie, deren konkreten Selengehalt, der genauen Menge, Verständnis, Fähigkeit, Disziplin oder Ehrlichkeit der Protokollierung der Nahrungsmittel. Hinzu kommen gewisse unvermeidliche Ungenauigkeiten beim Sammeln, Aufbereiten und Messen der Proben.

Da all diese Ungenauigkeiten statistisch unabhängig sind, wurde der in Abschnitt 3.5.2 beschriebene Ansatz angewandt. Dieser sollte eine normalverteilte Abweichung von Schätzung und wahren Wert mit moderater Standardabweichung ergeben. Zwischen Schätzung und Messung wird dies erreicht (vgl. Abb. 46).

Um die Standardabweichung und den Aufwand für die Auswertung in zukünftigen Auswertungen weiter zu reduzieren, sollten Ernährungsprotokolle weiter formalisiert werden und Mengenabgaben mit einer Waage bestimmt werden.

Deswegen wurden Werte allein auf Basis der gemessenen Gesamtgehalte an Selen und der protokollierten und zentral plausibilisierten Einzelmengen je Nahrungsmittelkategorie auf Basis eines mathematischen Modells und einer darauf aufsetzenden mathematischen Optimierung bestimmt (siehe 3.5.2 und 4.6). Das Ergebnis wurde anhand der Bandbreite der typischen Einzelnahrungsmittel validiert (siehe 4.6.2).

| Selengehalt in Frischmasse in $\mu\text{g/g}$ (bzw. μg pro Anzahl) | | | | | | | |
|--|----------------|----------------------------|-------------|------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| Fisch | Fleisch | Milch- produkte | Fett | Obst & Gemüse | Getreide | Süßwaren | Eier [Anzahl] |
| 0,137 | 0,092 | 0,007 | 0,000 | 0,016 | 0,030 | 0,047 | 4,56 |

5.8.2 Bewertung und weitere Verwendung der Schätzwerte

In den ermittelten Selengehalten der Lebensmittelkategorien ist implizit das typische Mischverhältnis der Einzelnahrungsmittel und die typische Schätzungenauigkeit der Probandinnen in Bezug auf Menge und Lebensmittelart enthalten. Diese auf den ersten Blick als Schwäche interpretierbare Eigenschaft ist für den gegebenen Kontext eine Stärke. Bei einem klassischen Vorgehen müssten die implizit enthaltenen Annahmen künstlich hinzugefügt werden und würden entweder auf beliebigen Annahmen oder weiteren empirischen Befragungen beruhen. Durch die hier vorgestellten integrierten Ergebnisse können trotz eines einfachen Modells Ergebnisse erzielt werden, die eine den Rahmenbedingungen entsprechende sehr gute Ergebnisqualität haben.

Wenn man zukünftig Ernährungsprotokolle von vergleichbaren Probanden hat, kann man mit den ermittelten Selengehalten pro Nahrungsmittelkategorie (siehe Tabelle oben) aufwandsarm Schätzungen vornehmen, die in vielen Fällen ausreichend gute Qualität haben (hier stimmig in 80 % der Fälle, vgl. Abschnitt 4.10.2). Hierbei sind Mengen am Besten mit einer Waage und Nahrungsmitteltypen möglichst genau aufzuschreiben, da bei Fleisch und Fisch oftmals eine hohe Bandbreite vorliegt. Eine Sensibilisierung auf besonders selenhaltige Lebensmittel könnte helfen, die Fragebögen genauer zu machen, jedoch gleichzeitig das Essverhalten bereits beeinflussen. Insbesondere sollte das ggf. stark unterschiedliche Essverhalten an Werktagen und Wochenenden oder im Urlaub berücksichtigt werden. Da zu solchen Zeiten das Sammeln von Lebensmittelduplikatproben schwierig ist, sind diese oft ausgeklammert.

Die Übereinstimmung des Fragebogens zum allgemeinen Ernährungsverhalten mit den Messungen traf bei nur 60 % der Probandinnen zu (vgl. Abschnitt 4.10.2). Dies gilt sowohl für die Messungen als auch für die täglichen Ernährungsprotokolle. So kann man davon ausgehen, dass das allgemeine Essverhalten nur bedingt abfragbar ist und zudem viele Probandinnen unbewusst oder bewusst Ihr allgemeines Essverhalten (in Bezug auf die Selenaufnahme) besser bewerten, als dies anhand der konkreten Messungen und täglichen Ernährungsprotokollen gegeben war. Eine geringere Punkteschwelle würde zwar mehr geringere Selenaufnahmen aufdecken, aber auch zu einer größeren Fehlerquote bei ausreichend versorgten Probandinnen führen.

Der Fragebogen hilft jedoch, für das Thema Selenversorgung zu sensibilisieren und eine ausgewogene Ernährung mit Fleisch und Fisch zu bewerben sowie eine verbesserte Nahrungsaufnahme anzustreben. Bei Probandinnen mit sehr geringen Fragebogenwerten könnte man weitere Rückfragen oder Untersuchungen (z. B. des Serums) vornehmen.

5.9 Ausblick

Die Hinweise, dass ein suboptimaler Selenstatus das Auftreten von Krankheiten begünstigt und ein ausgewogener Selenstatus vor oxidativen Zellschäden schützt, sind gute Gründe, einen suboptimalen Selenstatus frühzeitig und zuverlässig festzustellen.

