

Untersuchungen zum Einsatz von Schnellmethoden zur
Qualitätssicherung in der Gemeinschaftsverpflegung

Bianca Müller

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Haushalts- und Ernährungswissenschaften

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. Th. F. Hofmann

Prüfer der Dissertation: 1. apl. Prof. Dr. H. M. Eichinger, i. R.
2. Univ.-Prof. Dr. H. Daniel

Die Dissertation wurde am 07.07.2008 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 22.09.2008 angenommen.

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Professor Dr. Dr. Hans Michael Eichinger für die Überlassung des interessanten und vielseitigen Themas. Sein entgegengebrachtes Vertrauen und seine fachliche Unterstützung trugen wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit bei.

Besonders möchte ich mich auch bei Frau Professor Dr. Hannelore Daniel für die Übernahme des Zweitgutachtens sowie bei Herrn Professor Dr. Thomas Hofmann für seine Bereitschaft zur Leitung der Prüfungskommission bedanken.

Ebenfalls besonderer Dank gilt allen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen der Bioanalytik Weihenstephan sowie der Versuchsstation Thalhausen, die mich immer mit Rat und Tat bei der Durchführung dieses Projektes unterstützt haben. Insbesondere möchte ich mich herzlich bei Herrn Dr. Ludwig Nätscher, Herrn Jürgen Danier, Frau Elisabeth Sommer und Frau Hermine Kienberger für ihr Interesse und das angenehme Arbeitsklima bedanken.

Vielen Dank auch an alle Kindertagesstätten für die engagierte Zusammenarbeit während des KiTZ-Projektes und die Bereitstellung der Speisenproben.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Ziel der Arbeit	2
2	Definitionen	4
3	Material und Methoden	8
3.1	Auswahl der Studienteilnehmer.....	8
3.2	Bewertung der ernährungsphysiologischen Qualität der Mittagsverpflegung	9
3.2.1	Bestimmung der Ist-Zufuhr.....	9
3.2.2	Bestimmung der Soll-Zufuhr.....	11
3.2.3	Vergleich der Ist- mit der Soll-Zufuhr.....	11
3.3	Probenmaterial	11
3.4	Referenzanalytische Methoden.....	13
3.4.1	Bestimmung des Energie-Gehaltes.....	13
3.4.2	Bestimmung des Protein-Gehaltes.....	13
3.4.3	Bestimmung des Fett-Gehaltes.....	17
3.4.4	Bestimmung des Fettsäuremusters.....	18
3.4.5	Bestimmung des Stärke-Gehaltes.....	20
3.4.6	Bestimmung des Zucker-Gehaltes	23
3.4.7	Bestimmung des Kohlenhydrat-Gehaltes.....	26
3.4.8	Bestimmung des Ballaststoff-Gehaltes	26
3.4.9	Bestimmung des Wasser-Gehaltes.....	28
3.4.10	Bestimmung des Asche-Gehaltes	29
3.4.11	Bestimmung des Calcium-Gehaltes	30
3.4.12	Bestimmung des Eisen-Gehaltes	30
3.4.13	Bestimmung des Jod-Gehaltes	32
3.4.14	Bestimmung des Vitamin C-Gehaltes	32

3.5	Schnellmethoden	35
3.5.1	Nahinfrarotspektroskopische Untersuchungen.....	35
3.5.1.1	Physikalisch-chemische Grundlagen.....	35
3.5.1.2	Entwicklung einer nahinfrarotspektroskopischen Methode	40
3.5.1.3	Durchführung der NIR-Messung bei zubereiteten Speisen.....	47
3.5.2	Untersuchungen mittels Photochemolumineszenz.....	48
3.5.2.1	Physikalisch-chemische Grundlagen.....	48
3.5.2.2	Auswertung der ACW-Messkurven	50
3.5.2.3	Durchführung der ACW-Messung bei zubereiteten Speisen	51
3.5.3	Nährwertberechnungen mittels DGE-PC	54
3.5.3.1	Aufbau der Nährstoff-Datenbank in DGE-PC professional	54
3.5.3.2	Durchführung der Inhaltsstoff-Berechnung von zubereiteten Speisen.....	56
3.6	Statistische Auswertung	58
4	Ergebnisse.....	60
4.1	Feststellung der ernährungsphysiologischen Qualität der Mittagsverpflegung in einer Auswahl Münchner Kindertagesstätten ..	60
4.1.1	Energie-Zufuhr	60
4.1.2	Protein-Zufuhr	63
4.1.3	Fett-Zufuhr	65
4.1.4	Anteile der Fettsäuren an der Gesamtfett-Zufuhr.....	67
4.1.5	Kohlenhydrat-Zufuhr	73
4.1.6	Ballaststoff-Zufuhr	75
4.1.7	Mineralstoff- und Spurenelement-Zufuhr.....	77
4.1.8	Vitamin C-Zufuhr	79
4.2	Untersuchungen zum Einsatz von Schnellmethoden zur Beurteilung der ernährungsphysiologischen Qualität von zubereiteten Speisen ...	80
4.2.1	Entwicklung einer nahinfrarot-basierten Schnellmethode	80
4.2.2	Entwicklung einer Photochemolumineszenz-Methode	84
4.2.3	Nutzung von Nährstoff-Datenbanken	84
4.2.3.1	Vergleiche zwischen berechneten und analysierten Werten.....	84
4.2.3.2	Vergleiche zwischen berechneten und analysierten Werten für „gut berechenbare“ und „Vergleichsspeisen“	91

5	Diskussion	94
5.1	Ernährungsphysiologische Qualität der Mittagsverpflegung in Kindertagesstätten.....	94
5.1.1	Art der Erfassung	94
5.1.2	Vergleich mit Ergebnissen anderer Studien	95
5.1.3	Einfluss von Träger, Verpflegungssystem und Kindertagesstätte auf die Nahrungsinhaltsstoff-Zufuhr.....	100
5.2	Einsatz von Schnellmethoden zur Beurteilung der ernährungsphysiologischen Qualität von zubereiteten Speisen	102
5.2.1	Nahinfrarot-basierte Schnellmethode	104
5.2.1.1	Quantifizierung verschiedener Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte mittels NIRS....	104
5.2.1.2	Vergleich der Qualität der entwickelten Kalibration mit den Ergebnissen anderer Studien	107
5.2.2	Photochemolumineszenz-Methode	109
5.2.3	Nutzung von Nährstoff-Datenbanken	111
5.2.3.1	Qualität der Bestimmung verschiedener Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte mittels Nährstoff-Datenbanken	112
5.2.3.2	Beurteilung der eigenen Ergebnisse und Vergleich mit den Ergebnissen anderer Studien	116
5.2.4	Einsatz der Schnellmethoden im Vergleich.....	118
6	Zusammenfassung.....	120
7	Summary.....	123
8	Literaturverzeichnis	125
9	Anhang.....	136

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Anzahl der gezogenen Proben pro Speisengruppe	12
Abb. 2:	Anzahl der gezogenen Proben pro Verpflegungssystem	12
Abb. 3:	Chemische Struktur von Aminosäuren	13
Abb. 4:	Das elektromagnetische Spektrum.....	36
Abb. 5:	Schematischer Aufbau eines NIR-Spektrometers [Rebien, 2007].....	39
Abb. 6:	Fließschema zur Entwicklung einer nahinfrarotspektroskopischen Methode [Urban, 1996].....	41
Abb. 7:	Nahinfrarotspektroskopisch ermittelte Spektren von zubereiteten Mahlzeiten ohne mathematische Transformation.....	42
Abb. 8:	Nahinfrarotspektroskopisch ermittelte Spektren von zubereiteten Mahlzeiten nach mathematischer Transformation (1/4/4/1 und SNV & Detrend).....	42
Abb. 9:	Funktionsschema der PCL-Messung mit Photochem [®] [Hermann, 2000]	49
Abb. 10:	ACW-Messkurven (Leerwert, Ascorbinsäure-Standards, Proben). Die Spannung (V) verläuft proportional zur entstandenen Lumineszenz. Die Registrierdauer beträgt 250 s.	51
Abb. 11:	Für die Berechnung der Zutatenlisten relevante Formulare in der Hauptschalterleiste von DGE-PC professional.....	56
Abb. 12:	Lebensmittelfilter für die Suche von Lebensmitteln in der DGE-PC Datenbank .57	
Abb. 13:	Formular für die Erweiterung der DGE-PC-Datenbank in der Hauptschalterleiste	57
Abb. 14:	Energie-Zufuhr (\bar{x} , s) pro Mittag Mahlzeit nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)	61
Abb. 15:	Energie-Zufuhr (\bar{x} , s) pro Mittag Mahlzeit in Abhängigkeit vom Warmverpflegungsanbieter	62

Abb. 16: Anteil von Protein (\bar{x} , s) an der zugeführten Energie nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)	63
Abb. 17: Anteil von Protein (\bar{x} , s) an der zugeführten Energie in Abhängigkeit vom Mischküchensystem	65
Abb. 18: Anteil von Fett (\bar{x} , s) an der zugeführten Energie nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)	66
Abb. 19: Anteil von Fett (\bar{x} , s) an der zugeführten Energie in Abhängigkeit vom Warmverpflegungsanbieter	67
Abb. 20: Anteil von gesättigten Fettsäuren (\bar{x} , s) an der Gesamtfett-Zufuhr nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)	68
Abb. 21: Anteil von mehrfach ungesättigten Fettsäuren (\bar{x} , s) an der Gesamtfett-Zufuhr nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)	69
Abb. 22: Anteil von trans-Fettsäuren (\bar{x} , s) an der Gesamtfett-Zufuhr in Abhängigkeit vom Verpflegungssystem (Warmverpflegungssystem, Frischkostsystem, Mischküchensystem)	70
Abb. 23: n3/n6-Quotient (\bar{x} , s) nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)	71
Abb. 24: Anteil von n3-Fettsäuren (\bar{x} , s) an der Gesamtfett-Zufuhr in Abhängigkeit vom Verpflegungssystem (Warmverpflegungssystem, Frischkostsystem, Mischküchensystem)	72
Abb. 25: Anteil von Kohlenhydraten (\bar{x} , s) an der zugeführten Energie nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)	73
Abb. 26: Anteile von Zucker und Stärke an der Kohlenhydrat-Zufuhr nach Kindertagesstätte	74

Abb. 27: Anteil von Kohlenhydraten (\bar{x} , s) an der zugeführten Energie in Abhängigkeit vom Warmverpflegungsanbieter	75
Abb. 28: Nährstoffdichte von Ballaststoffen (\bar{x} , s) nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)	76
Abb. 29: Nährstoffdichte von Jod (\bar{x} , s) nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)	77
Abb. 30: Nährstoffdichte von Calcium (\bar{x} , s) in Abhängigkeit vom Träger der Kindertagesstätte (Kirche, Stadt, Wohlfahrtsverband, Sonstige)	79
Abb. 31: Kovariation des nahinfrarotspektroskopisch gemessenen und referenzanalytisch bestimmten Protein-Gehaltes ($n = 46$). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^2	82
Abb. 32: Kovariation des nahinfrarotspektroskopisch gemessenen und referenzanalytisch bestimmten Fett-Gehaltes ($n = 35$). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^2	82
Abb. 33: Kovariation des nahinfrarotspektroskopisch gemessenen und referenzanalytisch bestimmten Stärke-Gehaltes ($n = 32$). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^2	83
Abb. 34: Kovariation des nahinfrarotspektroskopisch gemessenen und referenzanalytisch bestimmten Zucker-Gehaltes ($n = 46$). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^2	83
Abb. 35: Kovariation des ACW- und Vitamin C-Gehaltes ($n = 141$). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^2	84
Abb. 36: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Energie-Gehaltes ($n = 457$). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^2	86

-
- Abb. 37: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Eiweiß-Gehaltes (n = 458). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^286
- Abb. 38: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Fett-Gehaltes (n = 459). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^287
- Abb. 39: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Zucker-Gehaltes (n = 458). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^287
- Abb. 40: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Stärke-Gehaltes (n = 457). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^288
- Abb. 41: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Kohlenhydrat-Gehaltes (n = 459). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^288
- Abb. 42: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Wasser-Gehaltes (n = 459). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^289
- Abb. 43: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Calcium-Gehaltes (n = 459). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^289
- Abb. 44: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Vitamin C-Gehaltes (n = 154). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^290
- Abb. 45: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Gehaltes an einfach ungesättigten Fettsäuren (n = 459). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^291

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Temperaturverlauf im Säulenofen bei der gaschromatographischen Bestimmung des Fettsäuremusters.....	20
Tab. 2:	Heizprogramm für die nass-chemische Bestimmung von Eisen.....	31
Tab. 3:	Gradientensystem für die Bestimmung des Vitamin C-Gehaltes.....	34
Tab. 4:	Teilbereiche der Infrarot-Strahlung [Beck, 1992; Miller, 2004].....	36
Tab. 5:	Zusammensetzung des Reaktionsansatzes zur Leerwertbestimmung bei der ACW-Messung [Analytik Jena, 2005].....	53
Tab. 6:	Zusammensetzung des Kalibrationsansatzes bei der ACW-Messung [Analytik Jena, 2005].....	53
Tab. 7:	Zusammensetzung des Messansatzes bei der ACW-Messung [Analytik Jena, 2005].....	54
Tab. 8:	Geräteeinstellungen und Spektrentransformation für den Kalibrationsansatz mit den besten statistischen Kennwerten.....	80
Tab. 9:	Statistische Kennwerte der Kalibration.....	81
Tab. 10:	Statistische Kennwerte der Validation.....	81
Tab. 11:	Vergleich verschiedener Studien zur ernährungsphysiologischen Qualität in Kindertagesstätten.....	99
Tab. 12:	Vergleich des Bestimmtheitsmaßes R^2 als Leistungsparameter verschiedener Studien zur Bestimmung von Inhaltsstoff-Gehalten mittels NIRS.....	108

Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1: Weender-Analyse ( = durch Analyse erfasst;  = durch Differenz berechnet) [abgewandelt nach Kirchgessner, 2004].....	136
Anhang 2: Probennahme-Erfassungsbogen.....	137
Anhang 3: Verzehrsmenge eines fünfjährigen Kindes für verschiedene Lebensmittelgruppen.....	138
Anhang 4: Zutatenliste.....	139
Anhang 5: Zutatenliste (Muster).....	140
Anhang 6: Anleitung zum Ausfüllen der Zutatenliste.....	142
Anhang 7: Soll-Werte für die Nährstoff-Zufuhr.....	144
Anhang 8: Durchschnittliche Nahrungsinhaltsstoff-Zufuhr pro Mittagsmahlzeit nach Kindertagesstätte.....	145
Anhang 9: Abhängigkeit der durchschnittlichen Energie- und Nährstoff-Gehalte pro Mittagsmahlzeit von der Kita (WS = Warmverpflegungssystem, FS = Frischkostsystem, MS = Mischküchensystem).....	147
Anhang 10: Durchschnittliche Nahrungsinhaltsstoff-Zufuhr pro Mittagsmahlzeit nach Träger.....	148
Anhang 11: Abhängigkeit der durchschnittlichen Energie- und Nährstoff-Gehalte pro Mittagsmahlzeit vom Träger.....	149
Anhang 12: Durchschnittliche Nahrungsinhaltsstoff-Zufuhr pro Mittagsmahlzeit nach Verpflegungssystem (WS = Warmverpflegungssystem, FS = Frischkostsystem, MS = Mischküchensystem).....	150
Anhang 13: Abhängigkeit der durchschnittlichen Energie- und Nährstoff-Gehalte pro Mittagsmahlzeit vom Verpflegungssystem.....	151
Anhang 14: Durchschnittliche Nahrungsinhaltsstoff-Zufuhr pro Mittagsmahlzeit innerhalb der Verpflegungssysteme (WS = Warmverpflegungssystem, FS = Frischkostsystem, MS = Mischküchensystem).....	152

Anhang 15: Abhängigkeit der durchschnittlichen Energie- und Nährstoff-Gehalte pro Mittagsmahlzeit innerhalb des Warmverpflegungssystems.....	153
Abhängigkeit der durchschnittlichen Energie- und Nährstoff-Gehalte pro Mittagsmahlzeit innerhalb des Frischkostsystems.....	153
Abhängigkeit der durchschnittlichen Energie- und Nährstoff-Gehalte pro Mittagsmahlzeit innerhalb des Mischküchensystems.....	154
Anhang 16: Anteil von Stärke und Zucker an der Kohlenhydrat-Zufuhr [%].....	155
Anhang 17: Unterschied zwischen referenzanalytisch und nahinfrarotspektroskopisch ermittelten Nährwert-Gehalten.....	156
Anhang 18: Korrelation zwischen referenzanalytisch und nahinfrarotspektroskopisch ermittelten Nährwert-Gehalten.....	156
Anhang 19: Unterschied zwischen referenzanalytisch bestimmten und mit DGE-PC berechneten Nährwert-Gehalten.....	157
Anhang 20: Korrelation zwischen referenzanalytisch bestimmten und mit DGE-PC berechneten Nährwert-Gehalten. Korrelationsmaß bestimmt nach Pearson.....	158
Anhang 21: Analysenspielräume.....	159
Anhang 22: Ermittelte ACW- und Vitamin C-Gehalte in verschiedenen Speisen.....	160

Abkürzungsverzeichnis

ACW	Antioxidative Kapazität in wässriger Phase
BfEL	Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel
BLS	Bundeslebensmittelschlüssel
BS	Ballaststoffe
Ca	Calcium
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
E	Energie
E%	Prozent der Energie
EW	Eiweiß
F	Fett
F%	Prozent des Fettes
Fe	Eisen
FIR	Fernes Infrarot
FS	Frischkostsystem
HPLC	Hochleistungs-Flüssigchromatographie (High Performance Liquid Chromatography)
ICP-OES	Atomemissionsspektrometer mit induktiv gekoppeltem Plasma
IR	Infrarot
J	Jod
KH	Kohlenhydrate
Kita	Kindertagesstätte
KiTZ	Kindertagesstätten-Zertifizierungssystem
Kon	konjugierte Fettsäuren
MIR	Mittleres Infrarot
mPLS	modified Partial Least Squares
MS	Mischküchensystem
MSC	Multiplicative Scatter Correction
mSFK	modifizierter Souci Fachmann Kraut
MUFA	einfach ungesättigte Fettsäuren (monounsaturated fatty acids)
NIR	Nahes Infrarot
NIRS	Nahinfrarot-Spektroskopie
OMK	Optimierte Mischkost
PCA	Hauptkomponentenanalyse (Principal Component Analysis)
PCL	Photochemolumineszenz

PCR	Hauptkomponentenregression (Principal Component Regression)
PLS	Partial Least Squares
PUFA	mehrfach ungesättigte Fettsäuren (polyunsaturated fatty acids)
s	Standardabweichung
SECV	Standardfehler der Validation (Standard error of cross validation)
SEC	Standardfehler der Kalibration (Standard error of calibration)
SEL	Standardfehler der Laboranalyse (Standard error of laboratory analysis)
SEP	Standardfehler der Vorhersage (Standard error of prediction)
SEV	Sekundär-Elektronen-Vervielfacher
SFA	gesättigte Fettsäuren (saturated fatty acids)
SFK	Souci Fachmann Kraut
SNV	Standard normal variate
Trans	Trans-Fettsäuren
TUM	Technische Universität München
Vit C	Vitamin C
WS	Warmverpflegungssystem
\bar{x}	arithmetischer Mittelwert

1 Einleitung

Die Gemeinschaftsverpflegung nimmt in der heutigen Gesellschaft einen immer höheren Stellenwert ein. So verzehrt ein Großteil der Bevölkerung täglich mindestens eine warme Mahlzeit, die beispielsweise in einer Kantine, Mensa oder Anstaltsküche zubereitet wurde. Noch deutlicher wird dieser Trend bei der Verpflegung von Kindern. In vielen Familien sind beide Elternteile berufstätig [Clausen, 2003]. Die Nachfrage nach einer ganztägigen Kinderbetreuung in Tagesstätten steigt entsprechend. In Deutschland verbringen ca. eine Million Kinder zwischen drei und vierzehn Jahren bis zu zehn Stunden täglich in einer Kindertagesstätte [Deutsche Gesellschaft für Ernährung, 2000a], wo sie in den meisten Fällen auch mittags verpflegt werden. Laut Bundesfamilienministerin von der Leyen soll besonders die Kleinkindbetreuung bis zum Jahr 2013 noch massiv ausgebaut werden [Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend, 2007]. Denn insbesondere Kinder benötigen eine bedarfsgerechte und ausgewogene Ernährung, um sich optimal entwickeln zu können.

1.1 Problemstellung

Ernährungsgewohnheiten und Geschmackspräferenzen werden vor allem im Kindesalter geprägt [Birch, 1998]. Die Verpflegung von Kindern stellt deshalb einen wichtigen Ansatzpunkt bei der Prävention von ernährungsbedingten Krankheiten auch im Erwachsenenalter dar [Kersting et al., 1993; Reinehr et al., 2006; Flodmark et al., 2004]. Zu den durch falsches Ernährungsverhalten verursachten oder geförderten Erkrankungen zählen Adipositas, Bluthochdruck, Diabetes mellitus Typ 2, Osteoporose, Gicht, Karies und verschiedene kardiovaskuläre Erkrankungen. Diese vermeidbaren Krankheiten bedeuten nicht nur erhebliche gesundheitliche Einschränkungen für die Betroffenen, sondern führen auch zu einer enormen finanziellen Belastung des Gesundheitssystems [Alexy et al., 1999]. So werden laut Regierungserklärung zur Ernährungspolitik der Bundesrepublik Deutschland vom 10. Mai 2007 rund 30 % der Gesundheitskosten bzw. 70 Milliarden Euro jährlich für die Behandlung von so genannten Zivilisationskrankheiten ausgegeben [Seehofer, 2007].

Die Steigerung der Qualität der Mittagsverpflegung in Kindertagesstätten ist daher ein zentrales Thema. Zur Qualitätssicherung sind entsprechende Maßnahmen erforderlich, welche am besten durch ein umfassendes Zertifizierungssystem realisiert werden können. Das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz hat daher die Technische Universität München¹ beauftragt, im Rahmen der so genannten KiTZ (**K**indertagesstätten-**Z**ertifizierungssystem) - Studie ein Zertifizierungssystem für die Mittagsverpflegung in Kindertagesstätten zu entwickeln.

Die Umsetzung eines Zertifizierungssystems erfordert in der Praxis immer ein hohes Maß an Kontrollmöglichkeiten. Schnelle und kostengünstige Methoden zur Bestimmung wichtiger Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte in zubereiteten Mahlzeiten sind eine wesentliche Voraussetzung. Eine labor-chemische Untersuchung des Speisenangebots auf verschiedene Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte ist grundsätzlich sehr kostenintensiv, sofern man mit den offiziellen Untersuchungsstandards arbeitet. Die Berechnung der Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte mittels Nährstoff-Datenbanken bietet dazu eine kostengünstige Alternative. Allerdings beinhaltet diese Option eine Reihe von evidenten Fehlerquellen, wie Unterschiede zwischen verschiedenen Sorten oder Teilstücken, unterschiedliches Alter der Roh-, Halbfertig- und Fertigprodukte, oder auch nur schwer abzuschätzende Einflüsse des Erntezeitpunkts, der Lagerung, Zerkleinerung, Zubereitung und anderem mehr. Eine Alternative ist in den zunehmend präziser arbeitenden Schnellmethoden zu sehen, welche durchzuführen sind und nur einen minimalen Aufwand bei der Probenvorbereitung erfordern.