Folgende aus dieser Arbeit resultierende Ansätze können genutzt werden:

- Der in dieser Arbeit entwickelte selbsterklärende Kurzfragebogen (Seite 76), gibt jungen Frauen die Möglichkeit, ihre Ernährungsgewohnheiten intrinsisch motiviert und konfrontationsfrei zu prüfen. Er hilft aber auch dem Arzt, eine mögliche Marginalversorgung mit Selen bereits im Rahmen der Anamnese zu vermuten, um auf der Basis dieser Vorselektion weitere Untersuchungen einzuleiten und ggf. eine Supplementierung zu veranlassen. Vorteile gegenüber genaueren Messungen sind die einfache und schnelle Durchführbarkeit und die geringen Kosten zu Lasten der Genauigkeit. Eine echte Selenunterversorgung sollte der Test bei ehrlicher Anwendung auf jeden Fall detektieren.
- Die genaueste Methode zur Bestimmung der Selenaufnahme ist die Erstellung und Messung von Lebensmittelduplikatproben, da Unterschiede in der genauen Zusammensetzung und Herkunft der Nahrung zu Schwankungen führen, die im Rahmen einer Schätzung nicht berücksichtigt werden können. Allerdings kann

nur bedingt vom Selengehalt in der Nahrung auf die Selenversorgung der Probandin geschlossen werden. Dies liegt an Aspekten wie Bioverfügbarkeit (siehe 1.5.1), Speicherung im Körper (siehe 1.5.3) und schwankendem Essverhalten (z. B. Wochenenden, Urlaub, etc.). Um genaue Angaben über den aktuellen Selenstatus zu erhalten und die Langzeitversorgung zu untersuchen, ist das Humanbiomonitoring als ideales, moderat aufwendiges Mittel indiziert.

- Die verwendeten Verfahren in Kapitel 4.7, 4.8 und 4.10 sind geeignet, um Informationen zu gewinnen, die ohne zusätzliche Proben und Messungen sonst nicht erlangt werden können. Dies sind die Schätzung des mittleren Selengehaltes pro Lebensmittelkategorie (siehe 5.8), das Konzept der Schätzung anhand von Ernährungsprotokollen (siehe 3.6) und die Diagnose anhand von Kurzfragebögen (siehe 4.10).

6 Zusammenfassung

Die Arbeit bestätigt, dass die empfohlenen täglichen Aufnahmemengen des Spurenelements Selen im betrachteten Kollektiv von Frauen im gebärfähigen Alter in Norddeutschland selten erreicht wird. Hieraus kann jedoch nicht automatisch eine Selenunterversorgung abgeleitet werden, weswegen in ausgewählten Fällen weitere Untersuchungen indiziert sind.

Um die Erkennung einer möglichen Selenunterversorgung möglichst schnell und kostengünstig auf relevante Personen einzugrenzen, wurde ein Kurzfragebogen zur Bestimmung der täglichen Selenaufnahme anhand allgemeiner Fragen zum Ernährungsverhalten entwickelt.

Hierbei entstanden als Arbeitsergebnisse Auswertungen zu typischen Aufnahmemengen und Selengehalten von kategorisierten Lebensmitteln. Diese können in weiteren Arbeiten als Basis eingesetzt werden, wenn die Rahmenbedingungen vergleichbar sind. Die eingesetzte Methode – Messwerte mit Zusatzwissen auf Basis eines mathematischen Optimierungsmodells in Bestandteile aufzuteilen – wird ebenfalls für die Auswertung von ähnlichen Fragestellungen empfohlen.

7 Literaturverzeichnis

- Abdulla, M., Andersson, I., Asp, N. G., Berthelsen, K., Birkhed, D., Dencker, I., Johansson, C. G., Jagerstad, M., Kolar, K., Nair, B. M., Nilsson-Ehle, P., Norden A., Rassner, S., Akesson, B., Ockerman, P. A. (1981). Nutrient intake and health status of vegans. Chemical analyses of diets using the duplicate portion sampling technique. *Am. J. Clin. Nutr.* **34** (11), 2464-77
- Åkesson, B., Srikumar, T. S. (1994). Occurrence of low-molecular-weight and high-molecular-weight selenium compounds in fish. *Food Chem.* **51**, 45-49
- Amodio-Cocchieri, R., Arnese, A., Roncioni, A., Silvestri, G. (1995). Evaluation of the selenium content of the traditional Italian diet. *Int. J. Food Sci. Nutr.* **46**, 149-54
- Anke, M., Gleis, M., Dorn, W., Müller, R., Vormann, J., Müller, M., Jahritz, M., Seifert, M., Holzinger, S., Drobner, S., Rohrig, B., Rother, C., Angelow, L., Latunde-Dada, G. O. (1999). Trace element intake and balance in adults in Central Europe. Trace Elements in Man and Animals 10, Proceedings of the International Symposium on Trace Elements in Man and Animals, 10th, Evian, France. **2000**, 209-14
- Anke, M., Drobner, C., Röhrig, B., Schäfer, U. and Müller, R. (2002). Der Selenbestand der Flora und der Selengehalt pflanzlicher und tierischer Lebensmittel Deutschlands. *Ern. Forsch.* **47**, 67-79
- Aro, A., Alfthan, G., Varo, P. (1995). Effects of supplementation of fertilizers on human selenium status in Finland. *Analyst* **120**, 841-843
- Arthur, J. R. (2000). The glutathione peroxidases. *Cell. Mol. Life Sci.* **57**, 1825-35
- Arthur, J. R., McKenzie, R. C., Beckett, G. J. (2003). Selenium in the immune system. Review. *J. Nutr.* **133** (5 Suppl. 1), 1457S-1459S
- Bach, K.; Haas, H. J.; Mathieu, A. (1990). Die Bestimmung des Selens in Nahrungsmitteln. *VitaMinSpur.* **5**, 161-166
- Bähr, K., Dreher, I., Köhrle, J. (1999). Selensupplementation durch Selenhefe und Natriumselenit: Analyse des Selenstatus sowie Risiken des Mangels und der Intoxikation. *J. Lab. Med.* **23**, 594-599
- Barceloux, D. G. (1999). Selenium. *Clin. Toxicol.* **37**, 145-172
- Barclay, M. N. I., Macpherson, A. (1992). Selenium content of wheat for bread making in Scotland and the relationship between glutathione peroxidase (EC 1.11.1.9) levels in whole blood and bread consumption, *Br. J. Nutr.* **68**, 261-270
- Barclay, M. N. I., MacPherson, A., Dixon, J. (1995). Selenium content of a range of UK foods. *J. Food Comp. Anal.* **8**, 307-318
- Beck, M. A., Levander, O. A., Handy, J. (2003). Selenium Deficiency and Viral Infection. *J. Nutr.* **133**, 1463S-1467S
- Becker, W., Kumpulainen, J. (1991). Contents of essential and toxic mineral elements in Swedish market-basket diets in 1987. *Br. J. Nutr.* **66**, 151-160