1.2 Ziel der Arbeit

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den Ist-Zustand der ernährungsphysiologischen Qualität der Mittagsverpflegung in einer Auswahl von Münchner Kindertagesstätten festzustellen. Damit soll eine konkrete Basis zur Bewertung des aktuellen ernährungsphysiologischen Potentials verschiedener Kindertagesstätten, Verpflegungssysteme und Träger geschaffen werden. Parallel zu den eingesetzten offiziellen Methoden zur Analytik von Lebensmittelinhaltsstoffen sollen

¹ Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre - Marketing und Konsumforschung in Kooperation mit der Abteilung „Bioanalytik Weihenstephan“ im Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung

laborchemische Schnellmethoden entwickelt werden, die eine zügige Datengewinnung und eine kostengünstige Analytik garantieren. Für diese Zwecke besonders geeignet erscheinen die Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) zur Bestimmung der Makronährstoff-Gehalte in zubereiteten Speisen und die Messung des antioxidativen Potentials in wässriger Phase mittels Photochemolumineszenz (PCL). Zudem sollen die labor-chemisch analysierten Daten den anhand von Nährstoff-Datenbanken berechneten Nährstoff-Werten gegenübergestellt werden um eine realistische Vorstellung zur Genauigkeit der Berechnungen von Nährwerten zu erhalten. Letztlich sollen die analytisch ermittelten Werte mit den von der Officialberatung verwendeten Soll-Werten verglichen werden. Damit sollen die Voraussetzungen für die Entwicklung eines wissenschaftlich fundierten und praxisorientierten Zertifizierungssystems geschaffen werden.

2 Definitionen

Kindertagesstätte

Kindertagesstätten (Kitas) werden alle Einrichtungen genannt, in denen Kinder über 3 Jahre über mindestens 6 Stunden täglich betreut werden und dort ein Mittagessen erhalten [Deutsche Gesellschaft für Ernährung, 2000a].

Verpflegungssysteme in Kindertagesstätten

- Beim **Frischkostsystem** werden alle Speisen in der Kita vor- und zubereitet, portioniert und direkt verzehrt. Es findet eine zeitliche, räumliche und thermische Kopplung statt [AID, 2003].
- Beim **Warmverpflegungssystem** bereitet eine Zentralküche die Speisen zu. Die Speisen werden in Warmhaltebehältern in die Einrichtung transportiert und dort gegebenenfalls bis zum Verzehr warm gehalten [AID, 2003].
- Beim **Mischküchensystem** werden vorgefertigte und frisch zubereitete Speisekomponenten kombiniert. Die vorgefertigten, meist tiefgekühlten Speisen werden in der Kita regeneriert, während frische Speisen wie Salate und Desserts zusätzlich, meist von einer Küchenhilfskraft, vor Ort zubereitet werden [AID, 2003].

Sonstige Träger

Sonstige Träger sind alle Träger, die weder städtischen noch kirchlichen Trägern oder Trägern eines Wohlfahrtsverbandes angehören. Dazu zählen Elterninitiativen oder private Kinderbetreuungs-Einrichtungen.

Speisenkomponente

Als Speisenkomponente wird ein selbständig und separat zubereitetes Element des Mittagsmenüs bezeichnet, beispielsweise Spätzle, Salat oder Schnitzel.

Mahlzeit

Unter Mahlzeit wird der Zeitraum definiert, in dem gegessen wird.

Nahrungsinhaltsstoff-Gehalt

Der Nahrungsinhaltsstoff-Gehalt einer Speise wird labor-chemisch oder rechnerisch ermittelt und in Gramm pro 100 g der Speise angegeben. Beispiel: Die labor-chemische Analyse von Kartoffelbrei ergibt einen Roheiweiß-Gehalt von 2,2 g Eiweiß pro 100 g essfertigem Kartoffelbrei.

Nahrungsinhaltsstoff-Zufuhr

Die Nahrungsinhaltsstoff-Zufuhr wird berechnet, indem der Nahrungsinhaltsstoff-Gehalt der Speise mit der von einem Kind durchschnittlich verzehrten Portion verrechnet wird. Angegeben wird die Nahrungsinhaltsstoff-Zufuhr in Gramm pro verzehrte Portion. Beispiel: Die durchschnittliche Verzehrsmenge von Kartoffelbrei liegt bei 120 g. Wird diese Portionsgröße mit dem analytisch bestimmten Eiweiß-Gehalt verknüpft, ergibt sich eine Eiweiß-Zufuhr von $2,2 \text{ g} / 100 \text{ g} \cdot 120 \text{ g} = 2,7 \text{ g}$ pro Portion Kartoffelbrei.

Rohnährstoffe

Bei der labor-chemischen Bestimmung des Eiweiß-, Fett-, Ballaststoff-, Wasser-, und Asche-Gehaltes wird der Rohnährstoff-Gehalt analysiert. Dies verdeutlicht, dass es sich bei den ermittelten Werten nicht um den reinen Nahrungsinhaltsstoff-Gehalt handelt, sondern dass immer auch Inhaltsstoffe der gleichen Stoffgruppe mit ähnlichen chemischen Eigenschaften im Endergebnis mit enthalten sein können (Anhang 1).

„Gut berechenbare“ Speisen

Unter „gut berechenbaren“ Speisen werden Speisen verstanden, bei denen für die Berechnung der Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte anhand von Nährstoff-Datenbanken ausreichend Information vorhanden ist.

Zum einen fallen hierunter Speisen, die nur aus einer Zutat bestehen. Zwar sind für diese Speisen keine Zutatenlisten vorhanden, die berechnet werden können, für das Lebensmittel können jedoch die entsprechenden Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte aus der Datenbank entnommen werden. Beispiele sind einzelne Obstsorten, Semmeln, gekochte Eier oder Gemüserohkost.

Zum anderen sind es Speisen, die aus mindestens zwei Zutaten bestehen, und für die vollständige Rezepturangaben vorliegen.

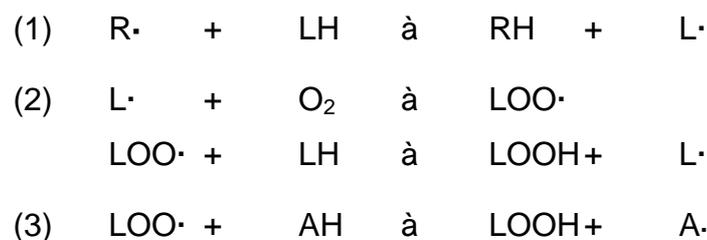
„Vergleichsspeisen“

In diese Kategorie fallen Speisen deren Zutaten entweder nicht detailliert von der Küche angegeben worden sind oder die nicht in der vorliegenden Form in der Nährwert-Datenbank enthalten sind. Als „Vergleichsspeisen“ sind also bereits in der Datenbank vorhandene und berechnete Rezepte zu verstehen, welche der tatsächlich angebotenen Speise möglichst ähnlich sind.

Freie Radikale

Freie Radikale (R·) sind kurzlebige Moleküle mit ungepaarten Außenelektronen. Sie sind höchst instabil und hochreaktiv und können deshalb sehr schnell reagieren, indem sie stabilen Verbindungen Elektronen entreißen um sich selbst zu stabilisieren (1). Die vorher stabilen Verbindungen, zum Beispiel Lipide, Proteine oder DNA, werden dabei beschädigt. Zudem werden sie selbst zum Radikal, wodurch eine Kettenreaktion von zellschädigenden Prozessen gestartet wird (2) [Burgerstein, 2002]. Diese Kettenreaktion läuft so lange ab, bis zwei Radikale miteinander reagieren und sich auf diese Weise neutralisieren oder eine antioxidative Substanz (AH) die Reaktion unterbricht (3) [Elmadfa, 1982].

Der schematische Ablauf dieser Reaktion wird im Folgenden anhand der Lipidperoxidation an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (LH) dargestellt [Dargel, 1992; Frankel, 1996]:



R·	=	Radikal
LH	=	Lipid
RH	=	stabilisiertes Radikal
L·	=	Lipidradikal
O ₂	=	Sauerstoff-Molekül
LOO·	=	Lipidperoxyradikal
LOOH	=	Lipidhydroperoxid
AH	=	Antioxidative Substanz
A·	=	„verbrauchtes“ Antioxidans

Antioxidantien

Zur Gruppe der Antioxidantien zählen eine Vielzahl von Substanzen mit unterschiedlicher chemischer Struktur, Löslichkeit und Reaktivität. Allen

Antioxidantien gemeinsam ist jedoch deren Fähigkeit freie Radikale (reaktive Sauerstoff- und Stickstoffverbindungen) zu „neutralisieren“ bzw. diese Wirkung zu unterstützen (Synergisten) und so zum Beispiel Lipide, Proteine oder die DNA vor oxidativer Schädigung zu schützen [Grune, 2002; Elmadfa, 1982]. Die Bestimmung des antioxidativen Potentials steht daher für die Ermittlung eines summarischen Wertes für alle antioxidativ wirkenden Kräfte im wasser- oder fettlöslichen Milieu.

3 Material und Methoden

Bei der Auswahl der Kindertagesstätten mussten verschiedene Aspekte berücksichtigt werden, unter anderem die Entfernung zum Labor, die Transportmöglichkeiten, die Verteilung über bestimmte Träger oder auch nur die Größe der Kitas. Nachdem der Nahbereich in und um Freising eine relativ ungünstige Verteilung aufwies, ergab sich auch aus logistischen Gründen eine Konzentration auf die Kindertagesstätten der Landeshauptstadt München.

Zur Definition von Mahlzeiten, Portionen und Komponenten waren verschiedene Vorversuche und Tests notwendig. Erst anhand von praxisrelevanten Kriterien konnte dann ein System zur Probenerfassung, Aufbereitung und Lagerung entwickelt werden, welches eine einheitliche und reproduzierbare Probenqualität gewährleistete.

Die Beschreibung der Methoden umfasst die im Rahmen dieser Studie angewandten analytischen Methoden einschließlich der häufig sehr aufwendigen Probenvorbereitungen. Grundsätzlich werden nur die zur exakten Reproduzierbarkeit notwendig erscheinenden Angaben gemacht, ansonst wird jeweils auf die einschlägigen Methodenbeschreibungen des VDLUFA und anderer hingewiesen. Die angewandten und entwickelten Schnellmethoden werden dagegen in allen Details beschrieben, da diese für die weiteren Arbeiten zur Entwicklung eines Zertifizierungssystems von grundlegender Bedeutung sind.

3.1 Auswahl der Studienteilnehmer

Untersucht wurde die Mittagsverpflegung von 30 Kindertagesstätten in München. Die Studienteilnehmer wurden nach vorgegebenen Kriterien ausgewählt, also nach Art des Verpflegungssystems, der Speisenplangestaltung, dem Abgabepreis, der Beurteilung des Geschmacks des Mittagessens durch das pädagogische Personal und aus logistischen Gründen der Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz. Die entsprechenden Informationen über die Kitas wurden einer Befragung aller Münchner Kitas (Vollerhebung) entnommen, die im Rahmen der KiTZ-Studie durchgeführt wurde.

Die unterschiedlichen Verpflegungssysteme waren bei den 30 teilnehmenden Kitas mit der gleichen Häufigkeit vertreten. So nahmen an der Studie zehn Kitas mit Mischküchensystem, zehn mit Warmverpflegungssystem und zehn mit Frischkostsystem (sechs Vollküchen und vier Kitas, in denen die Eltern kochen) teil. Insgesamt wurden die Mischküchensysteme von drei unterschiedlichen Tiefkühlkost-Anbietern beliefert. Kitas mit Warmverpflegungssystem wurden von sechs verschiedenen Fernküchen versorgt.

3.2 Bewertung der ernährungsphysiologischen Qualität der Mittagsverpflegung

Es erfolgte eine Bestimmung der effektiv zubereiteten und konsumierten Speisemengen mit anschließender Analytik der Inhaltsstoffe. Aus den Ergebnissen wurde ein Nährstoffprofil generiert, welches schließlich mit den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) verglichen wurde.

3.2.1 Bestimmung der Ist-Zufuhr

Pro Kita wurden an insgesamt fünf verschiedenen Wochentagen im Februar und Juli 2006 Proben des Mittagmenüs gezogen. Auf diese Weise wurden saisonale Schwankungen sowie wochentagspezifische Gerichte erfasst. Die verschiedenen Komponenten des Mittagmenüs, zum Beispiel Vorspeise, Salat, Fleisch mit Soße, Nudeln mit Soße, Geschnetzeltes mit Reis, Kartoffel-, Gemüsebeilage oder Nachspeise, wurden getrennt gesammelt.

Die **Probennahme** wurde von fünf Mitarbeitern der Bioanalytik Weihenstephan durchgeführt. Die Probennehmer fuhren mit öffentlichen Verkehrsmitteln im Februar und Juli 2006 jeweils drei Wochen täglich zu verschiedenen Kitas und führten dort die Probennahme kurz vor Beginn des Mittagessens durch. Die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln bot in Bezug auf die Kosten und die logistische Planung deutliche Vorteile gegenüber einer Probennahme mit dem PKW, da die Probennehmer unabhängig voneinander die Probennahme durchführen konnten.

Um den **durchschnittlichen Verzehr** der Kinder zu erfassen, wurden während der Probennahmen zusammen mit der Erzieherin für jede Menükomponente die durchschnittlich von einem fünfjährigen Kind verzehrte Menge abgeschätzt und im

Probennahme-Erfassungsbogen (Anhang 2) notiert. In Einrichtungen, in denen nur Kinder zwischen sechs und zehn Jahren betreut wurden, diente ein sechsjähriges Kind als Referenz. Die einzelnen Speisekomponenten wurden zu Gruppen zusammengefasst und für jede Gruppe wurde die durchschnittlich verzehrte Portionsmenge berechnet (Anhang 3).

Um genügend Probenmaterial für die labor-chemischen Analysen zu haben, wurden die einzelnen Behälter nach Abwiegen der durchschnittlichen Verzehrsmenge mit der jeweiligen Komponente auf 600 g aufgefüllt, verschlossen und in den mitgebrachten Kühlboxen aufbewahrt.

Die gezogenen Speiseproben wurden auf schnellstem Weg in die Versuchsstation Thalhausen transportiert, wo sie sofort homogenisiert, für die verschiedenen Analysen portioniert, vakuumverpackt und bis zur Analyse bei -18 °C gefrierkonserviert wurden. Auf diese Weise wurde verhindert, dass das Probenmaterial für die verschiedenen Analysen mehrmals aufgetaut und wieder eingefroren werden musste. Natürlich ablaufende Abbaureaktionen im Probenmaterial wurden dadurch weitestgehend ausgeschlossen.

Zur Berechnung der Nährstoff-Gehalte mittels Nährstoff-Datenbanken wurden detaillierte **Zutatenlisten** benötigt. Um möglichst genaue und ausführliche Angaben zu erhalten, wurden an die Küchen vorgefertigte Tabellen ausgeteilt (Anhang 4), in die sie die Art und Menge der verwendeten Zutaten eintragen sollten. Zusätzlich wurden ein bereits ausgefülltes Musterexemplar (Anhang 5) und eine schriftliche Anleitung zum Ausfüllen der Zutatenliste (Anhang 6) als Hilfestellung mitgegeben. In die Zutatenliste wurden für jede Speisekomponente die Zutaten getrennt eingetragen. Die Beschreibung der verwendeten Zutaten sollte möglichst genau sein. So wurde darauf hingewiesen, dass zum Beispiel auch der Fett-Gehalt der verwendeten Produkte und eventuelle Mineralstoffanreicherungen mit angegeben werden sollten. Um die Zusammensetzung von Fertigprodukten nachvollziehen zu können, wurde gebeten, auch die Marke des Produktes zu nennen. Die verwendeten Mengen wurden, wenn möglich, abgewogen und in Gramm angegeben. Eingetragen wurde auch, ob sich das Gewicht auf Lebensmittel mit oder ohne Abfall bezieht.

3.2.2 Bestimmung der Soll-Zufuhr

Im Rahmen des KiTZ-Projektes wurden Soll-Werte für die Nährstoff-Zufuhr durch das Mittagessen in Kindertagesstätten entwickelt. In vorliegender Arbeit wurden zudem Nährstoffempfehlungen für die Gemeinschaftsverpflegung der DGE berücksichtigt (Anhang 7) [Deutsche Gesellschaft für Ernährung, 2000b]. Je nach Alter, Größe, Gewicht und Aktivität kann der Bedarf der Kinder zum Teil erheblich schwanken. Diese Bedarfsschwankungen werden berücksichtigt, indem ein Empfehlungs-Bereich und nicht nur ein einzelner Empfehlungs-Wert für die Nährstoff-Zufuhr angegeben wird. Die Soll-Zufuhr basiert auf diesen Empfehlungs-Bereichen.

Laut DGE genügt es, wenn Empfehlungen für die Nährstoff-Zufuhr im Durchschnitt über einen gewissen Zeitraum erreicht werden. Aus diesem Grund wird im Ergebnisteil (Kap. 4.1) nicht die Nährstoff-Zufuhr durch jede einzelne Speisekomponente getrennt angegeben, sondern der Durchschnittswert der fünf gezogenen Mittagessenszeiten dargestellt.

3.2.3 Vergleich der Ist- mit der Soll-Zufuhr

Zur Beurteilung der ermittelten Ist-Werte, wurde die durchschnittliche Nährstoff-Zufuhr durch die Mittagessenszeiten den Soll-Werten gegenübergestellt.

3.3 Probenmaterial

Während der ersten Probennahme im Februar 2006 wurden 244 und während der zweiten Probennahme im Juli 2006 wurden 214 Einzelproben gezogen. Insgesamt wurden demnach 458 Proben untersucht, die zu verschiedenen Speisengruppen zusammengefasst werden können (Abb. 1).

Aus Abbildung 1 wird deutlich, dass als Vorspeise vor allem Rohkost/Salat und als Hauptspeise am häufigsten Fleisch- sowie Nudel-/Getreidegerichte angeboten wurden. Als Beilage wurden Kartoffeln und Gemüse bevorzugt. Als Dessert wurden vor allem milchhaltige Nachspeisen und Obst gereicht.

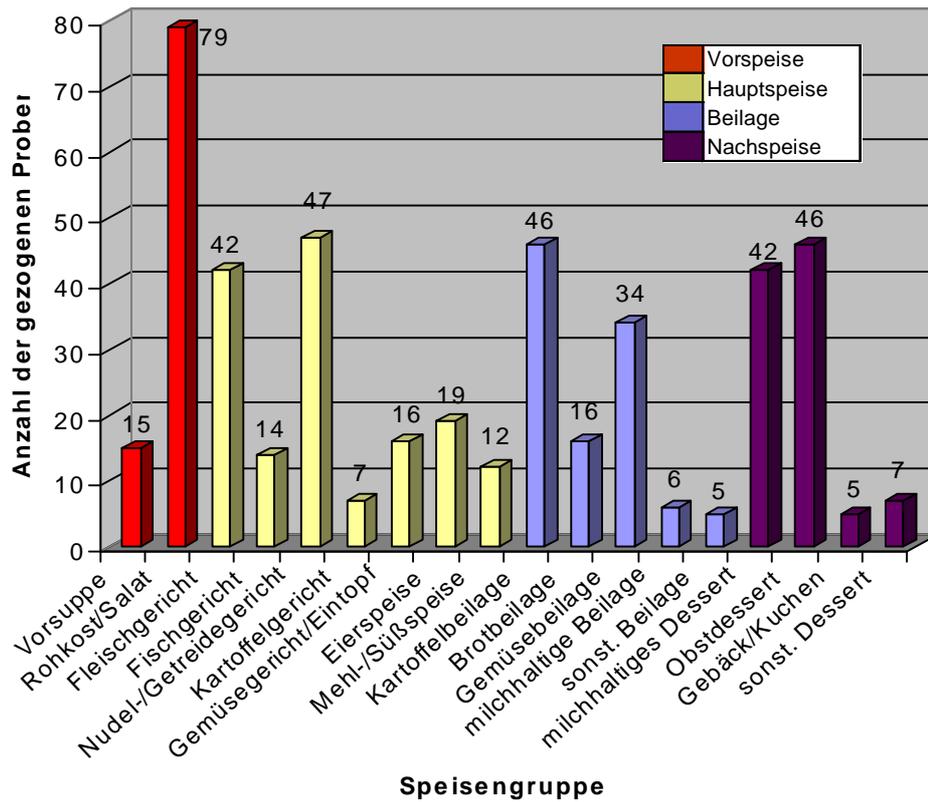


Abb. 1: Anzahl der gezogenen Proben pro Speisengruppe

Die Anzahl der gezogenen Proben pro Verpflegungssystem unterschied sich nur geringfügig. Die meisten Proben stammten aus Kitas mit Warmverpflegungssystem. Am wenigsten Proben wurden in Kitas mit Mischküchensystem gezogen (Abb. 2).

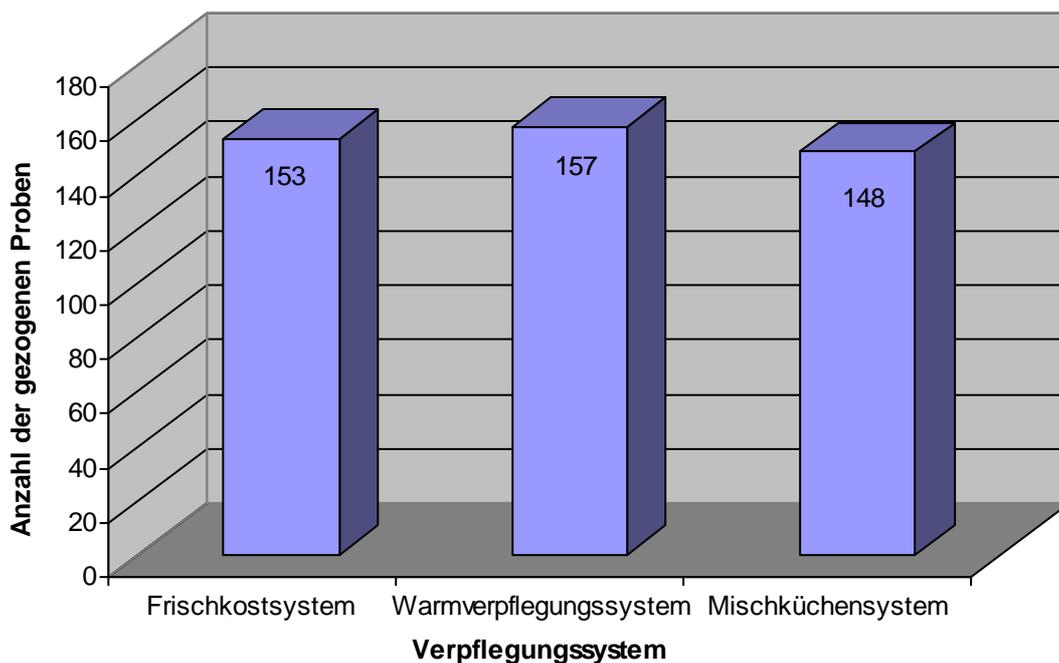


Abb. 2: Anzahl der gezogenen Proben pro Verpflegungssystem

3.4 Referenzanalytische Methoden

Im Wesentlichen handelt es sich hier um das analytische Methodenspektrum der BIOANALYTIK WEIHENSTEPHAN der Technischen Universität München (TUM) und des Analytiklabors der Versuchsstation Thalhausen, TUM. Nur im Fall von Jod wurde eine größere Untersuchungsserie außer Haus vergeben.

3.4.1 Bestimmung des Energie-Gehaltes

Der Energie-Gehalt der Lebensmittel wurde rechnerisch aus dem Fett-, Stärke-, Zucker-, Protein- und Ballaststoff-Gehalt der Probe ermittelt. Als Basis für die Berechnung dienten die physiologischen Brennwerte dieser Energie liefernden Nahrungsinhaltsstoffe.

Angegeben wird die Energie in Kilojoule (kJ) pro 100 g Speise (Gl. 1).

$$\begin{aligned} \text{Energie-Gehalt [kJ/100 g]} = & \text{Fett-Gehalt [\%]} \times 37 \text{ [kJ/g]} + (\text{Stärke-Gehalt [\%]} + \\ & \text{Zucker-Gehalt [\%]} \times 17 \text{ [kJ/g]} + \text{Protein-Gehalt [\%]} \times \\ & 17 \text{ [kJ/g]} + \text{Ballaststoff-Gehalt [\%]} \times 8 \text{ [kJ/g]} \end{aligned} \quad (\text{Gl. 1})$$

3.4.2 Bestimmung des Protein-Gehaltes

Proteine sind Polymere aus Aminosäuren, die durch Peptidbindungen miteinander verbunden sind. Insgesamt existieren 20 verschiedene Aminosäuren, die alle eine Carboxylgruppe (-COOH) und mindestens eine Aminogruppe (-NH₂) besitzen und sich strukturell nur durch unterschiedliche Seitenketten („Rest“) unterscheiden (Abb. 3).

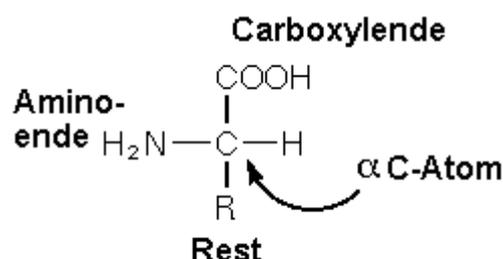


Abb. 3: Chemische Struktur von Aminosäuren

Die Bestimmung des Protein-Gehaltes erfolgte anhand des Stickstoff-Anteils im Probenmaterial. In gemischten Lebensmitteln beträgt der Stickstoff-Anteil in

Proteinen im Mittel ca. 16 %. Wird der ermittelte Stickstoff-Gehalt der Lebensmittelprobe mit dem Faktor 6,25 multipliziert, erhält man einen Näherungswert für den Eiweiß-Gehalt der Probe [Elmadfa et al., 1998; Petrides et al., 2003b; Petrides et al., 2003a].

Für die Untersuchung der Lebensmittelproben wurden zwei unterschiedliche Verfahren zur Stickstoff-Bestimmung angewandt. So wurden feuchte, klebrige und fettreiche Matrices nach KJELDAHL bestimmt. Trockenes Probenmaterial wurde nach DUMAS analysiert. Im Folgenden werden beide Methoden erläutert.

Die Stickstoff-Bestimmung nach KJELDAHL erfolgt nach saurem Probenaufschluss und Wasserdampfdestillation titrimetrisch. Erfasst wird dabei neben dem Eiweißstickstoff auch Stickstoff aus Nicht-Protein-Verbindungen, zum Beispiel aus freien Aminosäuren, Säureamiden (Glutamin, Asparagin), Betain oder Nukleinsäuren [Kirchgessner, 2004; Lammers, 2007].

Reagenzien:

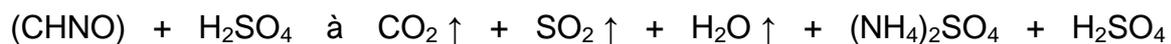
- (1.1) Konzentrierte Schwefelsäure, 95-97 %ig, p. a. (Fluka, Buchs, Schweiz)
- (1.2) Kjeltabs Cu/3,5 (Foss, Hamburg)
- (1.3) Natronlauge, 32 %ig (Merck, Darmstadt)
- (1.4) Indikatorlösung: 100 ml Bromkresolgrün-Lösung (1.4.1) werden mit 70 ml Methylrot-Lösung (1.4.2) zu 10 l 1 %iger Borsäure (1.4.3) zugegeben.
- (1.4.1) Bromkresolgrün-Lösung: 0,1 g Bromkresolgrün (Merck, Darmstadt) werden in einen 100 ml Messkolben eingewogen, mit Methanol, p. a. (Merck, Darmstadt) aufgefüllt und gut vermischt.
- (1.4.2) Methylrot-Lösung: 0,1 g Methylrot (Merck, Darmstadt) werden in einen 100 ml Messkolben eingewogen, mit Methanol, p. a. (Merck, Darmstadt) aufgefüllt und gut vermischt.
- (1.4.3) 1 %ige Borsäure H_3BO_3 (J. T. Baker, Phillipsburg, USA)
- (1.5) Salzsäure, 0,2 N (Merck, Darmstadt)

Geräte:

- (2.1) Aufschlussgläser 250 ml (Foss, Hamburg)
- (2.2) Aufschlussapparatur 2020 Digestor (Foss, Hamburg)
- (2.3) 2001 Scrubber Unit mit Lauge- und Wasserbehälter (Foss, Hamburg)

- (2.4) Kjelttec Auto Sampler System bestehend aus
- 2400 Kjelttec Analyzer Unit
 - 2460 Auto Sampler System (Foss, Hamburg)

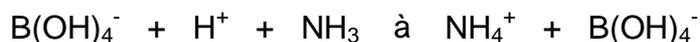
1,2-1,5 g Probenmaterial werden auf 1 mg genau in ein Aufschlussglas (2.1) eingewogen und mit konzentrierter Schwefelsäure (1.1) im Überschuss und zwei Katalysator-Tabletten (1.2) versetzt. Die Katalysator-Tabletten enthalten Kupfer um die Aktivierungsenergie der Reaktion zu reduzieren und K_2SO_4 um den Siedepunkt des Reaktionsansatzes zu erhöhen. Der Kolben wird in die Aufschlussapparatur (2.2) gestellt, dort innerhalb von 45 min linear auf 420 °C erhitzt und 1 h so belassen. Die entstehenden sauren Dämpfe werden dabei automatisch abgesaugt und durch den Scrubber (2.3) neutralisiert. Durch den sauren Aufschluss werden organische Anteile aus der Matrix entfernt und der im Probenmaterial enthaltene Stickstoff in Ammoniumsulfat $(NH_4)_2SO_4$ umgewandelt.



Das Ammoniumsulfat liegt nun in Schwefelsäure gelöst vor. Das Aufschlussglas wird in die Kjelttec Analyzer Unit mit automatisiertem Probengeber (2.4) gestellt. Die Probenlösung wird vollautomatisch mit 35 ml 32 %iger Natronlauge NaOH (1.3) versetzt, um die Schwefelsäure zu neutralisieren und Ammoniak NH_3 freizusetzen.



Der entstandene Ammoniak wird mittels Wasserdampfdestillation über einen Kühler quantitativ in die saure Indikatorlösung (1.4) eingeleitet, wobei der Indikator von rot nach grün umschlägt.



Der verbleibende Borsäure-Gehalt der Lösung wird titrimetrisch mit 0,2 N Salzsäure (1.5) bestimmt. Die Indikatorlösung schlägt dabei von grün wieder nach rot um.



Das Volumen der verbrauchten Salzsäure wird automatisch in den Stickstoff-Gehalt bzw. in den Protein-Gehalt des analysierten Probenmaterials umgerechnet und in Prozent der Frischmasse angegeben (Gl. 2).

$$\text{Protein-Gehalt}[\% \text{ FM}] = \frac{(T - B) \times 14,007 \times N \times 100}{\text{Einwaage}[\text{mg}]} \times 6,25 \quad (\text{Gl. 2})$$

- T = Verbrauchte Salzsäure bei der Titration der Probe [ml]
B = Verbrauchte Salzsäure bei der Titration des Blindwertes [ml]
N = Normalität der Salzsäure (hier: 0,2 N)

Die Stickstoff-Bestimmung nach DUMAS erfolgt durch den Vergleich der Wärmeleitfähigkeit eines Helium-Stickstoff-Gemisches mit der von reinem Helium. Der elementare Stickstoff N₂ wird zuvor durch Verbrennung des Probenmaterials und verschiedene Reinigungsschritte aus der Matrix gewonnen. Erfasst werden alle Stickstoffverbindungen im Probenmaterial, zum Beispiel auch Nitrat [Leco, 2007].

Reagenzien:

- (1.1) Sauerstoff 4.5 (Linde, Wiesbaden)
- (1.2) Helium 4.6 (Linde, Wiesbaden)

Geräte:

- (2.1) Stickstofffreies Papier MN 13 (Macherey-Nagel, Düren)
- (2.2) LECO FP-528 (Leco, St. Joseph, USA)

Es werden 200-250 mg getrocknetes Probenmaterial auf 0,1 mg genau in stickstofffreies Papier (2.1) eingewogen und von Hand gepresst. Die Probe wird in die Probenschleuse (2.2) gelegt und das System wird verschlossen. Anschließend fällt die Probe in ein U-förmiges Verbrennungsrohr aus dem alle atmosphärischen Gase entfernt wurden, wird dort kontrolliert mit reinem Sauerstoff (1.1) überspült und bei über 850 °C oxidativ verbrannt. Die während der Verbrennung entstehenden Gase, zum Beispiel CO₂, H₂O, NO_x, N₂, SO₂ oder Halogenwasserstoffe, werden durch einen thermoelektrischen Kühler und verschiedene Filter geleitet um störende Substanzen wie Verbrennungsrückstände, Staub und Schwebstoffe, abzutrennen. Anschließend werden sie in einem Behälter gesammelt, dort homogenisiert und komprimiert. Ein Aliquot dieser Verbrennungsgase wird mit einer definierten Menge des Trägergases Helium (1.2) gemischt und im weiteren Analysenverlauf katalytisch nachbehandelt. Das Trägergas wurde zuvor gefiltert und es wurden Kohlendioxid sowie Wasser entzogen. Das Verbrennungsgas-Helium-Gemisch fließt durch einen kupferkatalysierten Ofen (750 °C), in dem überschüssiger Sauerstoff gebunden und Stickoxide zu elementarem Stickstoff reduziert werden. Anschließend werden dem

Gasgemisch Kohlendioxid und Wasser entzogen. Im Trägergas ist nun nur noch elementarer Stickstoff enthalten, dessen Wärmeleitfähigkeit im Wärmeleitfähigkeitsdetektor quantitativ durch Vergleich mit reinem Helium erfasst wird.

3.4.3 Bestimmung des Fett-Gehaltes

Lipide sind durch ihre Unlöslichkeit in Wasser und ihre Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln gekennzeichnet, wodurch sie in der nass-chemischen Analytik leicht von Proteinen oder Kohlenhydraten abgetrennt werden können [Belitz et al., 2001].

Der Fett-Gehalt wurde durch eine gravimetrische Extraktionsrückstandsbestimmung nach Säureaufschluss (Methode nach WEIBULL und STOLDT) und anschließender Soxhlet-Extraktion bestimmt. Gemessen werden dabei alle in Petrolether löslichen Substanzen, beispielsweise Triacylglycerole, Sterine, Wachse, Carotine, fettlösliche Vitamine, Chlorophylle, organische Säuren und weitere Substanzen aus der Stoffklasse der Lipide. Erfasst wird auch Fett, das chemisch oder adsorptiv an Proteine oder Kohlenhydrate gebunden vorliegt [Kirchgessner, 2004; VDLUFA, 1988].

Reagenzien:

- (1.1) Salzsäure, 37-38 %ig (J. T. Baker, Phillipsburg, USA)
- (1.2) Kieselgur (Merck, Darmstadt)
- (1.3) Petrolether, Siedebereich 40-60 °C (Riedel-de Haën, Seelze)

Geräte:

- (2.1) fettfreie Faltenfilter, 604 ½, ø 240 mm (Whatman, Brentford, UK)
- (2.2) Umlufttrockenschrank Venticell 103 °C (MMM-Medcenter, Planegg)
- (2.3) Soxhlet Extraktionsapparatur Kjeldaltherm (Gerhardt, Königswinter-Oberdollendorf)
- (2.4) Vakuumtrockenschrank 80 °C (Heraeus, Hanau)

3-5 g des homogenisierten Probenmaterials werden auf 1 mg genau in ein 250 ml Becherglas eingewogen und mit 100 ml Salzsäure (1.1) und einigen Stückchen Bimsstein versetzt. Das Becherglas wird mit einem Uhrglas abgedeckt, das Gemisch auf einer Heizplatte zu leichtem Sieden gebracht und 1 h so gehalten. Nach dem

Abkühlen der Probe wird als Filtrationsmittel ca. ein Löffel Kieselgur (1.2) zugegeben um einen Fettverlust während der anschließenden Filtration zu verhindern. Filtriert wird mit einem feuchten fettfreien Papierfilter (2.1). Der Rückstand wird mit heißem destilliertem Wasser bis zur neutralen Reaktion gewaschen. Anschließend wird der Papierfilter samt Rückstand in das Becherglas gelegt und 2 h bei 103 °C in den Trockenschrank (2.2) gestellt.

Für die Soxhlet-Extraktion wird der Filter mit dem getrockneten Rückstand in einen zweiten Filter gesteckt, um eventuelle Beschädigungen des ersten Filters auszugleichen. Die Filter werden in die Soxhlet-Extraktionsapparatur (2.3) gestellt und mit Petrolether (1.3) mindestens 8 h extrahiert. Der Petrolether wird dabei in einem 100 ml Standkolben aufgefangen, der vorher mit Siedesteinchen versetzt bei 103 °C vorgetrocknet (2.2), im Exsiccator abgekühlt und auf 1 mg genau zurück gewogen wurde. Nach Beendigung der Extraktion werden die Filter aus dem Gerät genommen und die Apparatur ohne Filter weiterlaufen gelassen, um das Lösungsmittel abzudestillieren. Der Auffang-Kolben samt Rückstand wird 2 h bei 80 °C im Vakuumtrockenschrank (2.4) getrocknet, im Exsiccator abgekühlt und auf 1 mg genau gewogen.

Der Fett-Gehalt der Probe wird in Prozent der Frischmasse angegeben (Gl. 3).

$$\text{Fett - Gehalt}[\% \text{ FM}] = \frac{(m_2 - m_1)}{\text{Einwaage}[\text{g}]} \times 100 \quad (\text{Gl. 3})$$

- m_1 = Gewicht des leeren Auffangkolbens [g]
 m_2 = Gewicht des Auffangkolbens mit Fett [g]

3.4.4 Bestimmung des Fettsäuremusters

Durch das Fettsäuremuster können Qualität und Herkunft des im Lebensmittel enthaltenen Fettes näher bestimmt werden. Die ermittelten Fettsäuren werden dazu in gesättigte, einfach ungesättigte, mehrfach ungesättigte, konjugierte und trans-Fettsäuren gruppiert. Zusätzlich wird der Gehalt an n-3- und n-6-Fettsäuren angegeben.

Das Fettsäuremuster wird gaschromatographisch aus dem nach WEIBULL und STOLDT extrahierten Fett (Kap. 3.4.3) bestimmt. Fettsäuren sind sehr empfindlich und für eine direkte gaschromatographische Trennung auf Grund ihres relativ hohen

Siedepunktes schwer zugänglich. Fettsäuren liegen in Nahrungsmitteln nur sehr selten in freier Form vor. Deshalb müssen die Fettsäuren erst aus ihren natürlichen Esterverbindungen, also aus den Tri-, Di- und Monoglyceriden sowie Phospholipiden herausgelöst werden. Die Flüchtigkeit und die geringe thermische Stabilität von freien Fettsäuren erfordert eine schnellstmögliche Umesterung zu entsprechend stabileren und gut trennbaren Fettsäureestern. Dies geschieht im Rahmen der Umesterung der verschiedenen in den Fetten vorliegenden Fettsäuren zu Fettsäuremethylestern, welche in optimaler Weise zur gaschromatographischen Trennung geeignet sind. Die Fettsäuremethylester werden sodann gaschromatographisch getrennt und im Flammenionisationsdetektor quantitativ bestimmt [Belitz et al., 2001].

Reagenzien:

- (1.1) tert-Butylmethylether, Suprasolv (Merck, Darmstadt)
- (1.2) Trimethylsulfoniumhydroxid (TMSH), 0,25 M in Methanol (Fluka, Buchs, Schweiz)
- (1.3) Standards: Fettsäuremethylester (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA)

Geräte:

- (2.1) Vortex (Heidolph, Nürnberg)
- (2.2) Mikroliter-Spritze, 50 µl (Hamilton, Bonaduz, Schweiz)
- (2.3) Gaschromatograph HP 6890 (Hewlett Packard, USA) mit
 - Autosampler HP 7683
 - Kapillarsäule HP-DB23, Innendurchmesser 0,25 mm, Länge 60 m, Schichtdicke 0,25 µm (J&W Scientific, Folsom, USA)
 - Flammenionisationsdetektor

Etwa 0,03 g des extrahierten Fettes werden in ein GC-Vial eingewogen, mit 1 ml tert-Butylmethylether (1.1) versetzt, verschlossen und anschließend geschüttelt (2.1) bis sich das Fett gelöst hat. 100 µl dieser Fett-Lösung werden in ein neues GC-Vial überführt und mit Hilfe einer Hamilton-Spritze (2.2) sofort mit 50 µl TMSH (1.2) umgeestert. Das Vial wird umgehend verschlossen, einige Sekunden geschüttelt (2.1) und in den Autosampler des GC (2.3) gestellt. Der automatische Probengeber injiziert 1 µl der Proben-Lösung in den Einspritzblock, in dem die Fettsäuremethylester bei 250 °C verdampfen. Die gasförmigen Probeninhaltsstoffe

werden mit Hilfe des Trägergases Wasserstoff mit konstanter Strömungsgeschwindigkeit durch die Säule transportiert (Split 1:100; 40 cm/s). Anhand eines nicht linearen Temperaturprogrammes von 100 bis 250 °C (Tab. 1) werden die Fettsäuremethylester an der stationären Phase innerhalb von 40 min sehr gut entsprechend ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften getrennt.

Tab.1: Temperaturverlauf im Säulenofen bei der gaschromatographischen Bestimmung des Fettsäuremusters	
Zeit [min]	Temperatur Säulenofen [°C]
0.00	GC Autozero GC Temperature = 100
1.00	100
7.15	170
23.51	215
30.00	215
33.00	230
36.00	230
40.00	GC AcqOff GC Temperature = 250

Die Detektion der Substanzen erfolgt im Flammenionisationsdetektor durch Verbrennung der ankommenden Substanzen in einem Wasserstoff-Luft-Gemisch. Anschließend können die Fettsäuremethylester durch einen Vergleich der Retentionszeiten mit einem Standardgemisch aus 37 Fettsäuren identifiziert und anhand der Peakfläche quantifiziert werden.

3.4.5 Bestimmung des Stärke-Gehaltes

Ein natürlicher Lichtstrahl schwingt in allen Ebenen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung des Lichtstrahls. Im Polarimeter werden anhand eines NICOL-Prismas aus einem normalen Lichtstrahl zwei linear polarisierte Lichtstrahlen erzeugt, deren Schwingungsebenen senkrecht zueinander stehen. Das Prisma durchquert jedoch nur der senkrecht zur Verkittungsfläche des Prismas schwingende polarisierte Lichtstrahl, der andere wird reflektiert [Schwister et al., 1999]. Optisch aktive Substanzen, zum Beispiel Stärke, drehen die Schwingungsebene von linear polarisiertem Licht. Das Ausmaß dieser Drehung kann

im Polarimeter gemessen und damit die enthaltene Stärke im Probenmaterial quantitativ bestimmt werden.

Die Stärke-Bestimmung nach dem polarimetrischen Salzsäureverfahren von EWERS erfolgt in zwei getrennten Schritten. In Schritt 1 wird die Matrix mit verdünnter Salzsäure behandelt, geklärt, filtriert und anschließend die gesamte optische Drehung polarimetrisch gemessen. In Schritt 2 wird die Probe zuvor mit Ethanol extrahiert, um die in Ethanol unlöslichen Bestandteile, zum Beispiel Stärke, abzutrennen (= Blindwert). Ansonsten wird verfahren wie in Schritt 1 [VDLUFA, 1983].

Reagenzien:

- (1.1) Salzsäure, 25 %ig, p. a. (Merck, Darmstadt)
- (1.2) Carrez-Lösung I: 21,9 g Zinkacetat (Merck, Darmstadt) und 3 g Eisessig (Merck, Darmstadt) werden in einem 100 ml Messkolben mit destilliertem Wasser gelöst und bis zur Marke aufgefüllt.
- (1.3) Carrez-Lösung II: 10,6 g Kaliumhexacyanoferrat (II) (Merck, Darmstadt) werden in einem 100 ml Messkolben mit destilliertem Wasser gelöst und bis zur Marke aufgefüllt.
- (1.4) Ethanol, 40 %ig (CLN GmbH, Niederhummel)
- (1.5) Salzsäure, 1,128 %ig, p. a. (Merck, Darmstadt)

Geräte:

- (2.1) Faltenfilter 0797 H $\frac{1}{2}$, \varnothing 240 mm (Whatman, Brentford, UK)
- (2.2) Polarimeter Sucromat (Anton Paar OptoTec, Seelze)
- (2.3) Faltenfilter 675 $\frac{1}{4}$, \varnothing 240 mm (Macherey-Nagel, Düren)

Schritt 1: Bestimmung der gesamten optischen Drehung

2,5 g des homogenisierten Probenmaterials werden auf 1 mg genau in einen 100 ml Messkolben eingewogen und mit 25 ml Salzsäure (1.5) versetzt. Der Kolben wird geschüttelt bis sich das Probenmaterial und die Säure gut vermischt haben und anschließend nochmals mit 25 ml Salzsäure (1.5) versetzt. Die Probe wird 15 min in ein siedendes Wasserbad gestellt. Dabei ist darauf zu achten, dass das Wasserbad ein ausreichend großes Volumen besitzt, damit der Siedevorgang durch das Hineinstellen der Proben nicht unterbrochen wird. Während der ersten 3 min wird der

Messkolben regelmäßig kräftig geschüttelt ohne ihn dabei aus dem Wasserbad zu nehmen. Das Schütteln verhindert neben einer Klumpen- auch eine vorübergehende Gelbildung an der Kolbenwand, die zu einer ungleichmäßigen Reaktion des Kolbeninhalts führen würde. Nach exakt 15 min wird die Probe aus dem Wasserbad genommen, mit 30 ml möglichst kaltem destilliertem Wasser versetzt, um die Aufschlusszeit genau zu begrenzen, und im Eiswasser sofort auf 20 °C abgekühlt. Nachdem die Probe abgekühlt ist, werden 5 ml Carrez-Lösung I (1.2) zugegeben und 1 min geschüttelt. Mit Carrez-Lösung II (1.3) wird genauso verfahren. Zuletzt wird der Messkolben mit destilliertem Wasser aufgefüllt, kräftig geschüttelt und dann durch einen Faltenfilter (2.1) filtriert. Das erhaltene Filtrat muss klar sein. Ist dies nicht der Fall, wird die Bestimmung mit mehr Carrez-Lösung (zum Beispiel 10 ml) wiederholt. Aus dem klaren Filtrat wird die optische Drehung polarimetrisch (2.2) in einem 200 mm-Rohr gemessen.

Schritt 2: Bestimmung der optischen Drehung der in Ethanol (40 %ig) löslichen Substanzen

5 g des Probenmaterials werden auf 1 mg genau in einen 100 ml Messkolben eingewogen und mit ca. 80 ml Ethanol (1.4) versetzt. Der Kolben wird 1 h bei Raumtemperatur stehen gelassen und während dessen sechsmal kräftig geschüttelt um die Matrix zu lösen. Anschließend wird mit Ethanol bis zur Marke aufgefüllt, geschüttelt und filtriert (2.3). 50 ml Filtrat (entspricht 2,5 g Probe) werden in einen 100 ml Messkolben überführt, 2,1 ml Salzsäure (1.1) dazu gegeben und kräftig geschüttelt. Der Kolben wird an den Rückflusskühler angeschlossen und in ein siedendes Wasserbad gestellt. Exakt nach 15 min wird der Messkolben entnommen und sofort auf 20 °C abgekühlt. Anschließend wird die Probe wie in Schritt 1 beschrieben mit Carrez-Lösung I und II geklärt, mit destilliertem Wasser bis zur Marke aufgefüllt, geschüttelt und filtriert (2.1).

Im Filtrat wird die optische Drehung unter den gleichen Bedingungen wie in Schritt 1 polarimetrisch bestimmt.

Der Stärke-Gehalt der Probe wird in Prozent der Frischmasse angegeben (Gl. 4).