- Becker, W. (2002). Total Diet Studies-Examples from Sweden. *J. Food Comp. Anal.* **13**, 545-549
- Biesalski, H., Berger, M., Brätter, P., Brigelius-Flohe, R., Fürst, P., Köhrle, J., Oster, O., Shenkin, A., Viell, B., Wendel, A. (1997). Kenntnisstand Selen-Ergebnisse des Hohenheimer Konsensusmeetings. *Akt. Ernähr. Med.* **22**
- Brätter, P., Brätter, N., Gwlik, D. (1993). Selenium in human monitors related to the regional dietary intake levels in Venezuela. *J. Trace Elem. Elect. Health Dis.* **7**, 111-112
- Brätter, P., Negretti de Brätter, V. E. (1996). Influence of high dietary selenium intake on the thyroid hormone level in human serum. *J. Trace Elem. Med. Biol.* **10**, 163-166
- Brätter, P., Negretti de Brätter, V. E., Recknagel, S., Brunetto, R. (1997). Maternal selenium status influences the concentration and binding pattern of zinc in human milk. *J. Trace Elem. Med. Biol.* **11**, 203-209
- Brigelius-Flohé, R., Maiorino, M., Ursini, F., Flohé, L. (2001). Selenium: an antioxidant? In: *Handbook of Antioxidants*. Sec. Ed., rev. & exp. Cadenas, E., Packer, L. (Eds.), Marcel Dekker, Inc., New York, Basel
- Broadley, M. R., White, P. J., Bryson, R. J., Meacham, M. C., Bowen, H. C., Johnson, S. E., Hawkesford, M. J., McGrath, S. P., Zhao, F. J., Breward, N., Harriman M., Tucker, M. (2006). Biofortification of UK food crops with selenium. *Proceedings of the Nutrition Society* **65** (2), 169-181
- Brown, K. M., Arthur, J. R. (2001). Selenium, selenoproteins and human health: a review. *Public Health Nutr.* **4**, 593-599
- Brüggemann, J., Kumpulainen, J. (1995). Status of trace elements in staple foods, II. Some effects of cereal and potato processing; *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* **201**, 7-11
- Brüggemann J., Kumpulainen, J. (1996). Mengen- und Spurenelemente in Getreide, Mehl und Brot aus der Bundesrepublik Deutschland 1989-1993. *Mengen- und Spurenelem.* **16**, 461-475
- BfR (2004). Bundesinstitut für Risikobewertung. Selenverbindungen in Nahrungsergänzungsmitteln. Stellungnahme Nr.015/2005 des BfR vom 17.12.2004. (Zugriff vom 15.03.2009). http://www.bfr.bund.de/cm/208/selenverbindungen_in_nahrungsergaenzungsmitteln.pdf
- Burke, M. P., Opeskin, K. (2002). Fulminant heart failure due to selenium deficiency cardiomyopathy (Keshan disease). *Med. Sci. Law* **42**, 10-13
- Combs, G. F., Combs, S. B. (1986). *The role of selenium in nutrition*. Orlando, Florida. Academic Press, pp. 98-107, 347-67
- Daniels, L. A. (1996). Selenium metabolism and bioavailability. *Biol. Trace Elem. Res.* **54**, 185-199
- Derbyshire, E., Davies, G. J., Costarelli, V., Dettmar, P. W. (2009). Habitual micro-nutrient intake during and after pregnancy in Caucasian Londoners. *Matern Child Nutr.* **5** (1), 1-9