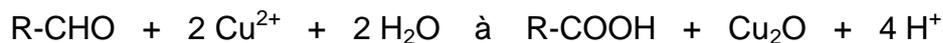
$$\text{Stärke - Gehalt}[\% \text{ FM}] = 1,8886(P - P') \quad (\text{Gl. 4})$$

P = gesamte optische Drehung in Kreisgraden

P' = Optische Drehung in Kreisgraden der in Ethanol (40 %ig) löslichen Substanzen

3.4.6 Bestimmung des Zucker-Gehaltes

Die Zucker-Bestimmung nach LUFF-SCHOORL beruht auf der reduzierenden Wirkung bestimmter Zucker. Unter reduzierenden Zuckern versteht man Mono- und Disaccharide, deren Moleküle in alkalischer Lösung eine freie Aldehydgruppe (-CHO) besitzen. Durch diese reaktive Gruppe können sie Cu^{2+} -Ionen reduzieren, wobei Kupferoxid entsteht. Beispiele für reduzierende Zucker sind Glucose, Galactose, Maltose und Lactose.



Dem Probenmaterial werden mit der Luffschen Lösung Cu^{2+} -Ionen in bekannter Konzentration zugegeben. Der Gehalt an reduzierenden Zuckern in der Matrix kann folglich über die verbleibende, nicht reduzierte Menge Cu^{2+} -Ionen bestimmt werden. Cu^{2+} wird nach Zugabe von Kaliumiodid titrimetrisch mit einem Stärkeindikator bestimmt.

In der untersuchten Matrix sind auch nicht reduzierende Zucker enthalten, zum Beispiel Saccharose. Um den Gesamtzucker-Gehalt der Matrix zu bestimmen, muss der Gesamtzucker deshalb, vor der Zuckerbestimmung nach LUFF-SCHOORL, invertiert werden [VDLUFA, 1983].

Reagenzien:

- (1.1) Ethanol, 40 %ig (CLN GmbH, Niederhummel)
- (1.2) Carrez-Lösung I: vgl. Kap. 3.4.5, Reagens (1.2)
- (1.3) Carrez-Lösung II: vgl. Kap. 3.4.5, Reagens (1.3)
- (1.4) Methylorange-Lösung, 0,1 %ig (Merck, Darmstadt)
- (1.5) Salzsäure, 4 N (Merck, Darmstadt)
- (1.6) Salzsäure, 0,1 N (Merck, Darmstadt)
- (1.7) Natronlauge, 0,1 N (Merck, Darmstadt)
- (1.8) Luffsche Lösung: Die Natriumcarbonatlösung (1.8.1) wird mit der Citronensäurelösung (1.8.2) übergossen, anschließend mit der Kupfersulfatlösung (1.8.3) versetzt und mit destilliertem Wasser bis zur Marke auf 1 l aufgefüllt. Der Kolben wird über Nacht stehen gelassen und die Lösung wird am nächsten Tag filtriert. Der pH-Wert der Lösung beträgt ca. 9,4.

- (1.8.1) Natriumcarbonatlösung: 143,8 g Natriumcarbonat, wasserfrei, p. a. (Merck, Darmstadt) werden in einen 1 l Messkolben eingewogen und in ca. 300 ml warmem destilliertem Wasser gelöst. Anschließend wird die Lösung im Eisbad abgekühlt.
- (1.8.2) Citronensäurelösung: 50 g Citronensäure, p. a. (Merck, Darmstadt) werden in einem 50 ml Messkolben mit destilliertem Wasser gelöst und bis zur Marke aufgefüllt.
- (1.8.3) Kupfersulfatlösung: 25 g Kupfersulfat, p. a. (Merck, Darmstadt) werden in einem 100 ml Messkolben mit destilliertem Wasser gelöst und bis zur Marke aufgefüllt.
- (1.9) Kaliumiodidlösung, 30 %ig (Riedel-de Haën, Seelze)
- (1.10) Schwefelsäure, 6 N, p. a. (Merck, Darmstadt)
- (1.11) Natriumthiosulfatlösung, 0,1 N (Merck, Darmstadt)
- (1.12) Stärkelösung: 5 g lösliche Stärke (Merck, Darmstadt) werden in 30 ml destilliertem Wasser gelöst, zu 1 l siedendem destilliertem Wasser hinzugefügt und 3 min im Sieden gehalten. Anschließend wird die Lösung im Eisbad abgekühlt.

Geräte:

- (2.1) Schüttelmaschine Reax 20 (Heidolph, Nürnberg)
- (2.2) Faltenfilter 675 ¼ , ø 240 mm (Macherey-Nagel, Düren)
- (2.3) Faltenfilter 0797 H ½ , ø 240 mm (Whatman, Brentford, UK)

Herstellung der Analysenlösung:

5 g des homogenisierten Probenmaterials werden auf 1 mg genau in einen 250 ml Messkolben eingewogen. Nach Zugabe von 200 ml Ethanol (1.1), wird der Kolben für 1 h in die Schüttelmaschine (2.1) gestellt und geschüttelt. Anschließend werden 5 ml Carrez-Lösung I (1.2) zugegeben und 1 min kräftig geschüttelt. Der Vorgang wird mit Carrez-Lösung II (1.3) wiederholt. Der Messkolben wird mit Ethanol bis zur Marke aufgefüllt, geschüttelt und die Lösung wird durch einen Faltenfilter (2.2) filtriert. 200 ml des Filtrats werden in ein Becherglas überführt und in einem Sandbad auf ca. die Hälfte des Volumens eingedampft, wobei der größte Teil des Ethanols entweicht. Die eingedampfte Lösung wird mit heißem destilliertem Wasser in einen 200 ml Messkolben überspült. Anschließend lässt man die Probe abkühlen. Die abgekühlte Lösung wird mit destilliertem Wasser bis zur Marke aufgefüllt, geschüttelt und filtriert

(2.3). 50 ml dieser Lösung werden in einen 100 ml Messkolben überführt und mit einigen Tropfen Methylorange-Lösung (1.4) versetzt. Unter Schütteln wird nun vorsichtig Salzsäure (1.5) zugegeben, bis ein deutlicher Farbumschlag nach rot sichtbar ist. Die Lösung wird mit 15 ml Salzsäure (1.6) versetzt und 30 min in ein kräftig siedendes Wasserbad gestellt. Nach 30 min wird der Messkolben entnommen und sofort im Eisbad auf 20 °C abgekühlt. Anschließend werden 15 ml Natronlauge (1.7) zugegeben, der Kolben wird bis zur Marke mit destilliertem Wasser aufgefüllt und kräftig geschüttelt.

Zucker-Bestimmung nach LUFF-SCHOORL:

In einen 300 ml Erlenmeyerkolben werden 25 ml Luffsche Lösung (1.8) vorgelegt. Anschließend werden 25 ml der Analysenlösung dazu pipettiert. Bei Proben, die erwartungsgemäß viel Zucker enthalten, wird entsprechend weniger Analysenlösung verwendet und mit destilliertem Wasser auf ein Volumen von 25 ml aufgefüllt. Anschließend wird der Kolben über freier Flamme in mittlerer Höhe per Hand geschüttelt, so dass die Lösung innerhalb von 2 min zu Sieden beginnt. Die Probe wird sofort nach Erreichen des Siedepunkts auf ein Drahtnetz mit Asbestscheibe gestellt, in die ein Loch mit ca. 6 cm Durchmesser gestanzt wurde. Vorher wurde bereits unter dem Drahtnetz eine Flamme entzündet, die so eingestellt wurde, dass sie nur den Boden des Erlenmeyerkolbens erhitzt. Der Kolben wird mit einem Uhrglas abgedeckt, genau 10 min sieden gelassen und anschließend sofort in kaltem Wasser abgekühlt. Der Lösung werden 10 ml Kaliumiodidlösung (1.9) und sofort danach 25 ml Schwefelsäure (1.10) zugegeben. Anschließend wird mit Natriumthiosulfatlösung (1.11) titriert bis eine mattgelbe Färbung eintritt. Nach Zugabe von ca. 2 ml Stärkelösung (1.12) als Indikator färbt sich die Lösung blau. Schließlich wird bis zum Farbumschlag in milchigweiß weiter titriert.

Für die Ermittlung des Blindwertes werden 25 ml der Luffschen Lösung mit 25 ml Wasser versetzt und ebenso titriert wie die Probenlösung.

Aus dem Verbrauch der Maßlösung (= Blindwert - Probe) lässt sich der Gesamtzucker-Gehalt in Prozent der Frischmasse, ausgedrückt in Prozent Glucose, errechnen. Um den Gesamtzucker-Gehalt der Probe in Prozent der Frischmasse ausgedrückt in Prozent Saccharose zu erhalten, muss der Wert mit dem Faktor 0,95 multipliziert werden (Gl. 5).

$$\text{Zucker-Gehalt}[\% \text{ FM}] = ((D - VK) \cdot TVKD + TV[\text{mg}]) / 250 \cdot 50 / 100 \cdot A \cdot FS \cdot 10 / 100 \quad (\text{Gl. 5})$$

D	=	Verbrauch _{Blindwert} Na ₂ S ₂ O ₃ in ml - Verbrauch _{Probe} in ml
VK	=	Vorkomma-Wert (z. B. 3,17ml = VK 3ml)
TVKD	=	VK entsprechende Differenz-Wert in Luff-Schoorl-Tabelle
TVK[mg]	=	VK entsprechende mg-Wert in Luff-Schoorl-Tabelle
A	=	Aliquot Probe
FS	=	Faktor Saccharose (= 0,95)

3.4.7 Bestimmung des Kohlenhydrat-Gehaltes

Der Kohlenhydrat-Gehalt der untersuchten Speisenproben wurde durch die Summierung von Stärke- und Zucker-Gehalt rechnerisch ermittelt.

3.4.8 Bestimmung des Ballaststoff-Gehaltes

Unter Ballaststoffen versteht man Stütz- und Strukturelemente in Pflanzenzellen, die der Hydrolyse durch die Verdauungsenzyme vollständig oder teilweise entgehen, deshalb im Dünndarm nicht resorbiert werden können und folglich den Dickdarm erreichen. Ballaststoffe werden in wasserlösliche und wasserunlösliche Ballaststoffe unterteilt. Zu ersteren zählen beispielsweise Pektine, die vor allem in den Zellwänden von Früchten vorkommen, und lösliche Hemicellulosen. Zu den unlöslichen Ballaststoffen gehören vor allem Cellulose und unlösliche Hemicellulosen, die auch als Weizen- und Roggenballaststoffe bezeichnet werden, sowie das Lignin [Belitz et al., 2001; Elmadfa et al., 1998; Petrides et al., 2003a].

Zur Bestimmung des Ballaststoff-Gehaltes wird das Probenmaterial mit Schwefelsäure und Kalilauge behandelt, der Rückstand abgetrennt, getrocknet und verascht. Matrices mit mehr als 9 % Fett-Anteil müssen zuerst entfettet werden. Der Masseverlust durch die Veraschung entspricht dem Ballaststoff-Gehalt der Probe. Folglich werden mit dieser Methode alle säure- und alkaliunlöslichen fett-, stickstoff- und aschefreien organischen Bestandteile des Probenmaterials erfasst. In erster Linie sind dies Cellulose, unlösliche Hemicellulosen, Cutin, Suberin und Lignin [Kirchgessner, 2004; VDLUFA, 1993].

Reagenzien:

- (1.1) Petrolether, Siedebereich 40-60 °C (Riedel-de Haën, Seelze)
- (1.2) Celite 545, Korngröße 0,02-0,1 mm (Merck, Darmstadt)
- (1.3) Schwefelsäure, 95-97 %ig (Merck, Darmstadt)

- (1.4) 1-Octanol (Riedel-de Haën, Seelze)
- (1.5) Kalilauge, $M = 56,11 \text{ g/mol}$ (Merck, Darmstadt)
- (1.6) Aceton (VWR, Darmstadt)

Geräte:

- (2.1) Glasfiltertiegel mit eingeschmolzenem gesintertem Glasfilter, Borosilicate 3.3, Porosität 2 (Foss, Hamburg)
- (2.2) Tecator Fibertec System 1021 Cold Extractor (Foss, Hamburg)
- (2.3) Tecator Fibertec System 1020 Hot Extractor (Foss, Hamburg)
- (2.4) Siedezylinder mit Rückflusskühler (Foss, Hamburg)
- (2.5) Lufttrockenschrank 130 °C (Heraeus, Hanau)
- (2.6) Muffelofen GPC 1200 (Carbolite, Ubstadt-Weiher)

Probenmaterial, das weniger als 9 % Fett enthält, wird in einen Glasfiltertiegel (2.1) eingewogen und ohne weitere Zwischenschritte direkt an die Heizeinrichtung (2.3) angeschlossen. Bei festen Matrices werden 1 g und bei flüssigen Lebensmitteln 3 g jeweils auf 1 mg genau eingewogen.

Probenmaterial, das mehr als 9 % Fett enthält, muss vor der Ballaststoff-Bestimmung mit Petrolether (1.1) entfettet werden. Dazu wird 1 g der Probe auf 1 mg genau in einen Glasfiltertiegel (2.1) eingewogen. Der Glasfiltertiegel wird an die Extraktionsapparatur (2.2) angeschlossen und unter Anlegen von Vakuum dreimal mit je 30 ml Petrolether gewaschen. Anschließend wird die Probe trocken gesaugt, 1 g des Filtrationshilfsmittels Celite 545 (1.2) hinzugefügt, der Tiegel samt Inhalt an die Heizeinrichtung (2.3) angeschlossen und mit dem Siedezylinder (2.4) verbunden.

In den Siedezylinder werden 150 ml bis zum Siedepunkt erhitzte Schwefelsäure (1.3) gegeben, die mit einigen Tropfen 1-Octanol (1.4) versetzt wird um eine Schaumentwicklung zu verhindern. Die Schwefelsäure wird innerhalb von 10 min zum Sieden gebracht und weitere 30 min gekocht. Anschließend wird der Abflusshahn des Siedezylinders geöffnet und die Schwefelsäure mit Hilfe eines mit einer Wasserstrahlpumpe erzeugten Vakuums durch den Glasfiltertiegel gesaugt. Der Rückstand wird wiederum unter Anlegung eines Vakuums dreimal mit 30 ml kochendem destilliertem Wasser gewaschen, wobei der Tiegel nach jedem Waschvorgang trocken gesaugt wird. Nachdem der Auslaufhahn wieder geschlossen wurde, wird der Vorgang mit 200 ml siedender Kalilauge (1.5) wiederholt. Nach dem

letzten Waschen wird das Probenmaterial trocken gesaugt und der Filtertiegel an die Extraktionseinrichtung (2.2) angeschlossen. Der Rückstand wird anschließend unter Anlegen eines Vakuums dreimal mit je 25 ml Aceton (1.6) gewaschen, wobei der Rückstand nach jedem Waschvorgang trocken gesaugt wird.

Der Glasfiltertiegel samt Inhalt wird im Trockenschrank (2.5) bei 130 °C mindestens 2 h getrocknet, im Exsiccator abgekühlt und sofort gewogen. Anschließend wird die Probe 3 h bei 500 °C im Muffelofen (2.6) verascht. Nach dem Veraschen wird der Glasfiltertiegel zunächst im Muffelofen und anschließend im Exsiccator abgekühlt und danach gewogen. Der Masseverlust während der Veraschung entspricht dem Ballaststoff-Gehalt des Probenmaterials.

Der Ballaststoff-Gehalt der Probe wird in Prozent der Frischmasse angegeben (Gl. 6).

$$\text{Ballaststoff - Gehalt}[\% FM] = \frac{(m_2 - m_1)}{\text{Einwaage}[g]} \times 100 \quad (\text{Gl. 6})$$

m_1 = Gewicht des leeren Glasfiltertiegels in g

m_2 = Gewicht des Glasfiltertiegels nach der Veraschung in g

3.4.9 Bestimmung des Wasser-Gehaltes

Die Bestimmung des Wasser-Gehaltes erfolgte gravimetrisch, indem das Probenmaterial unter definierten Bedingungen getrocknet und zurück gewogen wurde. Der resultierende Gewichtsverlust entspricht dem Wasser-Gehalt. Neben Wasser können während der Trocknung auch Ammoniak, Alkohole und flüchtige Fettsäuren entweichen [Kirchgessner, 2004].

Reagenzien:

- (1.1) wasserfreier Seesand (Merck, Darmstadt)

Geräte:

- (2.1) Umlufttrockenschrank Venticell 103 °C (MMM-Medcenter, Planegg)

Enthält das Probenmaterial weniger als 10 % Fett, werden je nach Feuchte-Gehalt 5-10 g der Matrix sofort nach dem Öffnen der Probenpackung auf 1 mg genau in eine tarierte Ascheschale eingewogen.

Bei Probenmaterial, das mehr als 10 % Fett in der Frischmasse enthält, muss vor der Trocknung die Oberfläche der Speisen vergrößert werden, um ein besseres Verdampfen der Feuchtigkeit zu ermöglichen. Dazu wird eine Veraschungsschale mit ca. 20 g wasserfreiem Seesand (1.1) bestückt und anschließend gewogen. In die gleiche Schale werden 10 g Probe auf 1 mg genau eingewogen und mit dem Seesand vermischt bis ein homogenes Produkt entsteht.

Die Veraschungsschale wird über Nacht bei 103 °C in den Trockenschrank (2.1) gestellt. Am nächsten Tag wird die Schale entnommen, im Exsiccator abgekühlt und zurück gewogen.

Der Wasser-Gehalt der Probe wird in Prozent der Frischmasse angegeben (Gl. 7).

$$\text{Wasser - Gehalt}[\% FM] = \frac{m_2 - m_1}{\text{Einwaage}[g]} \times 100 \quad (\text{Gl. 7})$$

m_1 = Leergewicht der Veraschungsschale bzw. der Schale mit Seesand in g

m_2 = Gesamtgewicht der Veraschungsschale nach der Trocknung in g

3.4.10 Bestimmung des Asche-Gehaltes

Als Asche bezeichnet man die Summe der Substanzen, die nach der Verbrennung aller organischen Bestandteile des Probenmaterials bei 550 °C übrig bleiben. Da das Vorhandensein von Ton oder Sand in Lebensmittelproben eher unwahrscheinlich ist, entspricht der Asche-Gehalt in der hier untersuchten Matrix näherungsweise dem Mineralstoff-Gehalt.

Für die Bestimmung der Asche wurde das getrocknete Probenmaterial aus der Wasser-Analyse (Kap. 3.4.9) verwendet.

Geräte:

- (1.1) Muffelofen GPC 1200 (Carbolite, Ubstadt-Weiher)

5 g der getrockneten Matrix werden auf 1 mg genau in eine tarierte Porzellanschale eingewogen. Die Schale wird im Muffelofen (1.1) bei 550 °C für 3 h verascht. Man erhält eine weiße bis hellgraue Asche, die praktisch frei von Kohlepartikeln ist. Die Veraschungsschale wird im Exsiccator abgekühlt und anschließend zurück gewogen.

Der Asche-Gehalt der Probe wird in Prozent der Frischmasse angegeben (Gl. 8).

$$\text{Asche - Gehalt}[\% FM] = \frac{m_2 - m_1}{\text{Einwaage}[g]} \times 100 \quad (\text{Gl. 8})$$

m_1 = Leergewicht der Veraschungsschale in g

m_2 = Gesamtgewicht der Veraschungsschale nach der Veraschung in g

3.4.11 Bestimmung des Calcium-Gehaltes

Der Calcium-Anteil des Probenmaterials wird aus der Asche (Kap. 3.4.10) mit Salzsäure extrahiert. Die Massenkonzentration von Calcium wird mit einem Atomemissionsspektrometer mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) gemessen. Grundlage der Messung ist dabei die Anregung der optischen Emission von Calcium durch 10000-12000 K heißes Argonplasma [VDLUFA, 2001].

Reagenzien:

- (1.1) Salzsäure 37 %ig, p. a. (Merck, Darmstadt)

Geräte:

- (2.1) Faltenfilter 0797 H ½, ø 240 mm (Whatman, Brentford, UK)
(2.2) ICP-Atomemissionsspektrometer Optima 3000 (Perkin Elmer, Waltham, USA)

Die Asche wird mit einigen Tropfen destilliertem Wasser angefeuchtet, mit 10 ml Salzsäure (1.1) versetzt und anschließend bis zur Trockne im Sandbad eingedampft. Der Rückstand wird mit 2 ml Salzsäure (1.1) versetzt und mit destilliertem Wasser in einen 100 ml Messkolben überführt. Der Kolben wird mit destilliertem Wasser bis zur Marke aufgefüllt, geschüttelt und durch einen Faltenfilter (2.1) filtriert. Das Filtrat wird im Atomemissionsspektrometer (2.2) bei einer Wellenlänge von 317,933 nm gemessen. Die Quantifizierung des Calcium-Gehaltes erfolgt über den Vergleich mit einer entsprechenden Standard-Kalibrationsgeraden.

3.4.12 Bestimmung des Eisen-Gehaltes

Das im Probenmaterial enthaltene Eisen wird mittels Säureaufschluss gelöst. Die Messung erfolgt ebenso wie bei der Bestimmung des Calcium-Gehaltes im Atomemissionsspektrometer mit gekoppeltem Plasma (ICP-OES).

Reagenzien:

- (1.1) Salzsäure, w = 30 %, Suprapur (Merck, Darmstadt)
- (1.2) Salpetersäure, w = 65 %, max. 5 ppb Hg (Merck, Darmstadt)

Geräte:

- (2.1) Heizblock DigiPREP mit 50 ml Aufschlussgefäßen (SCP Science, Quebec, Kanada)
- (2.2) Spurenfilter 790 ½ (Whatman, Brentford, UK)
- (2.3) ICP-Atomemissionsspektrometer Optima 3000 (Perkin Elmer, Waltham, USA)

Ca. 5 g des homogenisierten Probenmaterials werden in ein Aufschlussgefäß (2.1) eingewogen und anschließend zuerst mit 21 ml Salzsäure (1.1) und dann mit 7 ml Salpetersäure (1.2) versetzt. Das Aufschlussgefäß wird vorsichtig geschwenkt bis sich das Probenmaterial gut mit der Säure vermischt hat. Der Ansatz wird über Nacht stehen gelassen. Am nächsten Tag wird die Probe mit ca. 40 ml destilliertem Wasser versetzt, mit einem Thermometer versehen und auf den Heizblock (2.1) gestellt. Der Verlauf des Heizprogrammes ist in Tabelle 2 dargestellt.

Nach dem Aufschluss wird das Aufschlussgefäß vom Heizblock genommen und nach dem Abkühlen mit destilliertem Wasser auf 50 ml aufgefüllt. Anschließend wird die Probe kräftig geschüttelt und über einen Trichter mit Spurenfilter (2.2) in einen 100 ml Weithals-Erlenmeyerkolben filtriert. Das Filtrat wird im Atomemissionsspektrometer (2.3) gemessen. Die Quantifizierung des Eisen-Gehaltes erfolgt über den Vergleich mit einer entsprechenden Standard-Kalibrationsgeraden.

Tab. 2: Heizprogramm für die nass-chemische Bestimmung von Eisen

Heizrate	5 min	40,0 °C
Haltezeit	5 min	
Heizrate	5 min	70,0 °C
Haltezeit	5 min	
Heizrate	5 min	95,0 °C
Haltezeit	120 min	

3.4.13 Bestimmung des Jod-Gehaltes

Die Jod-Analytik wurde von der LUFA Nord-West in Hameln mittels induktiv gekoppeltem Plasma und massenspektrometrischer Detektion durchgeführt.

3.4.14 Bestimmung des Vitamin C-Gehaltes

Der Ascorbinsäure-Gehalt der Lebensmittelproben wurde mittels Hochleistungs-Flüssigchromatographie (HPLC) bestimmt. Die Herstellung der Probenmesslösung (Extraktion und Reduktionsschritt) erfolgte dabei nach der amtlichen Methode § 35 LMBG, die mobile Phase und das Gradientensystem gehen auf eine Applikationsvorschrift der Firma Phenomenex zurück.

Vitamin C wird in saurem Milieu extrahiert. Im darauf folgenden Reduktionsschritt wird in der Speise enthaltene Dehydroascorbinsäure zu Ascorbinsäure reduziert. Danach kann der Gesamtascorbinsäure-Gehalt mittels UV-Detektion bestimmt werden.

Reagenzien:

- (1.1) Metaphosphorsäurelösung (200 g/l): 200 g Metaphosphorsäure (Merck, Darmstadt) werden in einem 1 l Messkolben mit Wasser (1.9) gelöst und bis zur Marke aufgefüllt.
- (1.2) Metaphosphorsäurelösung (20 g/l): 100 ml der Metaphosphorsäurelösung 200 g/l (1.1) werden in einen 1 l Messkolben pipettiert und der Kolben wird bis zur Marke mit Wasser (1.9) aufgefüllt. Die Lösung wird an jedem Analysentag frisch hergestellt.
- (1.3) Trinatriumphosphatlösung: 200 g Trinatriumphosphat-Dodecahydrat (Merck, Darmstadt) werden in einem 1 l Messkolben mit Wasser (1.9) gelöst und bis zur Marke aufgefüllt.
- (1.4) L-Cystein-Lösung: 20 g L-Cystein (Merck, Darmstadt) werden in einem 500 ml Messkolben mit Wasser (1.9) gelöst und bis zur Marke aufgefüllt. Die Lösung wird an jedem Analysentag frisch hergestellt.
- (1.5) Mobile Phase:
 - Laufmittel A: 2,722 g Kaliumdihydrogenphosphat (Merck, Darmstadt) und 1,0 g Hexansulfonsäure (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) werden in einem 1 l Messkolben mit Wasser (1.9) gelöst und bis zur Marke

aufgefüllt. Mit Metaphosphorsäurelösung 200 g/l (1.1) wird der pH-Wert auf 3,0 eingestellt. Danach wird die Lösung durch einen 0,45 µm-Filter (2.5) filtriert.

- Laufmittel B: Acetonitril (Merck, Darmstadt)

(1.6) L-Ascorbinsäure (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA)

(1.7) Ascorbinsäure-Stammlösung: 100 mg Ascorbinsäure (1.6) werden in einen 100 ml Messkolben auf 0,1 mg genau eingewogen und mit Metaphosphorsäurelösung 20 g/l gelöst. Die Lösung wird an jedem Analysentag frisch hergestellt.

(1.8) Ascorbinsäure-Standardlösungen: 0,5/1/2/3/6 ml Ascorbinsäure-Stammlösung (1.7) werden in einen 100 ml Messkolben pipettiert und mit Metaphosphorsäurelösung 20 g/l bis zur Marke aufgefüllt. Die Lösungen werden an jedem Analysentag frisch hergestellt.

(1.9) HPLC-Wasser LiChrosolv (Merck, Darmstadt)

Geräte:

(2.1) Magnetrührer (Janke & Kunkel, Staufen)

(2.2) Faltenfilter 604 ½, ø 240 mm (Whatman, Brentford, UK)

(2.3) Zentrifuge CR 4-12 mit Zentrifugengläsern ø 35 mm (Jouan, Fernwald)

(2.4) pH-Messgerät pH 526, (WTW, Weilheim)

(2.5) Vakuumpumpe (ABM, Marktredwitz) mit organischem Filter, 0,45 µm, vliesverstärkt (Sartorius, Göttingen)

(2.6) 2 ml Spritzen mit Membranfilter, Millex®-HV, 0,45 µm, (Millipore, Billerica, USA)

(2.7) HPLC-System (Merck, Darmstadt) mit

- Autosampler L-7200

- HPLC-Pumpe L-7100

- UV-Detektor L-7400

- Degasser L-7614

- Vorsäule LiChroCART 4-4

- Trennsäule Lichrospher 100 RP 18 ,endcapped ,5 µm, 250 x 4 mm

- UV-Detektor

Eine geeignete Menge der homogenisierten Probe wird in einen 100 ml Messkolben auf 1 mg genau eingewogen. Die Probenmenge richtet sich dabei nach dem in der Matrix zu erwartenden Vitamin C-Gehalt. Bei einem Vitamin C-Gehalt von zum Beispiel 50 mg/100 g sind 3 g Einwaage ausreichend. Die Probe wird mit 80 ml Metaphosphorsäurelösung 20 g/l (1.2) versetzt und ca. 15 min auf einem Magnetrührer (2.1) gerührt. Der Kolben wird mit Metaphosphorsäurelösung 20 g/l (1.2) bis zur Marke aufgefüllt, geschüttelt und filtriert (2.2). Bei sehr eiweiß- und stärkehaltigen Proben wird die Probenlösung vor der Filtration erst zentrifugiert (2.3) und der Überstand filtriert (2.2).

Nach der Filtration werden 20 ml des Filtrats in ein 50 ml Becherglas pipettiert und 10 ml L-Cystein-Lösung (1.4), die als Reduktionsmittel dient, zugegeben. Für die Reduktion von Dehydroascorbinsäure zu Ascorbinsäure wird der pH-Wert der Lösung unter Rühren (2.1) durch Zugabe von Trinatriumphosphatlösung (1.3) auf einen Wert von 7,0 bis 7,2 eingestellt und genau 5 min gerührt. Danach wird der pH-Wert mit Metaphosphorsäurelösung 200 g/l (1.1) wieder auf einen Wert zwischen 2,5 und 2,8 abgesenkt. Anschließend wird die Probenlösung in einen 50 ml Messkolben quantitativ überführt, der Messkolben wird bis zur Marke mit Wasser (1.9) aufgefüllt und geschüttelt. Zuletzt wird die Probe durch einen 0,45 µm Membranfilter (2.6) in ein Probengebüchse filtriert. Dieses Filtrat wird in der HPLC-Anlage (2.7) gemessen. Das Injektionsvolumen beträgt 30 µl. Um eine optimale Trennung der Substanzen zu erreichen, wird die Zusammensetzung der mobilen Phase schrittweise verändert (Tab. 3). Detektiert wird bei einer Wellenlänge von 260 nm.

Die Ascorbinsäure-Standardlösungen werden wie eine Probe behandelt und dem gesamten Analysengang unterzogen (extrahierte Standardlösungen). Zusätzlich wird an jedem Analysentag auch eine Reagenzienblindprobe hergestellt und mit gemessen.

Zeit [min]	Laufmittel A [%]	Laufmittel B [%]	Fluss [ml/min]
0	97	3	0,7
5	97	3	0,7
15	50	50	1,0
20	97	3	1,0
30	97	3	1,0

3.5 Schnellmethoden

Schnellmethoden zeichnen sich aus durch eine deutliche Reduktion des Messungsaufwandes, noch mehr aber durch die Reduzierung des Aufwandes zur Probenvorbereitung. Dazu kommen weitere Möglichkeiten von weitgehend zerstörungsfreien in situ Messungen zur Überwachung schnell ablaufender Produktionsprozesse und die Möglichkeit, mit einer einzigen Messung gleichzeitig mehrere Parameter erfassen zu können. Schnellmethoden kosten vor allem wesentlich weniger Zeit und sind schon deshalb meist kostengünstiger als konventionelle nass-chemische Methoden.

3.5.1 Nahinfrarotspektroskopische Untersuchungen

In den vergangenen zwei Jahrzehnten hat die NIR-Messtechnologie enorme Fortschritte zu verzeichnen. Einerseits wurde die Technik, hier insbesondere die Scan-Geschwindigkeiten, durch neue Materialien und Herstellungsverfahren wesentlich schneller und deutlich präziser. Andererseits hat in Anbetracht der hohen Rechenanforderungen erst der große Fortschritt bei den Rechnerleistungen den heute erreichten hohen Qualitätsstandard möglich gemacht.

3.5.1.1 Physikalisch-chemische Grundlagen

Infrarot (IR)-Strahlung ist eine für das menschliche Auge nicht wahrnehmbare elektromagnetische Strahlung, die zwischen sichtbarem Licht und Mikrowellenstrahlung einzuordnen ist. Grundsätzlich kann Strahlung durch die Wellenlänge λ und die Strahlungsfrequenz f charakterisiert werden (Abb. 4) [Beck, 1992].

Je nach Wellenlängenbereich wird Infrarot-Strahlung in drei Teilbereiche untergegliedert (Tab. 4).

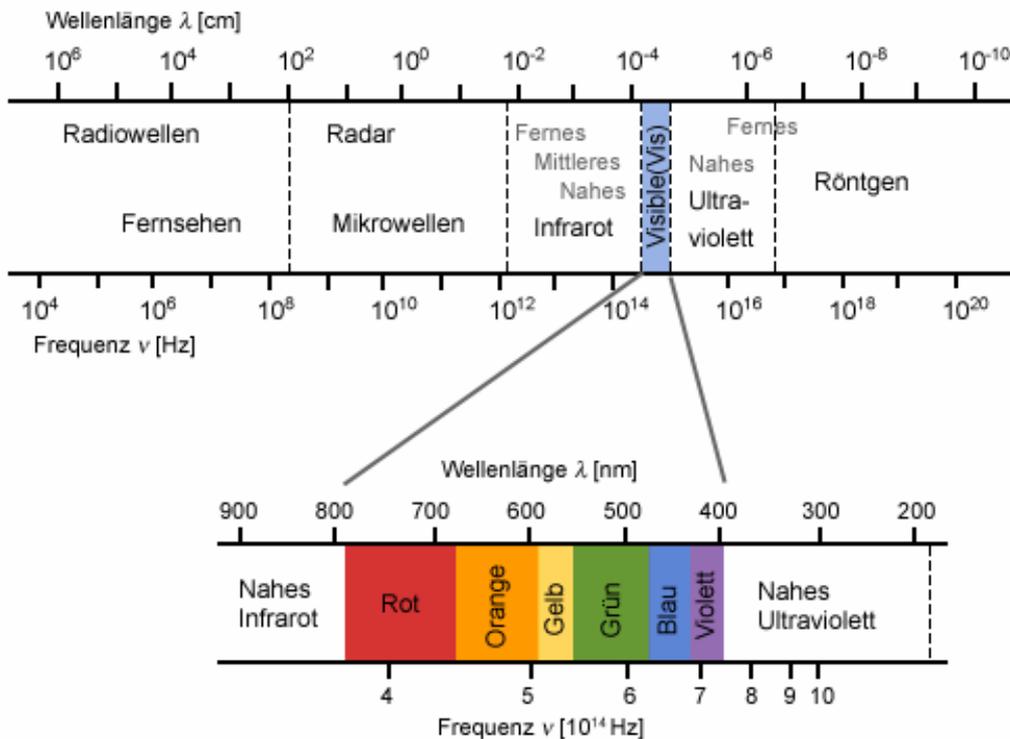


Abb. 4: Das elektromagnetische Spektrum

Tab. 4: Teilbereiche der Infrarot-Strahlung [Beck, 1992; Miller, 2004]

Infrarot-Bereich	Wellenlänge λ [nm]
Naher Infrarot-Bereich (NIR)	780-2500
Mittlerer Infrarot-Bereich (MIR)	2500- 5×10^4
Fernes Infrarot-Bereich (FIR)	5×10^4 - 5×10^6

Die quantitative Bestimmung von Nahrungsinhaltsstoff-Gehalten mittels Infrarot-Spektroskopie basiert auf der Fähigkeit der IR-Strahlung Atomgruppen in Molekülen zum Schwingen anzuregen. Voraussetzung hierfür ist die Beschaffenheit der chemischen Bindungen zwischen den Atomen eines Moleküls. Diese sind nicht starr miteinander verbunden, sondern befinden sich ständig in einer leicht vibrierenden Bewegung. Trifft IR-Strahlung auf die Moleküle, wird Strahlungsenergie von bestimmten Atomgruppen absorbiert, die Schwingungsenergie vergrößert sich und die Moleküle gehen kurzfristig in einen angeregten Zustand über. Sie erreichen ein höheres Schwingungsniveau [Bódis, 1999; Rudzik, 1993].

Grundsätzlich treten zwei verschiedene Arten von Molekülschwingungen auf. Bei der Valenz- oder Streckschwingung schwingen die beteiligten Atome in Richtung der Bindungsachse, wobei sich der Abstand der Atome zueinander ändert. Bei der

Deformations- oder Beugeschwingung ändert sich der Bindungswinkel der beteiligten Atome zueinander [Beck, 1992; Fink, 2002; Oh, 1989].

Die Identifikation bestimmter Atomgruppen ist allerdings nur möglich, da Strahlung spezifisch absorbiert wird. So kann eine Atomgruppe nur dann Strahlungsenergie aufnehmen, wenn die IR-Strahlung die gleiche Strahlungsfrequenz wie die Eigenschwingung der Atomgruppe besitzt (Resonanzfall) [Rudzik, 1993; Beck, 1992; Miller, 2004]. Auf diese Weise lassen sich bestimmten Atomgruppen spezifische Wellenlängen zuordnen bei denen Absorptionsmaxima bzw. Absorptionsbanden (Absorptionsmaxima bei benachbarten Wellenlängen) auftreten. Charakteristische Absorptionsmaxima von Wasser liegen beispielsweise bei Wellenlängen von 760, 1450 und 1940 nm. Fette absorbieren Strahlungsenergie stark im Bereich von 1722, 1760, 2310 und 2346 nm und Protein bei 1510, 1980, 2050 und 2180 nm [Khodabux, 2007].

Ausgelöst wird die Schwingung einer Atomgruppe durch die Änderung des Dipolmoments. Je stärker der Dipol, desto größer ist die Intensität der Absorption [Rudzik, 1993; Miller, 2004]. Wasser ist beispielsweise ein starker Dipol, weshalb hier die Intensität der Absorption sehr hoch ist.

Generell gilt, je stärker die chemische Bindung und je kleiner die schwingende Atommasse einer Molekülgruppe ist, desto mehr Strahlungsenergie ist nötig um die Molekülgruppe in einen angeregten Zustand zu versetzen [Rudzik, 1993]. Die hochfrequente NIR-Strahlung ist die energiereichste Strahlung im IR-Bereich und eignet sich somit für leichte Atome mit starken chemischen Bindungen. Organische Verbindungen mit C-H-, O-H- und N-H-Gruppen besitzen diese Eigenschaften und können deshalb mittels NIR-Spektroskopie gut bestimmt werden [Fink, 2002; Oh, 1989; Miller, 2004].

Der Übergang vom Grundzustand zum ersten Schwingungsniveau ($n=1$) wird als Grundschiwingung bezeichnet. Grundschiwingungen von Molekülen mit C-H-, O-H- und N-H-Gruppen werden bei Wellenlängen von 2,5 bis 15 μm angeregt und liegen damit im mittleren IR-Bereich. Jeder Grundschiwingung können mehrere Oberschiwingungen bzw. Obertöne zugeordnet werden, die durch Übergänge in höhere Schwingungsniveaus ($n>1$) entstehen. Die erste Oberschiwingung von

organischen Verbindungen wird in einem Wellenlängenbereich von 1400 bis 2000 nm angeregt. Höhere Ober- und Kombinationsschwingungen² absorbieren Strahlungsenergie zwischen 800 bis 1400 nm. In der NIR-Spektroskopie wird folglich die Absorption von Ober- und Kombinationsschwingungen gemessen [Fink, 2002].

Die Frequenzen der Oberschwingungen liegen auf Grund der Anharmonizität der Schwingungen knapp unter dem Wert, der sich durch Verdopplung, Verdreifachung usw. der Frequenz der entsprechenden Grundschiwingung errechnet [Miller, 2004]. Die Intensität der Absorptionsmaxima der Obertöne und der Kombinationsschwingungen ist deutlich geringer als die der Grundschiwingung (Abnahme um den Faktor 10-100 pro Übergang in das nächst höhere Schwingungsniveau) [Bokobza, 2005]. Mit abnehmender Intensität kann Strahlung tiefer in das Probenmaterial eindringen, wodurch eine zerstörungsfreie Analytik ermöglicht wird [Bódis, 1999; Rudzik, 1993; Fink, 2002; Oh, 1989; Miller, 2004].

In der NIR-Spektroskopie werden hauptsächlich zwei verschiedene Messverfahren angewendet. Bei flüssigen Proben wird meist die Transmission, das heißt der Strahlungsanteil der das Probenmaterial durchdringt ohne absorbiert zu werden, gemessen. Bei Feststoffen wird überwiegend die diffuse Reflexion bestimmt. Detektiert wird dabei Strahlung, die nicht absorbiert und von der Probe reflektiert wird.

Grundlage für die Quantifizierung der Absorption bildet das Lambert-Beer'sche Gesetz, das den linearen Zusammenhang zwischen Extinktion und der Konzentration der absorbierenden Inhaltsstoffe beschreibt (Gl. 9) [Rudzik, 1993; Reinhardt, 1992; Freitag, 1999; Kohn, 1993; Dahm et al., 2004].

$$A_{\lambda} = \log \frac{I_{0\lambda}}{I_{\lambda}} = \log \frac{1}{T_{\lambda}} = \log \frac{1}{R_{\lambda}} = \varepsilon_{\lambda} \cdot d \cdot c \quad (\text{Gl. 9})$$

A_{λ} = Absorption

$I_{0\lambda}$ = Strahlungsintensität des eintretenden Lichtes

I_{λ} = Strahlungsintensität des austretenden Lichtes

T_{λ} = Transmission

R_{λ} = Reflexion

ε_{λ} = molarer Extinktionskoeffizient

d = mittlere durchlaufene Schichtdicke

c = Konzentration der absorbierenden Substanz in der Probe

² Kombinationsschwingungen entstehen, wenn zwei verschiedene Schwingungen gleichzeitig angeregt werden

Aufgrund verschiedener Effekte, zum Beispiel Oberflächenreflexion, Streuung oder Beugung der Strahlung, besteht in der Regel kein linearer Zusammenhang zwischen der gemessenen Reflexion bzw. Transmission und der Konzentration der absorbierenden Moleküle im Probenmaterial. Durch mathematische Transformierung der NIR-Spektren (Kap. 3.5.1.2) werden solche Einflüsse bestmöglich eliminiert und dadurch die Berechnung der Absorption in Anlehnung an das Lambert-Beer'sche Gesetz gerechtfertigt [Urban, 1996; Beck, 1992; Fink, 2002; Hartmann, 1998; Miller, 2004; Williams, 2004a].

In vorliegender Arbeit wurde das Probenmaterial mittels diffuser Reflexion untersucht. Der allgemeine schematische Aufbau von NIR-Spektrometern mit Reflexionsmessung ist in Abbildung 5 dargestellt.

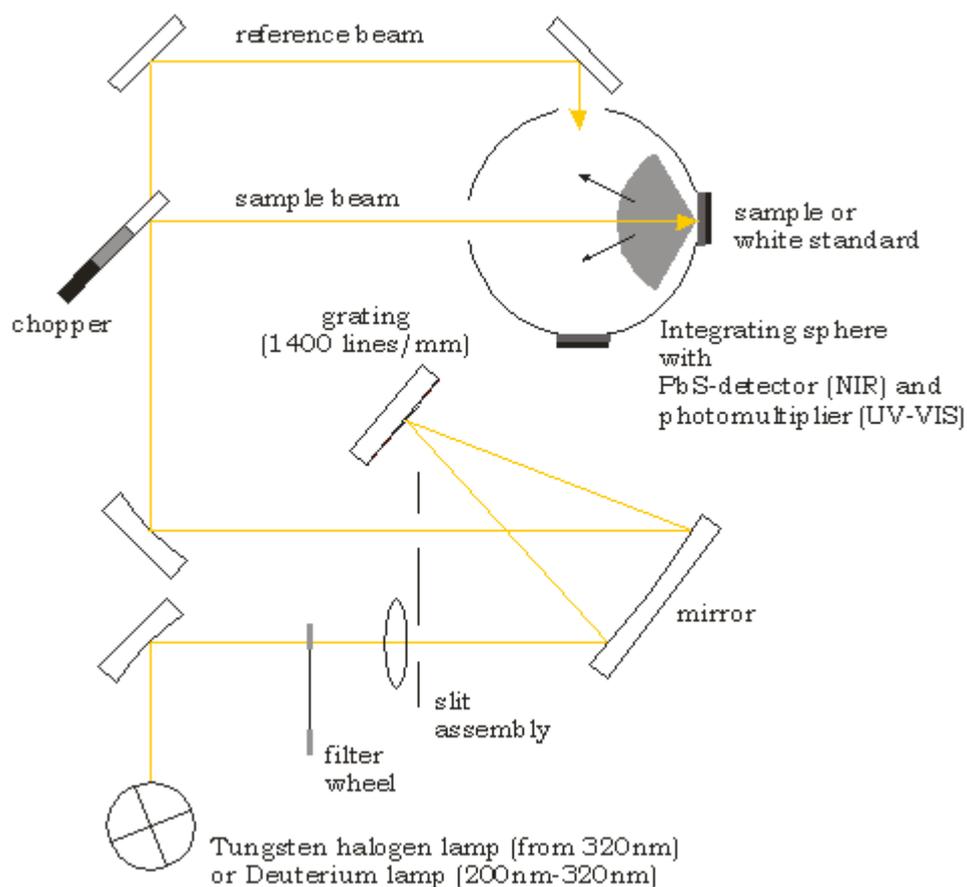


Abb. 5: Schematischer Aufbau eines NIR-Spektrometers [Rebien, 2007]

Eine Strahlungsquelle sendet kontinuierlich elektromagnetische Strahlung aus. Diese Strahlung wird durch Linsen und Blenden gebündelt. Durch Gitter und Filter im Monochromator kann die gebündelte Strahlung in verschiedenste Wellenlängen

zerlegt werden. Der gebündelte Strahl mit bestimmter Wellenlänge trifft auf die Probe und wird von ihr diffus reflektiert. Die reflektierte Strahlung wird in einer Integrationskugel (Ulbricht-Kugel) gesammelt und auf den Detektor geleitet [Rudzik, 1993]. Als interner Standard dient eine Keramikplatte, bei der die Reflexion 100 % beträgt [Reinhardt, 1992].

3.5.1.2 Entwicklung einer nahinfrarotspektroskopischen Methode

Bevor Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte von zubereiteten Speisen nahinfrarotspektroskopisch bestimmt werden konnten, musste das NIR-Spektrometer speziell für zubereitete Speisen und für jeden Untersuchungsparameter einzeln anhand der Ergebnisse der nass-chemischen Analysen kalibriert werden. Bei einem so vielfältigen Untersuchungsmaterial wie zubereiteten Speisen, waren für die Kalibration und die Validierung der Kalibration jeweils ca. 120 nass-chemische Analysendaten notwendig. Die Proben, die im Februar 2006 in Münchner Kitas gezogen wurden, lieferten eine ausreichend große Anzahl an nass-chemischen Analysendaten und dienten damit ohne zusätzlichen Aufwand gleichzeitig der Optimierung der NIR-Methodik.

Abbildung 6 gibt einen Überblick über die Entwicklung der nahinfrarotspektroskopischen Methode.

Zunächst wird das Probenmaterial nahinfrarotspektroskopisch und referenzanalytisch untersucht. Von besonderer Wichtigkeit ist, dass die für die Methodenentwicklung verwendeten Proben eine hohe Variationsbreite bezüglich der interessierenden Inhaltsstoffe aufweisen und auch in anderen chemisch-physikalischen Eigenschaften repräsentativ für das zukünftige Untersuchungsmaterial sind [Rudzik, 1993; Beck, 1992; Reinhardt, 1992; Christy et al., 2007].

NIR-Spektren werden häufig von nicht inhaltsstoff-spezifischen Informationen, zum Beispiel Partikelgrößeneffekten, Streulicht, Spiegelungen und gerätespezifischem Rauschen überlagert. Solche für die Messung irrelevanten Informationen wurden durch mathematische Transformation der Spektren herausgerechnet. So wurden durch Bildung der 1. und 2. Ableitung überlappende Absorptionsbanden voneinander getrennt und Basislinienverschiebungen reduziert. Die Verwendung höherer Ableitungen erwies sich in der NIR-Spektroskopie bisher als nicht vorteilhaft [Hruschka, 2004; Büning-Pfaue, 2003].