- DePalo, D., Kinlaw, W. B., Zhao, C., Engelberg-Kulka, H., St. German, D. L. (1994). Effect of selenium deficiency on type I 5'-deiodinase. *J. Biol. Chem.* **269** (23), 16223-16228
- DGE (2000). Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 1. Aufl., Umschau Braus GmbH, Frankfurt/Main
- DGH (2008). Selengehalt in Lebensmitteln, 03.2008 (basiert auf GU-Nährwertkalorientabelle, 2006/2007 von Elmadfa, Aign, Muskat, Fritzsche), Deutsche Gesundheitshilfe e. V. (Zugriff vom 15.03.2009). <http://download.gesundheitshilfe.de/evi00710.pdf>
- DGK (2008). Selen, Selengehalt ausgesuchter Lebensmittel, Deutsches Grünes Kreuz e. V. (Zugriff vom 15.03.2009). [http://dggk.de/no_cache/gesundheit/mikronaehrstoffe/lexikon/mineralien/spurenelemente/selen.html?sword_list\[0\]=selen oder Home/Gesundheitsthemen/Mikronaehrstoffe/Lexikon/Mineralien/Spurenelemente/Selen](http://dggk.de/no_cache/gesundheit/mikronaehrstoffe/lexikon/mineralien/spurenelemente/selen.html?sword_list[0]=selen%20oder%20Home/Gesundheitsthemen/Mikronaehrstoffe/Lexikon/Mineralien/Spurenelemente/Selen)
- Dickerson, O. B., Smith, T. H. (1994). Selenium, tellurium, and osmium, *Occupational Medicine*, 3. Ausgabe, St. Louis
- Diaz-Alarcon, J. P., Navarro, M., López, H., López, M. C. (1996a). Determination of selenium in meat products by hydride generation atomic absorption spectrometry: Se levels in meat, organ meat, and sausages in Spain. *J. Agric. Food Chem.* **44**, 1494-7
- Diaz-Alarcon, J. P., Navarro-Alarcon, M., Lopez-Garcia de la Serrana, H., Lopez-Martinez, M. C. (1996b). Determination of selenium in cereals, legumes and dry fruits from southeastern Spain for calculation of daily dietary intake. *Sci. Total Environ.* **184** (3), 183-9
- Domke, A., Großklaus, R., Niemann, B., Przyrembel, H., Richter, K., Schmidt, E., Weißenborn, A., Wörner, B., Ziegenhagen, R. (2004). Verwendung von Mineralstoffen in Lebensmitteln, Toxikologische und ernährungsphysiologische Aspekte Teil II in *BfR Wissenschaft* **04**
- Dorea, J. G. (2002). Selenium and breast-feeding. Review article. *Br. J. Nutr.* **88**, 443-461
- Drobner, C., Röhrig, B., Anke, M., Thomas, G. (1997). Selenium intake of adults in Germany depending on sex, time, living area and type of diet. *Trace Elem. Man Animals* **9**, 158-159
- Dumont, E., Vanhaecke, F., Cornelis, R. (2006). Selenium speciation from food source to metabolites: a critical review. *Anal. Bioanal. Chem.* **385**, 1304-23
- Eder, K., Kralik, A., Kirchgessner, M. (1995). Beeinflussung des Stoffwechsels der Schilddrüsenhormone bei defizitärer bis subtoxischer Selenversorgung. *Z. Ernährungswiss.* **34**, 277-283
- Elpelt, B., Hartung, J. (1992). *Grundkurs Statistik, Lehr- und Übungsbuch der angewandten Statistik*, R. Oldenbourg Verlag München Wien
- Eurola, M. H., Eckholm, P. I., Ylinen, M. E., Koivistoinen, P. E., Varo, P. T. (1991). Selenium in Finnish foods after beginning the use of selenate supplemented fertilizers. *J. Sci. Food Agric.* **56**, 57-70

- Finley, J. W., Mattys, L., Shuler, T., Korynta, E. (1996). Selenium content of foods purchased in North Dakota. *Nutr. Res.* **16** (5), 723-728
- Foster, L. H., Sumar, S. (1997). Selenium in health and disease: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **37**, 211-28
- Gaßmann, B. (1996). Selen. Ern. Umsch. **43**, 464-467
- Gissel-Nielsen, G. (1998). Effects of selenium supplementation of field crops. *Environmental chemistry of selenium*. New York: Marcel Dekker. p. 99-112
- Goyer, R. A. (1997). Toxic and essential metal interactions. *Annu. Rev. Nutr.* **17**, 37-50
- Hartfiel, W., Schulte, W. (1988). Selenmangel in der Bundesrepublik (II), *Acta Ern.* **13**, 77-82
- Hartung, J. (2005). Statistik. 14. Auflage, Oldenbourg-Verlag
- Heinzow, B. (2005). Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit des Landes Schleswig-Holstein, Duplikatsstudie zur Aufnahme von PCB und anderen persistenten Verbindungen über Lebensmittel bei jungen Frauen, ISSN 0935-4379, Kiel
- Holben, D. H., Smith, A. M. (1999). The diverse role of selenium within selenoproteins: A review. *J. Am. Diet. Assoc.* **99**, 836-843
- Huang, W., Åkesson, B., Svensson, B. G., Schütz, A., Burk, R. F., Skerfving, S. (1995). Serum selenoprotein P and glutathione peroxidase (EC 1.11.1.9) in plasma as indices of selenium status in relation to the intake of fish. *Br. J. Nutr.* **73**, 455-461
- Japha, A. (1842). *Experiementa nonnulla de vi selenii in organismum animale*. Dissertation, Halle
- Jackson, M. J., Broome, C. S., McArdle, F. (2003). Marginal dietary selenium intake in the UK: Are there functional consequences? *J. Nutr.* **133**, 1557-1559
- Jensen, R., Clossen, W., Rothenberg, R. (1984). Selenium intoxication. *New York Morb. Mortal. Wkly. Rep.* **33**, 157-158
- Johansson, L., Åkesson, B., Alexander, J. (1997). Availability of selenium from soils in relation to human nutritional requirements in Sweden - Is there a need for supplementation. Report. Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm
- Jorhem, L., Becker, W., Slorach, S. (1998). Intake of 17 elements by Swedish women, determined by a 24-h duplicate protein study. *J. Food Compos. Anal.* **11**, 32-46
- Klapek, T., Mandić, M. L., Grgic, J., Primorac Lj., Ikić, M., Lovrić, T., Grgic, Z., Herceg, Z. (1998). Daily dietary intake of selenium in eastern Croatia. *Sci. Total Environ.* **217**, 127-136
- Klein, E. A., Thompson, I. M., Lippman, S. M., Goodman, P. J., Albanes, D., Taylor, P. R., Coltman, C. (2000). SELECT: the Selenium and Vitamin E Cancer Prevention Trial: Rationale and Design. *Prostate Cancer Prostatic Dis.* **3** (3), 145-151

- Klein, E. A. (2004). Selenium and Vitamin E cancer Prevention Trial. Review. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **1031**, 234-41
- Kosch, M., Schaefer, R. M., Bahner, U. (2002). Substitution mit Mineralstoffen und Spurenelementen. *Internist* **43**, 1299-1307
- Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes (2002). Selen und Human-Biomonitoring. Stellungnahme der Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* **45**, 190-195
- Krause, C., Babisch, W., Becker, K., Bernigau, W., Helm, D., Hoffmann, K., Nöllke, P., Schulz, C., Schwabe, R., Seifert, M, Thefeld, W. (1996). *Umwelt-Survey 1990/92. Band Ia, WaBoLU 1/96, Umweltbundesamt, Berlin*
- Lacour, M., Zunder, T., Restle, A., Schwarzer, G. (2004). No evidence for an impact of selenium supplementation on environment associated health disorders - a systematic review. *Int. J. Hyg. Environ. Health.* **207**, 1-13
- Larsen, E. H., Andersen, N. L., Möller, A., Petersen, A., Mortensen, G. K., Petersen, J. (2002). Monitoring the content and intake of trace elements from food in Denmark. *Food Addit. Contam.* **19 (1)**, 33-46
- Larsson, Ch., Johansson, G. K. (2002). Dietary intake and nutritional status of young vegans and omnivores in Sweden. *Am. J. Clin. Nutr.* **76**, 100-106
- Levander O. A., Moser, P. B., Morris, V. C. (1987). Dietary selenium intake and selenium concentrations of plasma, erythrocytes, and breast milk in pregnant and post-partum lactating and nonlactating women. *Am. J. Clin. Nutr.* **46**, 694-698
- Li, F., Rossipal, E., Irgolic, K. J. (1999). Determination of Selenium in Human Milk by Hydride Cold-Trapping Atomic Absorption Spectrometry and Calculation of Daily Selenium Intake. *J. Agric. Food Chem.* **47**, 3265-3268
- Lippman, S. M., Klein, E. A., Goodman, P. J., Lucia, M. S., Thompson, I. M., Ford, L. G., Parnes, H. L., Minasian, L. M., Gaziano, J. M., Hartline, J. A., Parsons, J. K., Bearden, J. D., 3rd, Crawford, E. D., Goodman, G. E., Claudio, J., Winqvist, E., Cook E. D., Karp, D. D., Walther, P., Lieber, M. M., Kristal, A. R., Darke, A. K., Arnold, K. B., Ganz, P. A., Santella, R. M., Albanes, D., Taylor, P. R., Probstfield, J. L., Jagpal, T. J., Crowley, J. J., Meyskens, F. L., Jr., Baker, L. H., Coltman, C. A., Jr. (2009). Effect of selenium and vitamin E on risk of prostate cancer and other cancers: the Selenium and Vitamin E Cancer Prevention Trial (SELECT). *JAMA.* **301 (1)**, 39-51
- Löffler, G., Petrides, P. E. (1997). *Biochemie und Pathobiochemie, Springer Berlin Heidelberg*, 642-643
- Lombeck, I., Kasperek, K., Harbisch, H. D., Becker, K., Schumann, E., Schröter, W., Feinendegen, L. E., Bremer, H. J. (1978). The selenium state of children. II. Selenium content of serum, whole blood, hair and the activity of erythrocyte glutathione peroxidase in dietetically treated patients with phenylketonuria and maple-syrup-urine disease. *Eur. J. Pediatr.* **128 (4)**, 213-223

- Longnecker, M. P., Taylor, P. R., Levander, O. A., Howe, M., Veillon, C., McAdam, P. A., Patterson, K. Y., Holden, J. M., Stampfer, M. J., Morris, J. S., Willett, W. C. (1991). Selenium in diet, blood, and toenails in relation to human health in a seleniferous area. *Am. J. Clin. Nutr.* **53**, 1288-1294
- Löscher, W., Ungemach F., Kroker, R. (2006). *Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren*. Parey Bei Mvs-Verlag
- MacPherson, A., Barclay, M. N., Scott, R., Yates, R. W. (1997). Loss of Canadian wheat imports lowers selenium intake and status of the Scottish population. *Trace Elements in Man and Animals*. Ottawa: NRC Research Press; p. 203-5
- Marzec Z. (2004). Alimentary chromium, nickel, and selenium intake of adults in Poland estimated by analysis and calculations using the duplicate portion technique. *Nahrung/Food*. **48 (1)**, 47-52
- Matec M., Blanusa M., Grgic, J. (2000). Determination of the daily dietary selenium intake in Croatia. *Eur. Food Re. Technol.* **210**, 155-160
- Meltzer, H. M., Bibow, K., Paulsen, I. T., Mundal, H. H., Norheim, Holm (1993). Different bioavailability in humans of wheat and fish selenium as measured by blood platelet response to increased dietary Se. *Biol. Trace Elem. Res.* **36**, 299-241
- Meltzer H. M., Norheim, G., Loken, E. B., Holm, H. (1992). Supplementation with wheat selenium induces a dose-dependent response in serum and urine of a Se-replete population. *Br. J. Nutr.* **67**, 287-94
- Meltzer H. M., Norheim, G., Bibow, K., Myhre, K., Holm, H.. (1990). The form of selenium determines the response to supplementation in a selenium replete population. *Eur. J. Clin. Nutr.* **44 (6)**, 435-46
- Ministry of Agriculture and Forestry (1989). Annual Report of the selenium working group. Working Group Report No 28. Ministry of Agriculture and Forestry, Helsinki, Finland
- Moreno-Reyes, R., Mathieu, F., Boelaert, M., Begaux, F., Suetens, C., Rivera, M. T., Neve, J., Perlmutter, N., Vanderpas, J. (2003). Selenium and iodine supplementation of rural Tibetan children affected by Kashin-Beck osteoarthropathy. *Am. J. Clin. Nutr.* **78**, 137-144
- National Research Council (1983). Subcommittee on Selenium, Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture, Selenium in Nutrition, Revised Edition. National Academy Press, Washington, DC, USA
- National Research Council (2000). National Academy of Sciences., Dietary Reference Intakes For: Vitamin C, Vitamin E, Selenium and Carotenoids. National Academy Press, Washington, DC, USA
- Navarro-Alarcón, M., López-Martínez, M. C. (2000). Essentiality of selenium in the human body: Relationship with different diseases. *Sci. Total Environ.* **249**, 347-371
- Navarro-Alarcón, M., Cabrera-Vique, C. (2008). Selenium in food and the human body: A review. *Sci. Total Environ.* **400 (1-3)**, 115-41