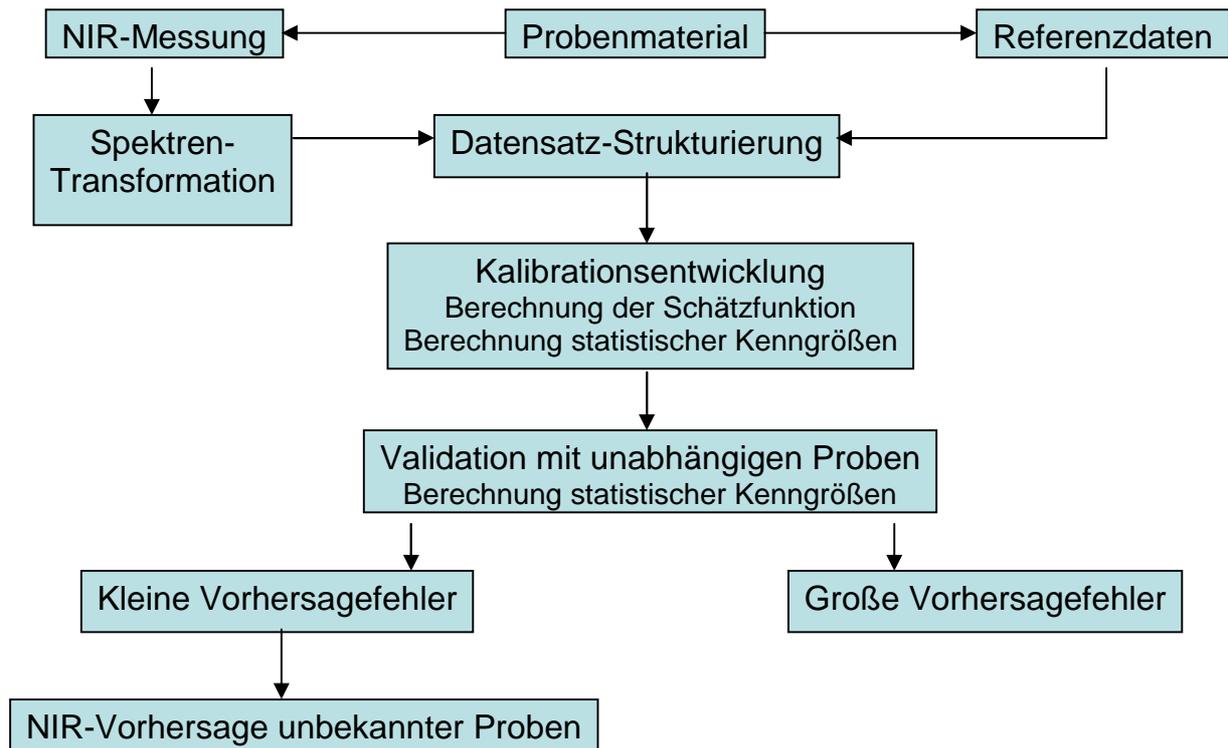


Abb. 6: Fließschema zur Entwicklung einer nahinfrarotspektroskopischen Methode [Urban, 1996]

Die Berechnung der Derivativspektren wird meist mit den Korrekturfunktionen „Smooth“ und „Gap“ kombiniert. Smooth dient der Glättung des Spektrums, indem systemspezifisches Rauschen reduziert wird [Williams, 2004a]. Dazu wird ein bestimmter Wellenlängenbereich um einen Datenpunkt definiert (Segment) und alle Absorptionswerte in diesem Bereich gemittelt. Der Wert des zentralen Datenpunktes wird durch den gemittelten Wert ersetzt. Ebenso wird mit allen weiteren Datenpunkten verfahren [Hruschka, 2004; Ozaki et al., 2007]. Mit der Funktion „Gap“ wird ein Bereich zwischen zwei Wellenlängen definiert, dessen Eckwerte zur Berechnung der Steigung in diesem Bereich dienen. Unterschiede in der Basislinie [Ozaki et al., 2007] und im Trend werden durch die Verfahren „SNV“ (standard normal variate), „Detrend“ oder „MSC“ (multiplicative scatter correction) korrigiert. Das SNV-Verfahren normiert die Standardabweichung eines jeden Spektrums auf 1, beim MSC-Verfahren werden alle Spektren anhand des berechneten Mittelwertspektrums korrigiert und das Detrend-Verfahren entfernt lineare und quadratische Trends aus dem Spektrum [Urban, 1996]. Die Standardeinstellung bei trockenen, gemahlten Proben ist 1/4/4/1 (Derivative/Gap/Smooth/Smooth 2) und SNV & Detrend. Um ein optimales Ergebnis zu erhalten, wurden bei der Kalibrationserstellung verschiedene Einstellungen getestet. Die Abbildungen 7 und 8

veranschaulichen die Auswirkung der Spektrentransformation 1/4/4/1 bei der NIR-Messung von zubereiteten Speisen.

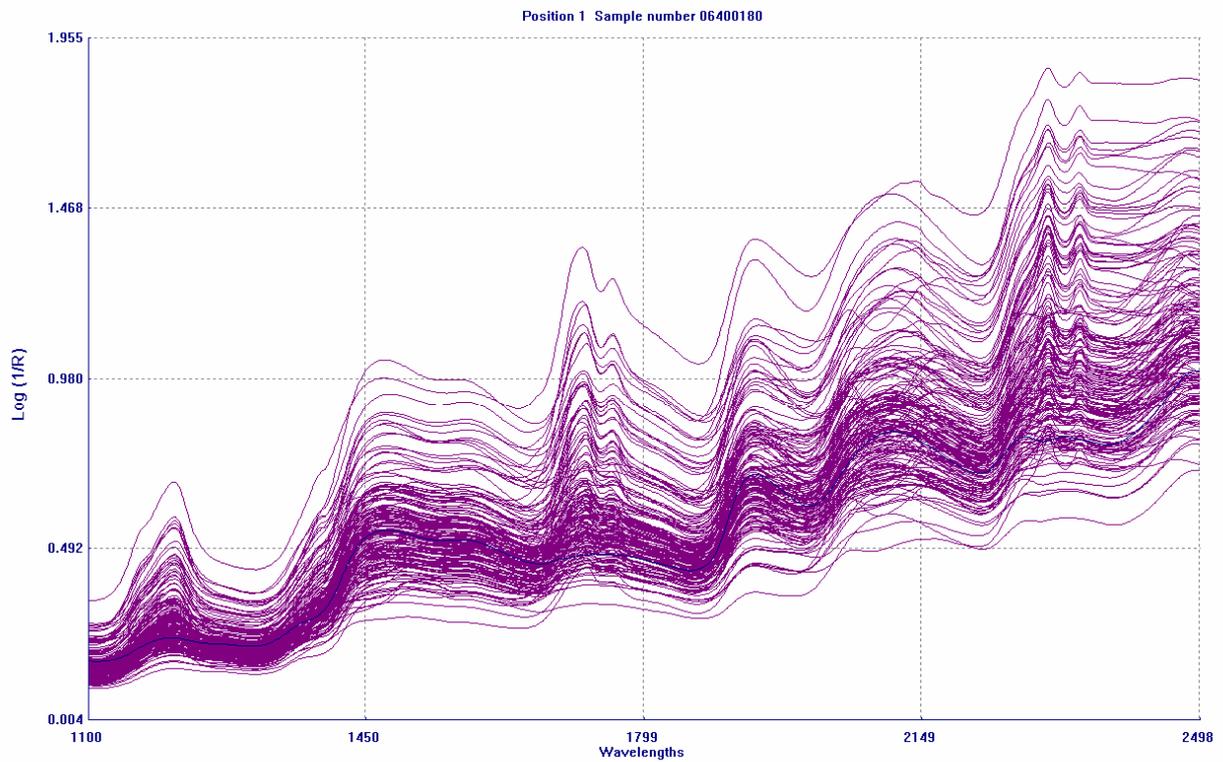


Abb. 7: Nahinfrarotspektroskopisch ermittelte Spektren von zubereiteten Mahlzeiten ohne mathematische Transformation

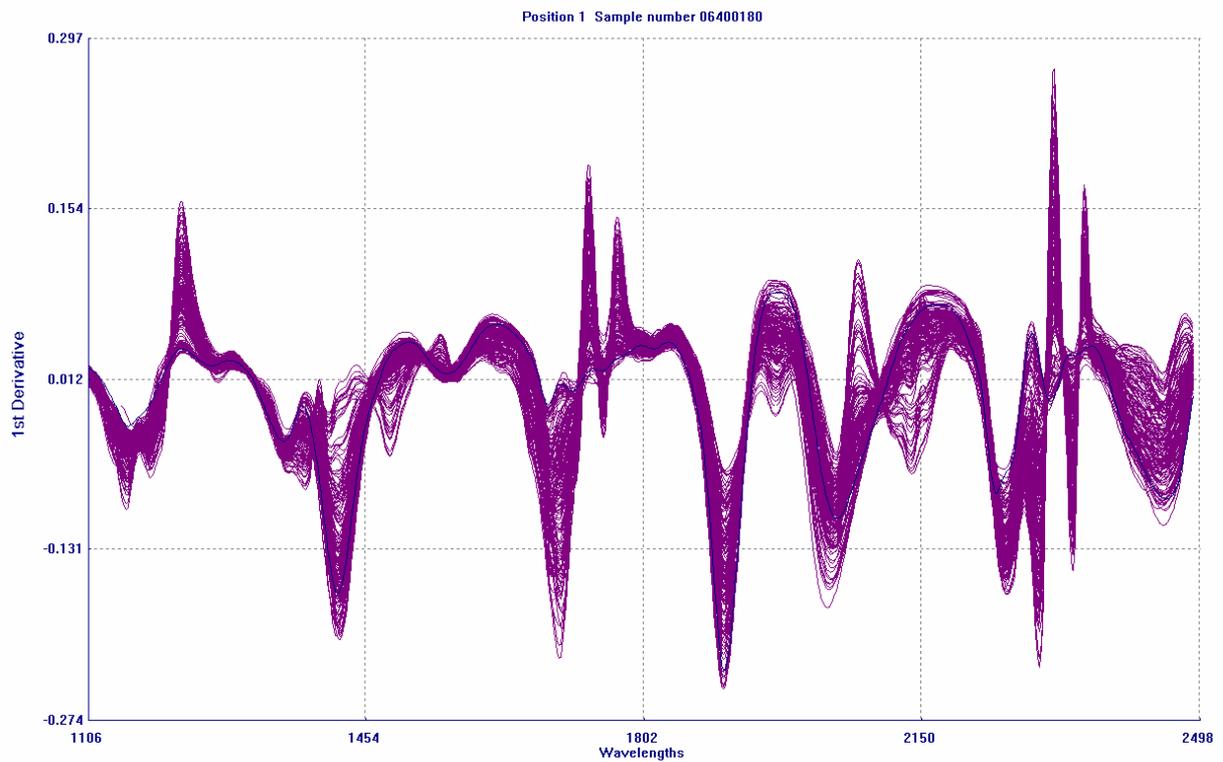


Abb. 8: Nahinfrarotspektroskopisch ermittelte Spektren von zubereiteten Mahlzeiten nach mathematischer Transformation (1/4/4/1 und SNV & Detrend)

Des Weiteren kann der Wellenlängenbereich eingestellt werden, in welchem gemessen werden soll. Da benachbarte Wellenlängen annähernd gleichen Informationsgehalt haben (Multikollinearität), fließt nicht jede Wellenlänge in die Kalibration mit ein. In der Regel wird jede achte Wellenlänge berücksichtigt, das Intervall kann jedoch variiert werden.

Die transformierten Spektren wurden mit den referenzanalytisch ermittelten Daten verknüpft und der Datensatz anschließend durch Eliminierung von fehlerbehafteten oder stark abweichenden Proben strukturiert. So wurden alle Speisenproben aus dem Datensatz entfernt, deren referenzanalytische oder nahinfrarotspektroskopische Untersuchung unter Umständen mit Messfehlern behaftet war. Zudem wurde die Varianz der zu untersuchenden Inhaltsstoffe anhand der referenzanalytischen Daten maximiert, indem Proben mit ähnlicher Nährstoffzusammensetzung aus dem Datensatz wieder eliminiert wurden. Auf diese Weise präsentierte der Datensatz zwar die volle Bandbreite an verschiedenen Nahrungsinhaltsstoffen, gleichartiges Probenmaterial floss jedoch nicht gehäuft in die Kalibration bzw. Validation ein. Zuletzt wurden auch Proben aus dem Datensatz entfernt, die bei vorherigen Kalibrationsansätzen sehr häufig durch hohe Global-H-Werte auffielen. Auch die Anzahl von T-Ausreißern, die aus dem Kalibrationsansatz entfernt wurden, wurde in den verschiedenen Ansätzen verändert. Der strukturierte Datensatz wurde in einen Kalibrations- und einen Validationsdatensatz aufgeteilt. Die Anzahl und Art der Proben im Ausgangsdatensatz und die Einteilung des Ausgangsdatensatzes in Kalibrations- und Validationsdatensatz wurden dabei variiert.

Die eigentliche Kalibrierung des NIR-Spektrometers beruht auf der Entwicklung einer multiplen linearen Regressionsfunktion (Schätzfunktion), die die Korrelation zwischen referenzanalytischen und spektralen Daten für einen bestimmten Inhaltsstoff beschreibt (Gl. 10). Ziel ist dabei, diejenige Wellenlängenkombination zu finden, bei der die NIR-Messung das genaueste Ergebnis hinsichtlich der Konzentration des untersuchten Inhaltsstoffes ergibt [Reinhardt, 1992; Tillmann, 1996].

$$c = b_0 + b_1 \cdot A_1 + b_2 \cdot A_2 + \dots + b_p \cdot A_p + u \quad (\text{Gl. 10})$$

- c = referenzanalytisch bestimmte Konzentration der absorbierenden Substanz in der Probe
- $b_1 \dots b_p$ = Regressionskoeffizienten an der p-ten Wellenlänge
- $A_1 \dots A_p$ = spektrale Absorptionswerte an der p-ten Wellenlänge
- u = Fehler

Vorzugsweise werden heute Regressionsverfahren auf Vollspektrenbasis³ angewendet. Mögliche Verfahren sind die Principal Component Regression (PCR), Partial Least Squares (PLS) und Modified PLS (mPLS). Grundlage dieser Verfahren ist die Durchführung einer Hauptkomponentenanalyse (Principal Component Analysis, PCA), bei der die gesamte spektrale Information aller Proben in Hauptkomponenten (Faktoren) mit absteigendem Informationsgehalt zerlegt wird. Mit einer bestimmten Anzahl an Hauptkomponenten können so alle wesentlichen Informationen, die in den Spektren enthalten sind, beschrieben werden. Überflüssige Informationen werden nicht mehr berücksichtigt [Tillmann, 1996]. Im PCR-Verfahren wird die Hauptkomponentenanalyse allein auf Basis der NIR-Spektren durchgeführt. Die PLS-Regression berücksichtigt bei der PCA zusätzlich die Variation der Referenzdaten. So werden jene Wellenlängenkombinationen bzw. Faktoren bestimmt, die wichtige spektrale Varianzen beschreiben und deren Intensitäten am besten mit den Analysenwerten korrelieren [Martens et al., 2004]. Beim mPLS-Verfahren handelt es sich um eine modifizierte Form der PLS-Regression, bei der zusätzlich nach jeder Faktorentwicklung die Restvarianzen normiert werden [Urban, 1996].

Wie viele der in der Hauptkomponentenzerlegung bestimmten Faktoren in die Schätzgleichung aufgenommen werden sollten, wird mittels Kreuzvalidierung untersucht. Ermittelt wird dabei die Anzahl der Wellenlängen bzw. Faktoren, die maximal nötig sind, um den Fehler der NIR-Messung zu minimieren [Tillmann, 1996]. Zufällige Korrelationen werden so ausgeschlossen und eine Überanpassung (Overfitting) der Schätzfunktion an die Kalibrationsdaten vermieden [Urban, 1996; Christy et al, 2007].

Zunächst wird der Kalibrationsdatensatz zufällig in n Gruppen unterteilt. Im ersten Durchgang der Kreuzvalidierung wird Gruppe 1 aus dem Datensatz herausgenommen. Mit allen restlichen Gruppen wird eine Kalibration erstellt, die wiederum mit Gruppe 1 validiert wird. Die Schätzfunktion wird dabei mehrmals mit unterschiedlich vielen Faktoren erstellt. Die Anzahl der Faktoren, bei der die Kalibration den kleinsten Fehler (SECV) aufweist, wird gespeichert. Auf die gleiche Weise erfolgen weitere Durchgänge, bis alle Gruppen einmal als Validationsdatensatz gedient haben. Nach dem letzten Durchgang werden die

³ alle Spektren fließen in das Regressionsverfahren mit ein

statistischen Parameter aller Durchgänge gemittelt und so die optimale Anzahl der Faktoren für den gesamten Datensatz bestimmt [Urban, 1996].

Die Qualität der Kalibration kann anhand von statistischen Kenngrößen beurteilt werden. Im Folgenden werden einige dieser statistischen Parameter näher erläutert werden [Tillmann, 1996; Hartmann, 1998].

- **SEC** (standard error of calibration): der Standardfehler der Kalibrierung gibt an, um wie viel das NIR-Ergebnis durchschnittlich vom Referenzwert abweicht. SEC sollte möglichst klein sein. Je mehr Faktoren in die Schätzfunktion einfließen, desto besser wird der Standardfehler der Kalibrierung. Der SEC hat die gleiche Einheit wie der zu bestimmende Parameter.

$$\text{SEC} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Referenzwert}_i - \text{NIRSWert}_i)^2}{n - 1 - m}} \quad (\text{Gl. 11})$$

n = Anzahl der Kalibrationsproben

m = Anzahl der verwendeten Wellenlängen bzw. Faktoren

- **RSQ = R^2** (Bestimmtheitsmaß): Maß für die Variation der NIR-Werte, welche durch eine lineare Abhängigkeit von den Referenzdaten erklärt werden können. Das Bestimmtheitsmaß liegt immer zwischen 0 und 1. Je näher das Bestimmtheitsmaß R^2 am Wert 1 liegt, desto besser ist die Beziehung zwischen NIR- und Referenzdaten. Bei quantitativen Messungen sollte R^2 auf jeden Fall größer 0,9 sein.

$$\text{RSQ} = R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{NIRSWert}_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Referenzwert}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (\text{Referenzwert}_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Referenzwert}_i)^2} \quad (\text{Gl. 12})$$

n = Anzahl der Kalibrationsproben

- **SECV** (standard error of cross validation): der Standardfehler der Kreuzvalidierung dient der Feststellung der optimalen Anzahl an Faktoren. Der SECV sollte nicht über dem 1,2 bis 1,4fachen des SEC liegen. Ist dies trotzdem der Fall, sollte die Anzahl der Proben im Datensatz erhöht werden.

$$\text{SECV} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Referenzwert}_i - \text{NIRSWert}_i)^2}{n-1}} \quad (\text{Gl. 13})$$

n = Anzahl der Kreuzvalidationsproben

- **T-Wert:** beschreibt den Abstand eines Messwertes vom Mittelwert der Population und dient damit der Identifizierung von Ausreißern. Der T-Wert sollte maximal einen Wert von 2,5 bis 3 betragen.

$$T = \frac{\text{NIRSWert} - \text{Referenzwert}}{\text{SEC}} \quad (\text{Gl. 14})$$

- **GH-Wert** (Globale Mahalanobis-Distanz): Der GH-Wert dient ebenso wie der T-Wert zur Identifizierung von Ausreißern. Im Gegensatz zum T-Wert beschreibt der GH-Wert den Abstand eines Messwertes zum Mittelwert der Population im multivariaten Fall, das heißt dass mehrere Merkmale der Probe berücksichtigt werden.

Die erstellte Kalibration muss im nächsten Schritt anhand von unabhängigen Proben bekannter Zusammensetzung (Validationsdatensatz) überprüft werden. Die Leistungsfähigkeit der Kalibration kann wiederum anhand verschiedener statistischer Parameter beurteilt werden [Urban, 1996; Reinhardt, 1992; Hartmann, 1998; Tillmann 1996].

- **SEP** (standard error of prediction): der Standardfehler der Validierung gibt den Fehler der NIR-Messung an. SEP sollte möglichst klein und maximal doppelt so groß wie der Laborfehler SEL (standard error of laboratory analysis) sein. SEP hat die gleiche Einheit wie der zu bestimmende Parameter.

$$\text{SEP} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Referenzwert}_i - \text{NIRSWert}_i)^2}{n-1}} \quad (\text{Gl. 15})$$

n = Anzahl der Validationsproben

Der Standardfehler der Validierung setzt sich aus dem systematischen (BIAS) und dem zufälligen (SEP(C)) Fehler zusammen, wobei der BIAS nicht größer als das 0,6fache und der SEP(C) nicht größer als das 1,2fache des SEC sein sollte. Der BIAS gibt die Differenz zwischen dem mittleren NIR-Wert und dem

mittleren Referenzwert an. Der systematische Fehler beschreibt folglich, um wie viel alle Proben im Durchschnitt über- oder unterschätzt werden und sollte deshalb möglichst nahe dem Wert 0 liegen. Ein ungünstiger BIAS deutet auf einen nicht repräsentativen Validationsdatensatz oder systematische Unterschiede innerhalb der Referenzanalytik hin.

$$\text{Bias} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Referenzwert}_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{NIRSWert}_i \quad (\text{Gl. 16})$$

$$\text{SEP(C)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Referenzwert}_i - (\text{NIRSWert}_i - \text{Bias}))^2}{n-1}} \quad (\text{Gl. 17})$$

n = Anzahl der Validationsproben

- **Slope** gibt die Steigung der Regressionsgeraden von der NIR-Schätzung auf den Referenzwert an. Dieser Wert beträgt bei vollständiger Übereinstimmung genau 1,00.

3.5.1.3 Durchführung der NIR-Messung bei zubereiteten Speisen

Die nahinfrarotspektroskopische Untersuchung des Probenmaterials erfolgte nach dem Prinzip der diffusen Reflexion (Kap. 3.5.1.1). Da die zu untersuchenden Speisenproben in ihrem Wasser-Gehalt stark variierten, wurde das Probenmaterial zunächst vorgetrocknet und gemahlen um eine standardisierte Konsistenz zu erreichen.

Geräte:

- (1.1) Umlufttrockenschrank 60 °C (Heraeus, Hanau)
- (1.2) Probenmühle (Kaffeemühle, Braun, Kronberg)
- (1.3) Nahinfrarot-Spektrometer NIRSystems 5000 mit Messzellen (Foss, Hamburg)

Je nach Wasser-Gehalt der Speisenprobe werden 50-100 g des homogenisierten Probenmaterials auf 0,5 g genau in eine tarierte Porzellanschüssel eingewogen und für 2 bis 3 Tage bei 60 °C in einen Umlufttrockenschrank (1.1) gestellt. Nach dem ersten Tag wird das Probenmaterial mit einem Spatel vorsichtig durchmischt um ein Festkleben an der Schüsselwand zu verhindern und eine gleichmäßige Trocknung sicherzustellen. Nach etwa 3 Tagen werden die Porzellanschalen mit dem

Probenmaterial auf 0,5 g genau zurück gewogen, das getrocknete Material entnommen, sofort in einer Probenmühle (1.2) zu Pulver vermahlen und bis zur Messung in verschließbaren Gläsern bei 4 °C aufbewahrt.