- NemV (2004). Verordnung über Nahrungsergänzungsmittel, Bundesgesetzblatt BGBl 2004, Anlagen 1 (BGBl. I 2004, 1013) und 2 (BGBl. I 2004, 1013 - 1014)
- Nève, J. (2000). New approaches to assess selenium status and requirement. *Nutr. Rev.* **58**, 363-369
- Olson, O. E., Palmer, I. S. (1984). Selenium in foods purchased or produced in South Dakota. *J. Food Sci.* **49**, 446-52
- Ovaskainen, M. L., Virtamo, J., Alfthan, G., Haukka, J., Pietinen, P., Taylor, P. R., Huttunen, J. K. (1993). Toenail selenium as an indicator of selenium intake among middle-aged men in an area with low soil selenium. *Am. J. Clin. Nutr.* **57** (5), 662-5
- Oster, O.; Schmiedel, G.; Prellwitz, W. (1988). The organ distribution of selenium in German adults. *Biol. Trace Elem. Res.* **15**, 23-45
- Oster, O., Prellwitz, W. (1989). The daily dietary intake of West German adults. *Biol. Trace Elem. Res.* **20**: 1-14
- Oster, O. (1992). Zum Selenstatus in der Bundesrepublik Deutschland. Oster, O. (ed.) Jena: Universitätsverlag Jena GmbH
- Pappa, E. C., Pappas, A. C., Surai, P. F. (2006). Selenium content in selected foods from the Greek marked and estimation of the daily intake. *Sci. Total Environ.* **372**, 100-8
- Pelus, E., Arnaud, J., Ducros, V., Faure, H., Favier, A., Roussel, A. M. (1994). Trace element (Cu, Zn, Fe, Mn, Se) intakes of a group of French men using the duplicate diet technique. *Int. J. Food Sci. Nutr.* **45**, 63-70
- Pfannhauser, W. (1992). Das essentielle Spurenelement Selen: Bedeutung, Wirkung und Vorkommen in der Ernährung. *ernährung/nutrition.* **16**, 642-6
- Rayman, M. P. (2000). Review: The importance of selenium to human health. *Lancet.* **356**, 233-241
- Redman, C., Scott, J. A., Baines, A. T., Basye, J. L., Clark, L. C., Calley, C., Roe, D., Payne, C. M., Nelson, M. A. (1998). Inhibitory effect of selenomethionine on the growth of three selected human tumor cell lines. *Cancer Lett.* **125** (1-2), 103-110
- RKI (2006). Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“, Selen in der umweltmedizin. Empfehlung des Robert Koch-Instituts, Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 1, **49**, 88-102
- Robberecht, H., Deelstra, H. (1994). Factors influencing blood selenium concentration values: A literature review. *J. Trace Elem. Elect. Health Dis.* **8**, 129-143
- Robberecht, H., Hendrix, P., Van Cauwenbergh, R., Deelstra, H. A. (1994). Actual dietary intake of selenium in Belgium using duplicate portion sampling. *Z. Lebensm. Unters. Frosch.* **199**, 251-4
- Rotruck, J. D., Pope, A. L.; Ganther, H. E. (1972). Selenium: Biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Science* **179**, 588-590

Römpp, H., Falbe, J., Regitz, M., Römpp (1996). Lexikon Chemie, Auflage 10, Thieme, Stuttgart

Römpp (2006). Römpp Chemilexikon Vers. 3.0 (Zugriff vom 15.03.2009).
<http://www.roempp.com>

Schäfer, M., Petzold, G., Ostendarp, G., Schade, G., Mohr, S., Heinzow, B. (2000). Duplikatstudie und Humanbiomonitoring zur Feststellung der PCB-Belastung bei jungen Frauen. *Umweltmed. Forsch. Prax.* **5**, 154-160

Schrauzer, G. N. (2004). Selenium. Merian E (Hrsg.): *Metals and their compounds in the environment*, 2nd Edition: Seiten 1365-1406, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim

Schwarz, K., Foltz, C. M. (1957). Selenium as an integral part of Factor 3 against dietary necrotic liver degeneration. *J. Am. Chem. Soc.* **79**, 3292-3293

Scientific Committee on Food (2000). *Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Selenium*. Brussels, Belgium

Souci, S. W., Fachmann, W., Kraut, H. (2007). *Food Composition and Nutrition Tables*. Wissenschaftliche Verlagsges., 7. Auflage, Stuttgart

Steiner, G., Menzel, H., Lombeck, I., Ohnesorge, F. K., Bremer, H. J. (1982). Plasma glutathione peroxidase after selenium supplementations in patients with reduced selenium state. *Eur. J. Pediatr.* **138** (2), 138-140

Svensson, B. G., Schütz, A., Nilsson, A., Åkesson, B. and Skerfving, S. (1992). Fish as a source of exposure to mercury and selenium. *Sci. Total Environ.* **126**, 61-74

Trampisch H. J., Windeler, J. (1997). *Medizinische Statistik*, Springer-Verlag

Tolonen, M. (1989). Finnish study on antioxidants with special reference to cancer, cardiovascular diseases and ageing. *Int. Clin. Nutr. Rev.* **9**, 68-72

Tuzen, M. (2007). Evaluation of trace element contents in canned foods marketed from Turkey. *Food Chem.* **102** (4), 1089-1095

Underwood, E. J. (1956). *Trace elements in human and animal nutrition*. 1. Aufl., Academic press, New York

Van der Torre, H. W., van Dokkum, W., Schaafsma, G., Wedel, M., Ockhuizen, T. (1991). Effect of various levels of selenium in wheat and meat on blood Se status and on Se balance in Dutch men. *Br. J. Nutr.* **65**, 69-80

Van Dokkum, W., De Vos, R. H., Muys, T., Wesstra, J. A. (1989). Minerals and trace elements in total diets in The Netherlands. *Br. J. Nutr.* **61**, 7-15

Valentine, J. L., Cebrian, M. E., Garcia, G., Faraji, B. (1994). Daily selenium intake estimates for residents of arsenic-endemic areas. *Environ. Res.* **64**, 1-9

Vanderpas, J. B., Contempre, B., Duale, N. L., Deck, H., Bebe, N., Longombe, A. O., Thilly, C.-H., Diplock, A. T., Dumont, J. E. (1993). Selenium deficiency mitigates hypothyroxinemia in iodinedeficient subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* **57**, 271-275

- Wang, G. Y. (1979). The difference between whole blood and hair selenium levels of inhabitants in the endemic areas of Keshan disease. *Zhonghua Yu Fang Li Xue Za Zhi.* **13** (4), 204-6
- Wasowicz, W., Gromadzinska, J., Rydzynski, K., Tomczak, J. (2003). Selenium status of low-selenium area residents: Polish experience. *Toxicol. Letters* **137**, 95-101
- WHO (1985). Guidelines for the study of dietary intakes of chemical contaminants. Geneva: World Health Organization
- WHO (2006). World Health Organization, Global Database on Body Mass Index an interactive surveillance tool for monitoring nutrition transition, BMI classification (Zugriff vom 15.03.2009). <http://www.who.int/bmi/>
- Wilhelm M, Wittsiepe J, Schrey P, Lajoie-Junge L, Busch V. (2003). Dietary intake of arsenic, mercury and selenium by children from a German North Sea island using duplicate portion sampling. *J. Trace Elem. Med. Biol.* **17** (2), 123-32
- Wins, E., Wilhelm, M. (1996). Anorganische Stoffe in Lebensmitteln., In: Beyer, A.; Eis, D. (Hrsg.): *Praktische Umweltmedizin.* Springer Verlag, Berlin, 09.05., 1-34
- Wittsiepe, J., Oeing-Köpp, S., Heinzow, B., Wilhelm, M. (2009). Dietary intake of selenium by German women in the childbearing age measured by duplicate portion sampling. *J. Trace Elem. Med. Biol.*; eingereicht
- Yin, T. A. (1979). The difference between the urinary selenium excretion of the children in the endemic and non-endemic areas of Keshan disease. *Zhonghua Yu Fang Li Xue Za Zhi.* **13** (4), 207-10
- Yang, G. Q., Chen, J. S., Wen, Z. M., Ge, K. Y., Zhu, L. Z., Chen, X. C. (1984). The role of selenium in Keshan disease. *Adv. Nutr. Res.* **6**, 203-231
- Yang, G., Wang, S., Zhon, R., Sun, S. (1983). Endemic Selenium intoxication of humans in China. *Am. J. Clin. Nutr.* **37**, 872-881
- Yang G., Ge, K., Chen, J., Chen, X. (1988). Selenium related endemic diseases and the daily selenium requirement of humans. *World Rev. Nutr. Diet.* **55**, 98-152
- Zhao, F. J., Lopez-Bellido, Gray, C. W., Whalley. W. R., Clark, L. J., McGrath, S. P. (2007). Effects of spoil compaction and irrigation on the concentrations of selenium and arsenic in wheat grains. *Sci. Total Environ.* **372**, 433-439

8 Anhang: Fragebogen und Ernährungsprotokoll

Die 18 Probandinnen nahmen freiwillig an der Untersuchung teil und unterschrieben zu Beginn eine Einverständniserklärung.

8.1 Einverständniserklärung

Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit des Landes Schleswig-Holstein

**Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek
Dr. med. Birger Heinzow
Dezernat 50, Tel. 04347/704-200
Duplikatstudie 2004**

Einverständniserklärung

Die personenbezogenen Daten unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht. Das Blatt mit den persönlichen Angaben wird vom Fragebogen getrennt. Es dient nur zur Mitteilung der persönlichen Ergebnisse an die jeweilige Teilnehmerin.

Spätestens 3 Monate nach Beendigung der Studie wird das Vorblatt aus Datenschutzgründen vernichtet.

Studien-/ Teilnahme-Nr.: _____

1. Name

- a. Name:
- b. Anschrift an die die Ergebnisse zugestellt werden:
Strasse:
PLZ / Ort:
- c. Telefon:

2. Einverständniserklärung

Ich bin damit einverstanden, dass die in diesem Fragebogen erhobenen Daten vom LGA-SH für zukünftige wissenschaftliche Studien herangezogen werden, wobei nur neutrale und nicht personenbezogene Daten ausgewertet werden:

ja nein

Ich bin damit einverstanden, dass die von Ihnen gewonnenen Proben auf ihren Gehalt an Umweltschadstoffen untersucht werden:

ja

nein

Ort/Datum: Unterschrift:

.....

8.2 Fragebogen

Die Probandinnen füllten ebenfalls einen Fragebogen zu ihren Ernährungsgewohnheiten und einigen persönlichen Daten aus.

Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit des Landes Schleswig-Holstein

**Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek
Dr. med. Birger Heinzow
Dezernat 50, Tel. 04347/704-200
Duplikatstudie 2004**

Fragebogen zur Schadstoffbelastung (PCB) von Frauen

Teilnahme-Nr.: _____

1. Probenbezogene Daten

- 1.1 Befragung am: _____ durch: _____
- 1.2 Tag(e) der Probenahme(n): von _____ bis _____
Lebensmittel: _____ Labor-Nr.: _____

2. Allgemeine Personendaten

- 2.1 Alter: _____ Jahre
- 2.2 Körpergröße: _____ cm
- 2.3 Körpergewicht: _____ kg

3. Schadstoffbelastung im Haushalt

- a. Verwenden Sie im Haushalt oder beruflich folgende Stoffe, mit denen Sie möglicherweise in Kontakt kommen?