Vor der nahinfrarotspektroskopischen Messung wird das Probenmaterial auf Raumtemperatur gebracht. Schwankungen der Messumwelt (Temperatur, Lichteinwirkung, Luftfeuchtigkeit etc.) müssen generell vermieden werden um reproduzierbare Messergebnisse zu sichern [Büning-Pfaue et al., 2000]. Anschließend wird die Probe in die Messzellen (1.3) gefüllt. Bei der Befüllung ist darauf zu achten, dass der Glasboden der Zelle vollständig mit Material bedeckt ist [Williams et al., 2004b]. Die Messzellen werden verschlossen, in den senkrecht verlaufenden Probenschlitten des Nahinfrarot-Spektrometers (1.3) gestellt und die Messung wird gestartet. Generell werden Doppelbestimmungen durchgeführt, wobei nicht nur die Messung, sondern auch die Befüllung der Messzelle wiederholt wird.

3.5.2 Untersuchungen mittels Photochemolumineszenz

In zubereiteten Speisen sind eine Reihe wasserlöslicher Antioxidantien enthalten, die in ihrer Summe die gesamte antioxidative Kapazität in wässriger Phase (ACW) ausmachen. Grundsätzlich kann der ACW-Gehalt auf zweierlei Wegen bestimmt werden. Antioxidativ wirkende Einzelsubstanzen werden getrennt analysiert (meist mittels HPLC [Merken et al., 2000]) und anschließend summiert. Gegen diese Vorgehensweise sprechen die Vielfalt an Antioxidantien, die fehlende Kenntnis aller wirksamen Stoffgruppen und die zum Teil noch unerforschten Wechselwirkungen zwischen einzelnen Antioxidantien. Deshalb wird häufig die gesamte antioxidative Kapazität in wässriger Phase gemessen. Eine Aufschlüsselung in Einzelsubstanzen ist hier nicht möglich [Rohe, 2001].

Da das wasserlösliche Vitamin C einen Hauptanteil zur antioxidativen Kapazität in der wässrigen Phase beiträgt, wurde in vorliegender Arbeit auch der Zusammenhang zwischen ACW- und Vitamin C-Gehalt der Speisenproben untersucht.

3.5.2.1 Physikalisch-chemische Grundlagen

In vorliegender Arbeit wurde der ACW-Gehalt in zubereiteten Speisen mittels photosensibilisierter Chemolumineszenz (PCL) bestimmt.

Die Messung der ACW beruht auf der Generierung einer definierten Anzahl freier Radikale durch optische Anregung ($h\nu_1$) der photosensitiven Substanz Luminol (L). In Verbindung mit Sauerstoff entsteht das Luminolradikal ($L\cdot$) und das Superoxidanionenradikal ($O_2\cdot^-$) (Gl. 18) [Rohe, 2001; Hermann, 2000; Popov et al., 2005].



Die entstandenen Radikale werden mit Hilfe der chemoluminogenen Substanz Luminol fluormetrisch nachgewiesen [Popov, 1994]. Luminol dient damit als Photosensitizer zur Generierung der Radikale und gleichzeitig auch als Detektorsubstanz [Govindarajan et al., 2004; Kranl et al., 2005]. Durch die Antioxidantien im Probenmaterial wird ein Teil der künstlich erzeugten Radikale eliminiert und dadurch die Intensität der Fluoreszenz konzentrationsabhängig abgeschwächt. Die Quantifizierung der ACW im Probenmaterial erfolgt durch den Vergleich mit einer geeigneten Standardsubstanz [Rohe, 2001].

Abbildung 9 zeigt das Funktionsschema der PCL-Messung mit dem PHOTOCHEM[®]-Gerät.

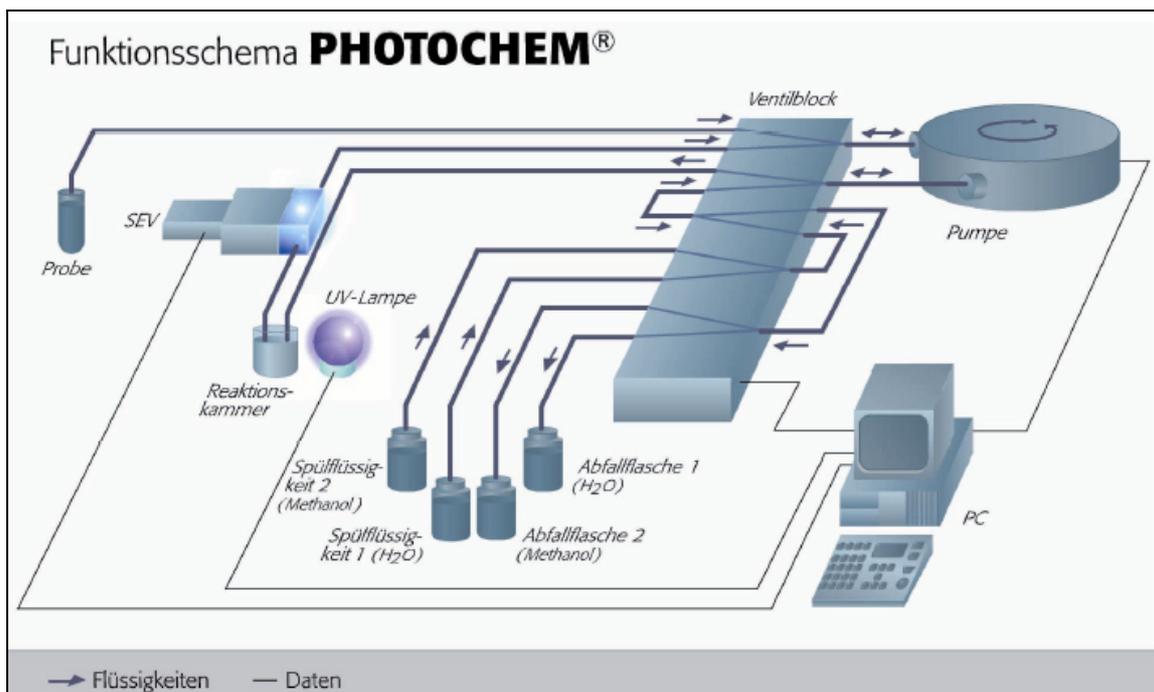


Abb. 9: Funktionsschema der PCL-Messung mit Photochem[®] [Hermann, 2000]

Die Messlösung mit dem Photosensitizer und der aufbereiteten Speisenprobe wird über den Ventilblock in eine Reaktionskammer gepumpt und dort mit einer UV-Lampe bestrahlt (Photoinduktion), wodurch Superoxidanionenradikale erzeugt werden [Hermann, 2000]. Anschließend wird die Lösung zur Messung der Chemolumineszenz in eine Messzelle überführt. Während der Messung wird die Messlösung ständig zwischen bestrahlter Reaktionskammer und Messzelle hin und her gepumpt um den zeitlichen Ablauf der Antioxidantien-Radikal-Reaktion erfassen zu können. Das durch die Lumineszenz erzeugte Messsignal wird mit Hilfe eines Sekundär-Elektronen-Vervielfachers (SEV), welcher an der Messkammer positioniert ist, aufgenommen und exakt bestimmt. Die Daten werden auf den angeschlossenen Computer übertragen und auf dem Monitor kann der Verlauf der Lumineszenz anhand einer Kurve überwacht werden. Die Ergebnisse der Messung werden in äquivalenten Konzentrationseinheiten des Standards ausgegeben.

3.5.2.2 Auswertung der ACW-Messkurven

Die in der Reaktionskammer erzeugten Radikale werden durch Reaktion mit den Antioxidantien zum Teil eliminiert. Zu Beginn der Messung sind ausreichend Antioxidantien vorhanden um die erzeugten Radikale zu „neutralisieren“. Folglich ist keine Lumineszenz detektierbar (Lag-Phase). Mit zunehmendem Verbrauch der Antioxidantien, erhöht sich die Anzahl der verbleibenden Radikale und das Messsignal steigt an, bis es schließlich ein Maximum erreicht. Je mehr Antioxidantien in der Speisenprobe enthalten sind, desto länger dauert die Lag-Phase [Analytik Jena, 2005]. Abbildung 10 zeigt die auf Grund des Antioxidantien-Gehaltes deutlich längeren Lag-Phasen bei Standards und Proben im Vergleich zum Leerwert.

Zur Bestimmung der antioxidativen Kapazität in der wässrigen Phase dient die Dauer der Lag-Phase (L). Die Auswertung der Messkurven erfolgt anhand der Software PCLsoft[®] (Analytik Jena AG, Jena).

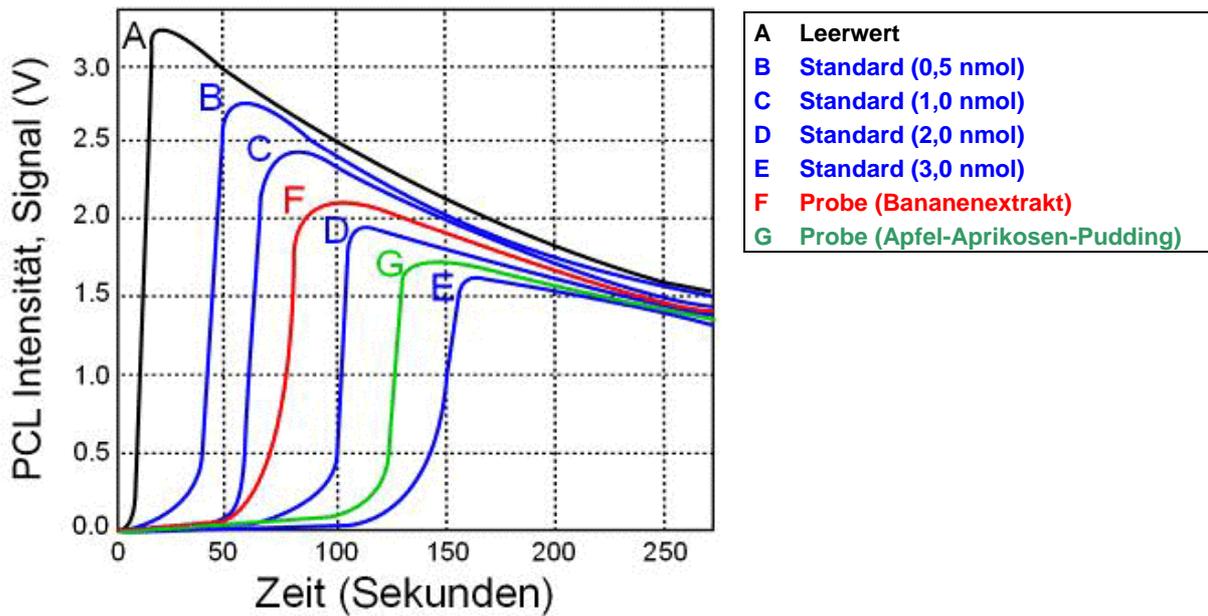


Abb. 10: ACW-Messkurven (Leerwert, Ascorbinsäure-Standards, Proben). Die Spannung (V) verläuft proportional zur entstandenen Lumineszenz. Die Registrierdauer beträgt 250 s.

Durch Bildung der 1. Ableitung wird der Wendepunkt der Messkurve ermittelt und anschließend der Anstieg (Tangente) im Wendepunkt berechnet. Die Dauer der Lag-Phase der Probe (L_1) wird durch den Schnittpunkt der Anstiegsgeraden (Tangente) durch den Wendepunkt mit der x-Achse definiert [Analytik Jena, 2005]. Von L_1 muss nun noch die Dauer der Lag-Phase des Leerwertes (L_0) abgezogen werden (Gl. 18).

$$L = L_1 - L_0 \quad (\text{Gl. 18})$$

L = Dauer der Lag-Phase
 L_1 = Dauer der Lag-Phase der Probe
 L_2 = Dauer der Lag-Phase des Leerwertes

3.5.2.3 Durchführung der ACW-Messung bei zubereiteten Speisen

Für die Bestimmung der antioxidativen Kapazität von wasserlöslichen Stoffen wurden folgende Reagenzien und Geräte verwendet:

Reagenzien:

- (1.1) Extraktionslösung (Reagens 1): Deionisiertes, vollentsalztes (VE) Wasser (Merck, Darmstadt)
- (1.2) Reaktionspuffer (Reagens 2) (ACW-KIT, Analytik Jena AG, Jena)
- (1.3) Stammlösung (Reagens 3; Photosensitizer und Detektorsubstanz) (ACW-KIT, Analytik Jena AG, Jena)

- (1.4) Standardsubstanz für die Quantifizierung von wasserlöslichen Antioxidantien in äquivalenten Mengen der Ascorbinsäure (Reagens 4) (ACW-KIT, Analytik Jena AG, Jena)
- (1.5) Reagens 3-Arbeitslösung: Reagens 3 (1.3) auftauen, mit 750 µl Reagens 2 (1.2) lösen und gut mischen (2.1). Die Reagens 3-Arbeitslösung ist nur wenige Stunden haltbar und muss während der Messung bei 4 °C dunkel aufbewahrt werden.
- (1.6) Reagens 4-Stammlösung: Reagens 4 (1.4) mit 490 µl Reagens 1 (1.1) und 10 µl konzentrierter Schwefelsäure (95-97 %ig; Merck, Darmstadt) lösen und ca. 30 s mischen (2.1). Die Reagens 4-Stammlösung muss während der Messung bei 4 °C dunkel aufbewahrt werden.
- (1.7) Reagens 4-Arbeitslösung: Reagens 4-Stammlösung (1.6) 1:100 mit Reagens 1 (1.1) verdünnen. Die Reagens 4-Arbeitslösung ist nur wenige Stunden haltbar.

Geräte:

- (2.1) Vortex Mixer (IKA, Wilmington, USA)
- (2.2) 50 ml Glasspitzkolben mit Glasstopfen (Schott/Duran, Wertheim/Main)
- (2.3) 25 ml Zentrifugengläser, Ø 20 mm (Schott/Duran, Wertheim/Main)
- (2.4) Kühlzentrifuge Z 323 K mit Ausschwingrotor (Hermle, Wehingen)
- (2.5) 2 ml Plastik-Einweg-Spritzen (Henke-Sass Wolf GmbH, Deutschland)
- (2.6) Membranfilter für wässrige und polare Lösungen, PP/GF/PET-45/25, Ø 0,45 µm (Macherey & Nagel, Düren)
- (2.7) 1,5 ml GC-Glasvials mit Alukappen (VWR International, Darmstadt)
- (2.8) PHOTOCHEM[®] mit 5 ml Reagensröhrchen (Analytik Jena AG, Jena)

Leerwert-Bestimmung:

Bevor der ACW-Gehalt im Probenmaterial bestimmt werden kann, müssen mindestens zwei Leerwertbestimmungen durchgeführt werden. Die Abweichung zwischen den Werten darf dabei maximal 5 % betragen. Sollte die Abweichung höher liegen, müssen weitere Leerwert-Messungen durchgeführt werden. Sobald der Wert stabil ist, werden die abweichenden Messwerte entfernt und die restlichen Leerwerte gemittelt [Analytik Jena, 2005]. Die Zusammensetzung des Reaktionsansatzes für den Leerwert zeigt Tabelle 5.

Tab. 5: Zusammensetzung des Reaktionsansatzes zur Leerwertbestimmung bei der ACW-Messung [Analytik Jena, 2005]	
Reagens 1 (1.1):	1500 [µl]
Reagens 2 (1.2):	1000 [µl]
Reagens 3-Arbeitslösung (1.5):	25 [µl]

Kalibration:

Die Erstellung der Kalibrationskurven für die ACW-Messung erfolgt jeweils vor der Probenaufbereitung. Die Zusammensetzung des Kalibrationsansatzes zeigt Tabelle 6. Die Kalibrationskurven werden anhand von 4 Punkten (0,5; 1,0; 2,0 und 3,0 nmol Ascorbinsäure, entsprechend 5 bis 30 µl Reagens 4-Arbeitslösung) erstellt.

Tab. 6: Zusammensetzung des Kalibrationsansatzes bei der ACW-Messung [Analytik Jena, 2005]	
Reagens 1 (1.1):	1500 [µl] - X
Reagens 2 (1.2):	1000 [µl]
Reagens 3-Arbeitslösung (1.5):	25 [µl]
Reagens 4-Arbeitslösung (1.7):	X (5; 10; 20; 30 µl)

Probenvorbereitung und Probenmessung:

2,5 g homogenisiertes Probenmaterial werden in einen 50 ml Glasspitzkolben (2.2) eingewogen und mit 10 ml Reagens 1 (1.1) versetzt. Der Kolben wird 1 min kräftig geschüttelt um die wasserlöslichen Bestandteile zu lösen. Bei stärkehaltigen Speisen muss das Probenhomogenat zusätzlich mit einem Spatel zerkleinert werden. Anschließend wird der Ansatz 2 bis 3 min bei Raumtemperatur stehen gelassen bis sich die festen Bestandteile der Probe absetzen. Der wässrige Überstand wird in Zentrifugengläser (2.3) abpipettiert und 5 min bei 4 °C mit 4000 U/min zentrifugiert (2.4). Der Überstand wird nach dem Zentrifugieren mit einer Spritze (2.5) aufgezogen und durch einen 0,45 µm Membranfilter (2.6) in 1,5 ml Glasvials (2.7) filtriert. Die enthaltene Lösung entspricht der Probenlösung.

Die Messlösung für die PCL-Messung muss zügig hergestellt und die Messung muss unmittelbar danach durchgeführt werden. Die Zusammensetzung des Messansatzes für die Bestimmung der antioxidativen Kapazität in der wässrigen Phase zeigt Tabelle 7. Um den empfindlichsten Bereich des PHOTOCHEM[®] nutzen zu können, werden dem Reaktionsansatz unterschiedlich große Aliquote der Probenlösung (Y)

zugegeben. Je nach Aliquot der Probenlösung muss das Pipettiervolumen von Reagens 1 (1.1) angepasst werden, um ein Gesamtvolumen von 2,5 ml nicht zu überschreiten [Analytik Jena, 2005].

Tab. 7: Zusammensetzung des Messansatzes bei der ACW-Messung [Analytik Jena, 2005]	
Reagens 1 (1.1):	1500 [µl] - Y
Reagens 2 (1.2):	1000 [µl]
Reagens 3-Arbeitslösung (1.5):	25 [µl]
Probenlösung:	Y

Der ACW-Gehalt in flüssigen Proben wurde nach Gleichung 19 berechnet.

$$ACW - Gehalt[\mu g / ml] = \frac{Menge \cdot Verdünnung \cdot M}{PipettiertesVolumen} \quad (Gl. 19)$$

Menge	=	Ascorbinsäure-Gehalt [nmol]
M	=	Molare Masse der Ascorbinsäure (176,13 ng/nmol)
Pipettiertes Volumen	=	Pipettiertes Volumen der Probe im Reaktionsröhrchen
Verdünnung	=	Verdünnungsfaktor (Bsp.: bei Probenverdünnung 1:10 ist der Verdünnungsfaktor 10)

3.5.3 Nährwertberechnungen mittels DGE-PC

Die Berechnung der Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte wird mit der Ernährungssoftware DGE-PC professional Version 3.2.0.024 durchgeführt. In den folgenden Kapiteln wird der Aufbau der Nährstoff-Datenbank in DGE-PC professional und die Durchführung der Berechnungen näher erläutert.

3.5.3.1 Aufbau der Nährstoff-Datenbank in DGE-PC professional

Die DGE-PC-Datenbank basiert auf dem Bundeslebensmittelschlüssel (BLS) Version II.3. [Faustin, 2002]. Zusätzlich ist eine Erweiterung der Datenbank durch selbst erstellte Rezepte und Lebensmittel möglich.

Der Bundeslebensmittelschlüssel ist eine EDV-gestützte Nährwert-Datenbank in der von rund 11.500 Einzellebensmitteln, Fertiggerichten, Menüs und Rezepturen die Nährwerte und Inhaltsstoff-Gehalte erfasst sind. Pro Lebensmittel bzw. Speise werden bis zu 158 Inhaltsstoff-Gehalte angegeben [Dehne et al., 1999]. Für die Pflege, Aktualisierung und Weiterentwicklung der Datenbank ist seit Mai 2004 die Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BfEL) in Karlsruhe zuständig [Hartmann et al., 2006].

Datengrundlage für die Inhaltsstoffangaben bilden Analysewerte aus unterschiedlichen Forschungseinrichtungen (BfEL, Bundesinstitute, Landesanstalten, Universitäten, etc.), aus der Lebensmittelindustrie und nationalen sowie internationalen Nährwerttabellen [Faustin, 2002; Winkler et al., 1991]. Labor-chemisch ermittelte Werte sind für ca. 1200 hauptsächlich unverarbeitete Basislebensmittel verfügbar. Speisen und bearbeitete Lebensmittel müssen anhand der Analysewerte der einzelnen Zutaten berechnet werden. Fehlende Analysewerte, so genannte „missing values“, werden durch vorhandene Daten ähnlicher Lebensmittel ersetzt [Brehme, 1994]. Veränderungen der Zutaten während der Zubereitung, zum Beispiel Nährstoff- und Gewichtsverluste, werden dabei systematisch berücksichtigt [Hartmann et al., 2006; Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, 2007]. Die verwendeten Rezepte stammen aus handelsüblichen Kochbüchern und Großküchenrezepten der DGE [Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin, 1999]

Um die in der Datenbank gespeicherten Lebensmittel und Speisen eindeutig und schnell hinsichtlich Art, Verarbeitung, Zubereitung und Gewichtsbezug einordnen zu können, wurde für den BLS ein spezielles Codierungssystem entwickelt. Der Schlüssel umfasst immer sieben Stellen, wobei an erster Stelle ein Buchstabe und an Position zwei bis sieben eine Ziffer steht. Die Bedeutung der einzelnen Stellen wird im Folgenden kurz erläutert [Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin, 1999]:

- 1. Stelle: Einteilung der Lebensmittel in verschiedene Hauptgruppen
- 2. Stelle: Unterteilung der Hauptgruppe in weitere Untergruppen
- 3. und 4. Stelle: Definition der Einzellebensmittel
- 5. Stelle: Angaben über die industrielle Verarbeitung und Spezifizierung der Lebensmittel (zum Beispiel durch Angabe des Fettanteils bei Milchprodukten)
- 6. Stelle:
 - a) Für Hauptgruppe B-W: Angabe des angewendeten haushaltsüblichen Garverfahrens
 - b) Für Hauptgruppe X, Y: Unterscheidung zwischen der Zubereitung in Haushalt, Großküche und Gastronomie
- 7. Stelle: Gewichtsbezug (ohne oder mit Küchenabfall)

3.5.3.2 Durchführung der Inhaltsstoff-Berechnung von zubereiteten Speisen

3.5.3.2.1 Bedienung von DGE-PC professional und Eingabe der Zutaten

DGE-PC professional besitzt verschiedene Formulare, die über die Hauptschalterleiste aufgerufen werden können. Die für die Berechnung von Zutatenlisten relevanten Formulare (Abb. 11) werden im Folgenden kurz vorgestellt.



Abb. 11: Für die Berechnung der Zutatenlisten relevante Formulare in der Hauptschalterleiste von DGE-PC professional

Das Formular **Klientenauswahl** dient zur Verwaltung klientenspezifischer Daten. In vorliegender Arbeit wurden hier alle gezogenen Proben anhand einer fortlaufenden Nummer registriert. Über den Schalter **Klientendaten** wurden dieser Nummer die Bezeichnung der jeweiligen Speise und die während der Probennahme vergebene Probennummer zugeordnet.

Die Eingabe der Zutaten erfolgte über das Formular **Verzehr**. Die einzelnen Zutaten der Menükomponente können hier in eine Eingabemaske übertragen werden. Die entsprechende Zutat wurde dazu mit Hilfe des Lebensmittelfilters (Abb. 12), der über den Schalter Einfügen (mit Lupensymbol) aufgerufen wird, in der Datenbank gesucht.

Durch die Eingabe des Suchbegriffes kommt es zu einer Auflistung aller Lebensmittel in der Datenbank, die diesen Begriff enthalten (Suchraumeinstellung: Gesamte Datenbank). Daraus kann das gesuchte Lebensmittel ausgewählt und in die Zutatenliste übertragen werden. Nach diesem Schema werden alle Zutaten einer Speise in die Tabelle eingefügt. Über den Schalter „Gesamt“ werden die berechneten Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte der Menükomponente angezeigt.