Holzschutzmittel ja nein

Insektizide

4. Ernährung

a. Ernähren Sie sich vegetarisch, vegan oder mit einer speziellen Diät?

nein

ja, vegetarisch seit _____

mit Verzehr von Milch, Butter, Käse und anderen

Milchprodukten

mit Verzehr von Eiern

ja, mit spezieller Diät _____

b. Wie hoch ist Ihr mittlerer täglicher bzw. wöchentlicher Verbrauch folgender Nahrungsmittel?

fast täglich 2-4x/Woche 1x/Woche nie

Fleisch + Wurstwaren

Geflügel

Schweinefleisch

Kalb-/Rindfleisch

Fisch

Milch (Milchprodukte)

Fette

Butter, Schmalz

(tierische Fette)

Margarine

(pflanzliche Öle)

Obst/Gemüse

Süßwaren

4.3 Wie viele Eier essen Sie? ca. _____ Stück/Woche

4.4 Nehmen Sie Nahrungsergänzungsmittel, wie Lebertran, Fischölkapseln, Vitamine oder Mineralien, zu sich?

ja nein

Wenn ja, was? _____ Wie viel? _____

Wie oft? _____ Seit wann/Wie lange? _____

4.5 Ernähren Sie sich von Produkten aus eigener Tierhaltung oder aus einer Tierhaltung in der näheren Umgebung?

ja nein

Wenn ja, welche: _____

Der Anteil beträgt _____ % an der Gesamternährung durch Fleisch

Der Anteil beträgt _____ % an der Gesamternährung durch Eier

a. Beschreiben Sie bitte ein typisches Frühstück, Mittag- und Abendessen sowie sonstige Nahrungsmittel, die Sie während eines Arbeitstages zu sich nehmen:

Frühstück: _____

Mittag: _____

Abendessen: _____

Zwischenmahlzeiten: _____

4.7 Haben Sie besondere Verzehrsgewohnheiten bzw. Lieblingsgerichte?

ja nein

Wenn ja, welche?

5. Gesundheitliche Störungen

- a. Bestehen bei Ihnen Allergien?
 ja nein
Wenn ja, Allergen bekannt
 Allergen unbekannt
- b. Haben Sie Erkrankungen oder gesundheitliche Störungen, die Ihrer Meinung nach ganz oder teilweise auf Belastungen durch Umweltchemikalien zurückzuführen sind?
 ja nein
Wenn ja, seit wann vermuten Sie einen Zusammenhang?
Seit: _____

6. Sonstige Mitteilungen

- a. Haben Sie sonstige Angaben oder Beobachtungen, die Sie uns mitteilen möchten?

8.3 Ernährungsprotokoll

Die tägliche Nahrungsaufnahme der Probandinnen wurde in Ernährungsprotokollen dokumentiert.

Ernährungsprotokoll

Schreiben Sie bitte alles auf, was Sie im Laufe eines Tages essen, einschließlich aller Kleinigkeiten zwischendurch, auch Süßigkeiten, Obst, usw.

- Notieren Sie
1. die Garungsart (z. B. gekochter Reis)
 2. die Menge (z. B. 2 gehäufte Esslöffel Reis)
 3. die „Vorbehandlung“ der Nahrung (z. B. frisches Gemüse oder Gemüse aus der Dose, Tiefkühlkost etc.)

Datum: _____ **Studien-Nr.:** _____

| | | | | | | | |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Wochentag: | Mo | Di | Mi | Do | Fr | Sa | So |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|

| Mahlzeit | verzehrte Menge | Details der Nahrungsmittel | nicht ausfüllen |
|------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|
| 1.Mahlzeit Uhrzeit: | | | |
| 2.Mahlzeit Uhrzeit: | | | |
| 3.Mahlzeit Uhrzeit: | | | |
| 4.Mahlzeit Uhrzeit: | | | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 5.Mahlzeit Uhrzeit: | | | |
| 6.Mahlzeit Uhrzeit: | | | |
| Weitere Mahlzeiten: (auch Kleinigkeiten zwischen- durch): | | | |

9 Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Michael Wilhelm für das mir entgegengebrachte Vertrauen und seine umfassende Unterstützung während dieser Arbeit, bei der es immer genügend Raum für Fragen, Probleme sowie anregende und kritische Diskussion gab.

Ebenso danke ich Herrn Adjunct Prof. Dr. Birger Heinzow für die Bereitstellung der Lebensmittelduplikatproben und seine ständige Diskussions- und Hilfsbereitschaft.

Vielen Dank an Dr. Jürgen Wittsiepe für die Einführung in die Laborarbeit und Analytik sowie für seine hervorragende Unterstützung bei allen technischen Fragen und der statistischen Auswertung dieser Arbeit.

Ebenfalls herzlichen Dank auch an Herrn Hans-Jürgen Kozlowski, Frau Rena Carolus-Heise und Herrn Jochen Scheld, die mir im Labor bei allen technischen Fragen jederzeit mit ihrer Erfahrung zur Verfügung standen.

Schließlich gilt mein Dank auch meiner Familie, die mir auf vielfältige Art und Weise bei der Fertigstellung dieser Arbeit zur Seite stand.

10 Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Stephanie Yvonne Oeing-Köpp, geb. Oeing
Geburtsdatum: 10.11.1977
Geburtsort: Dortmund
Staatsangehörigkeit: deutsch
Familienstand: verheiratet

Ausbildung

08/84 – 07/88 Schule am Heikenberg,
Städt.-Gemeinsch.-Grundschule Lünen

08/88 – 05/97 Städt.-Gymnasium Lünen-Altünen,
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

10/97 – 11/06 Studium der Humanmedizin Ruhr-Universität Bochum

08/01 Ärztliche Vorprüfung

08/04 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

11/06 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

11/06 Ärztliche Prüfung

12/06 Approbation

12/06 – 05/08 Abteilung für Hygiene, Sozial- und Umweltmedizin,
Ruhr-Universität Bochum

Seit 06/08 Assistenzärztin in der Pädiatrie,
St. Clemens Hospitale Sterkrade