Abb. 12: Lebensmittelfilter für die Suche von Lebensmitteln in der DGE-PC Datenbank

3.5.3.2 Lebensmittelerweiterung

Die in den Kindertagesstätten zubereitenden Speisen enthalten zum Teil Zutaten von speziellen Herstellern, wie beispielsweise Asia-Soße von Maggie, Joghurt-Dressing von Develey oder Buttergemüse von BioBio. Da solche Zutaten im BLS nicht enthalten sind, wurden sie durch eine Erweiterung der Datenbank hinzugefügt. Voraussetzung hierfür ist, dass die Inhaltsstoffe der Zutat, zum Beispiel auf Grund von Inhaltsstoffangaben auf der Verpackung, bekannt sind.

Das Einfügen der neuen Lebensmittel erfolgt über das Formular **BLS-Erweiterung** (Abb. 13).



Abb. 13: Formular für die Erweiterung der DGE-PC-Datenbank in der Hauptschalterleiste

Mit der Schaltfläche „Neu“ wird ein neuer Lebensmittelschlüssel erzeugt. Das anzulegende Lebensmittel wird benannt und bekannte Inhaltsstoffe dieses Lebensmittels werden in die Datenbank eingespeist.

3.6 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung des Datenmaterials erfolgte mit SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) Version 12.0 für Windows (SPSS Inc., Chicago, USA).

Zunächst wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test für jeden Parameter geprüft, ob die Abweichungen zwischen den Doppelbestimmungen einer Normalverteilung unterlagen. Da dies der Fall war, wurden in der anschließenden statistischen Auswertung parametrische Tests verwendet [Sachs et al., 2006].

Um den Einfluss verschiedener unabhängiger Variablen (Verpflegungssystem, Träger, Küchenart und Kita) auf den Ist-Zustand der Verpflegung in Kitas zu ermitteln, wurden univariate Varianzanalysen (ANOVA) durchgeführt.

Die Signifikanzniveaus α wurden durch die Irrtumswahrscheinlichkeit p definiert und anhand folgender Symbole gekennzeichnet:

- $p > 0,05$: nicht signifikant (ns)
- $0,01 < p \leq 0,05$: schwach signifikant (*)
- $0,001 < p \leq 0,01$: signifikant (**)
- $p \leq 0,001$: hoch signifikant (***)

Unterschieden sich Gruppen signifikant voneinander, wurde mit Hilfe des Scheffé-Tests festgestellt, welche Gruppen zu diesem Effekt beigetragen haben.

Die Auswertung der NIR-Spektren erfolgte mit der Kalibrations-Software WinISI III, Version 1.50 (Foss, Hamburg).

Signifikante Zusammenhänge zwischen nahinfrarotspektroskopisch, rechnerisch oder mittels Photochemolumineszenz bestimmten mit den referenzanalytisch bestimmten Nährstoff-Gehalten wurden anhand von t-Tests geprüft.

Der Zusammenhang zweier Merkmale wurde mittels einer Regressionsanalyse vom Typ II beschrieben. Regressionsanalysen ermöglichen die Vorhersage einer abhängigen Variablen (zum Beispiel nahinfrarotspektroskopisch bestimmter Fett-Gehalt) aus den Werten einer unabhängigen Variablen (zum Beispiel referenzanalytisch bestimmter Fett-Gehalt). Regressionsgleichungen wurden für

verschiedene Merkmalspaare anhand der Funktion „lineare Regression“ ermittelt [Sachs et al., 2006].

Der Korrelationskoeffizient R macht Aussagen über die Stärke bzw. Schwäche und die Richtung eines Zusammenhangs zwischen zwei Merkmalen. Er liegt zwischen -1 und $+1$ und wurde wie folgt definiert [Bühl et al., 2005]:

- $0 < R \leq 0,2$: Sehr geringe Korrelation
- $0,2 < R \leq 0,5$: Geringe Korrelation
- $0,5 < R \leq 0,7$: Mittlere Korrelation
- $0,7 < R \leq 0,9$: Hohe Korrelation
- $0,9 < R \leq 1$: Sehr hohe Korrelation

Berechnet wurde der Korrelationskoeffizient R aufgrund der vorliegenden Normalverteilung nach Pearson.

4 Ergebnisse

4.1 Feststellung der ernährungsphysiologischen Qualität der Mittagsverpflegung in einer Auswahl Münchner Kindertagesstätten

Grundsätzlich sollte die Nährstoff-Zufuhr nicht für einzelne Nahrungsinhaltsstoffe separat betrachtet werden. Denn letztendlich ist nicht die Zufuhrmenge eines einzelnen Nährstoffes für die Qualität des Verpflegungsangebots entscheidend, sondern die Relation einzelner Nahrungsinhaltsstoffe zueinander. Deshalb wird der Ist-Zustand der Nährstoffversorgung in vorliegender Arbeit anhand von Nährstoff- und Energiedichten diskutiert. Um die Fett-Zufuhr nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ beleuchten zu können, wurde die Zufuhr an verschiedenen Fettsäuregruppen anteilig an der Gesamtfett-Zufuhr dargestellt.

Die Untersuchung des Ist-Zustands der Versorgung der Kinder mit verschiedenen Nahrungsinhaltsstoffen über die Mittagsverpflegung in Kitas zielte darauf ab, Schwachstellen aufzudecken und Verbesserungspotentiale zu erkennen. Um diese Potentiale in der Praxis erfolgreich ausschöpfen zu können, musste erst das Ausmaß verschiedener externer Einflussfaktoren auf die Mittagsverpflegung untersucht werden. Einen besonderen Einfluss auf die Qualität der Versorgung haben die Kindertagesstätte selbst, der Träger und das Verpflegungssystem. Um die zum Teil sehr großen Varianzen in der Nährstoff-Zufuhr zwischen Kindertagesstätten mit dem gleichen Verpflegungssystem näher beleuchten zu können, wurden auch die Unterschiede zwischen den Küchen innerhalb einzelner Verpflegungssysteme statistisch untersucht.

4.1.1 Energie-Zufuhr

Die empfohlene Energie-Zufuhr pro Mittagsmahlzeit liegt bei 1714 bis 2132 kJ (grün hinterlegter Bereich in Abbildung 14). Aus Abbildung 14 wird deutlich, dass dieser Empfehlungs-Bereich von ca. der Hälfte der untersuchten Kitas unterschritten wurde. Nur eine Tagesstätte (Kita 30) führte deutlich mehr Energie zu, als empfohlen wird. Kitas mit Mischküchensystem erfüllten die Empfehlung am häufigsten. Aus Abbildung

14 ist ersichtlich, dass der Soll-Bereich jedoch auch von einigen Kitas mit Frischkost- oder Warmverpflegungssystem erreicht wurde (siehe dazu auch Anhang 8).

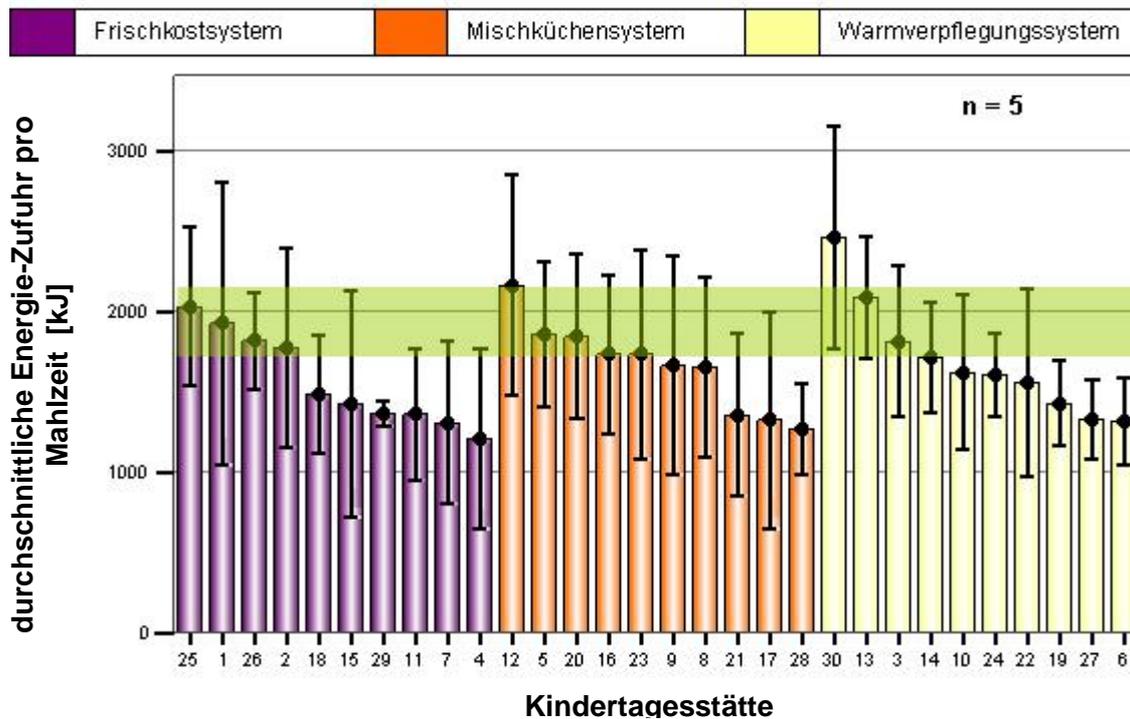


Abb. 14: Energie-Zufuhr (\bar{x} , s) pro Mittagsmahlzeit nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)

Zwischen den einzelnen **Kindertagesstätten** unterschied sich die durchschnittliche Energie-Zufuhr pro Mahlzeit schwach signifikant voneinander. So war die durchschnittliche Energie-Zufuhr bei 12 von 30 Kitas mit weniger als 1486 kJ deutlich niedriger als bei den meisten anderen Kindertagesstätten mit 1557 bis 2161 kJ. Die meiste Energie wurde den Kindern in der Kita 30 mit 2465 kJ zugeführt (Abb. 14, Anhang 8 und 9).

Innerhalb des Frischkost- und des Mischkostsystems wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kitas festgestellt. Innerhalb des Warmverpflegungssystems ergaben sich durch die hohe Energie-Zufuhr in Kita 30 signifikante Unterschiede zu den anderen Kitas, zum Beispiel zu Kita 19, 27 und 6, in der die Kinder durchschnittlich weniger als 1426 kJ pro Mittagsmahlzeit verzehrten (Abb. 14, Anhang 8 und 9).

Zwischen den **Trägern** der Kindertagesstätten (Kirche, Stadt, Wohlfahrtsverband und sonstiger Träger) bestand hinsichtlich der durchschnittlichen Versorgung der Kinder mit Energie pro Mittagsmahlzeit kein signifikanter Unterschied (Anhang 10 und 11).

Das **Verpflegungssystem** hatte auf die Energie-Zufuhr pro Mahlzeit ebenfalls keinen signifikanten Einfluss (Anhang 12 und 13).

Innerhalb des Warmverpflegungssystems unterschieden sich Kindertagesstätten hinsichtlich der durchschnittlichen Versorgung der Kinder mit Energie signifikant voneinander. Kindern in Kitas mit Lieferservice 2 wurde mit durchschnittlich 1316 kJ pro Mahlzeit signifikant weniger Energie zugeführt als in Kitas mit Lieferservice 4 (2465 kJ pro Mahlzeit). Die Energie-Zufuhr bei Fernküche 1, 3, 5 und 6 lag mit 1581 bis 1716 kJ pro Mahlzeit zwischen diesen Extremwerten (Abb. 15, Anhang 14 und 15).

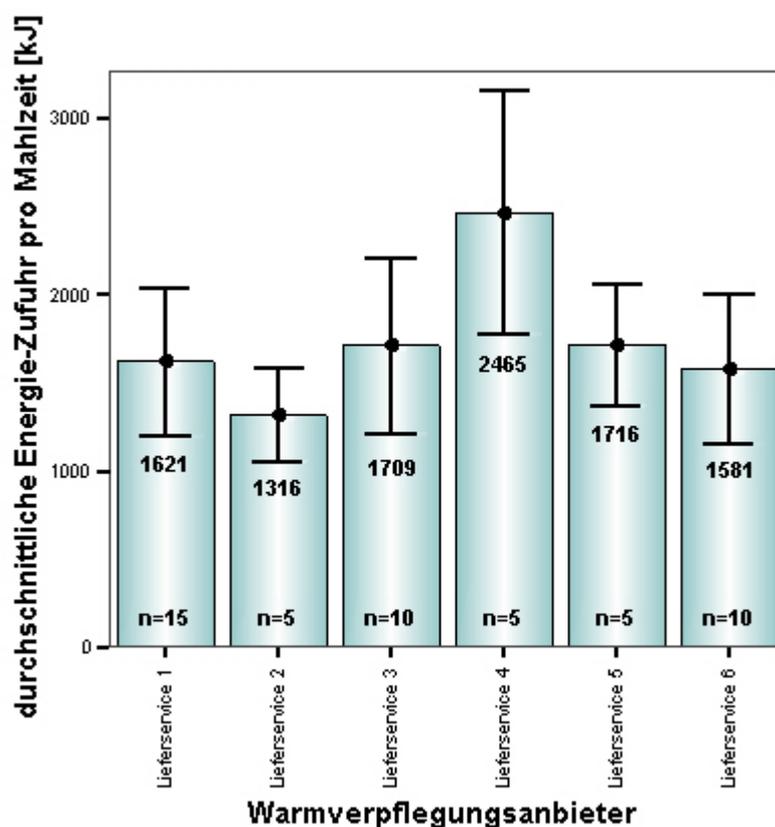


Abb. 15: Energie-Zufuhr (\bar{x} , s) pro Mittagsmahlzeit in Abhängigkeit vom Warmverpflegungsanbieter

Zwischen den beiden Küchenarten des Frischkostsystems und den drei Tiefkühlkost-Anbietern konnten hinsichtlich der durchschnittlichen Energie-Zufuhr pro Mittagsmenü keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Anhang 14 und 15).

4.1.2 Protein-Zufuhr

Maximal 15 bis 20 % der Energie (E%) sollten durch die Zufuhr von Eiweiß gedeckt werden (grün hinterlegter Bereich in Abbildung 16). In sieben von 30 Kitas nahmen die Kinder durch die Mittagsmahlzeit im Mittel mehr als 20 % der Energie durch Protein zu sich. Das Mittagessen von 20 Kitas lag im angestrebten Bereich und trug mit 15 bis 20 E% zur Eiweißversorgung der Kinder bei. Eine Eiweißzufuhr, welche weniger als 15 % der Energie ausmachte, wurde in den restlichen drei Kitas beobachtet (Abb. 16, Anhang 8).

Innerhalb des Frischkostsystems lagen Kita 1 und 2 mit 24 bzw. 26 E% Eiweiß-Zufuhr deutlich über den restlichen Kindertagesstätten, die lediglich 15 bis 20 % der Energie in Form von Eiweiß zuführten. Innerhalb des Mischküchensystems führten vier Kindertagesstätten 21 bis 26 % der Energie in Form von Protein zu. Vier Kitas lagen mit 16 bis 18 E% in einem mittleren und zwei Kindertagesstätten mit 12 bzw. 13 E% in einem sehr niedrigen Bereich. Kitas mit Warmverpflegungssystem lagen am häufigsten im Soll-Bereich (Abb. 16, Anhang 8).

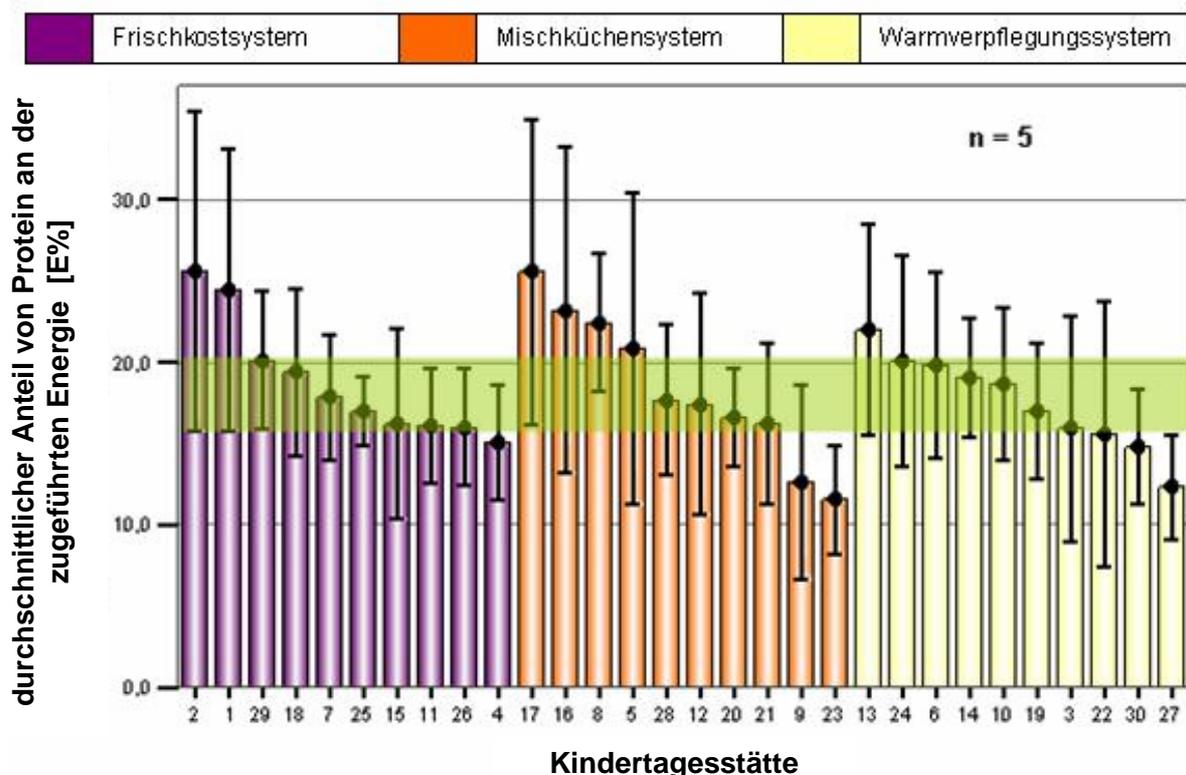


Abb. 16: Anteil von Protein (\bar{x} , s) an der zugeführten Energie nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)

Insgesamt lagen somit etwa 2/3 der untersuchten Kindertagesstätten in einem optimalen Bereich. Der empfohlene Anteil von Eiweiß an der zugeführten Energie wurde dabei eher über- als unterschritten.

Der Anteil von Protein an der Energie-Zufuhr ergab zwischen den **Kindertagesstätten** signifikante Unterschiede. So wurde beispielsweise in Kita 1, 2, 8, 13, 14, 17, 24 und 29 signifikant mehr Eiweiß pro Energieeinheit zugeführt als in Kita 23 und 27 (Abb. 16, Anhang 8 und 9).

Innerhalb des Frischkost- und Mischküchensystems unterschieden sich Kindertagesstätten hinsichtlich der Eiweiß-Zufuhr bezogen auf die Energie schwach signifikant voneinander. Zwischen Kitas mit Warmverpflegungssystem konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (Abb. 16, Anhang 8 und 9).

Der **Träger** hatte auf den Eiweiß-Anteil an der zugeführten Energie keinen signifikanten Einfluss (Anhang 10 und 11).

Ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in der Eiweiß-Zufuhr ergaben sich zwischen den **Verpflegungssystemen** sowie zwischen den verschiedenen Küchenarten innerhalb des Frischkost- und Warmverpflegungssystems (Anhang 12 bis 15). Die drei Mischküchenarten unterschieden sich in der Eiweiß-Zufuhr pro Energieeinheit schwach signifikant voneinander. In Kindertagesstätten mit Tiefkühlkost-Anbieter 2 wurden 23 % der Energie in Form von Eiweiß zugeführt. Mischküchen mit Tiefkühlkost-Anbieter 3 lagen mit 15 % Protein-Anteil an der Energie-Zufuhr deutlich unter diesem Wert (Abb. 17, Anhang 14 und 15).

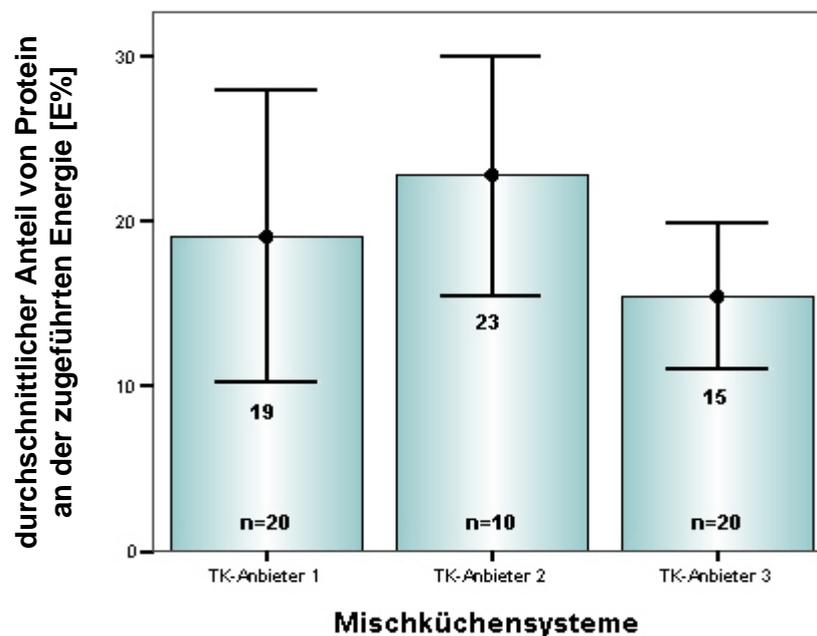


Abb. 17: Anteil von Protein (\bar{x} , s) an der zugeführten Energie in Abhängigkeit vom Mischküchensystem

4.1.3 Fett-Zufuhr

Es sollten 30-35 % der Energie-Zufuhr durch die Aufnahme von Fett gedeckt werden (grün hinterlegter Bereich in Abbildung 18). Fett ist der Nährstoff mit der größten Energiedichte. Im Hinblick auf das zunehmende Problem von Übergewicht bereits im Kindesalter, sollte der Fett-Anteil der Mittagsverpflegung den empfohlenen Bereich keinesfalls überschreiten. Der Großteil der teilnehmenden Kitas liegt in einem annehmbaren Bereich. In einigen Kitas mit Frischkost- und Warmverpflegungssystem war der Fett-Anteil an der zugeführten Energie jedoch deutlich zu hoch. Im Mischküchensystem wurde die Empfehlung am besten umgesetzt (Abb. 18, Anhang 8).

Zwischen den **Kindertagesstätten** unterschied sich die durchschnittliche Fett-Zufuhr in Prozent der empfohlenen Energie-Zufuhr nicht signifikant (Abb. 18, Anhang 8 und 9).

Innerhalb des Warmverpflegungssystems ergaben sich schwach signifikante Unterschiede in der durchschnittlichen Fett-Zufuhr bezogen auf die Energie. Den deutlich höchsten Fett-Anteil an der Gesamtenergie-Zufuhr im Warmverpflegungssystem hatten Kindertagesstätte 22 und 24 mit 46 bzw. 42 E%. In

allen anderen Kitas des Warmverpflegungssystems wurden lediglich 27 bis 38 % der Energie in Form von Fett zugeführt. Aus Abbildung 18 wird deutlich, dass sich auch die Kitas innerhalb des Frisch- und Mischküchensystems hinsichtlich der durchschnittlichen Fett-Zufuhr bezogen auf die zugeführte Energie erheblich unterscheiden. Offensichtlich sind die Abweichungen zwischen den Einzelmenüs hier jedoch zu groß, um statistisch gesicherte Unterschiede feststellen zu können (Abb. 18, Anhang 8 und 9).

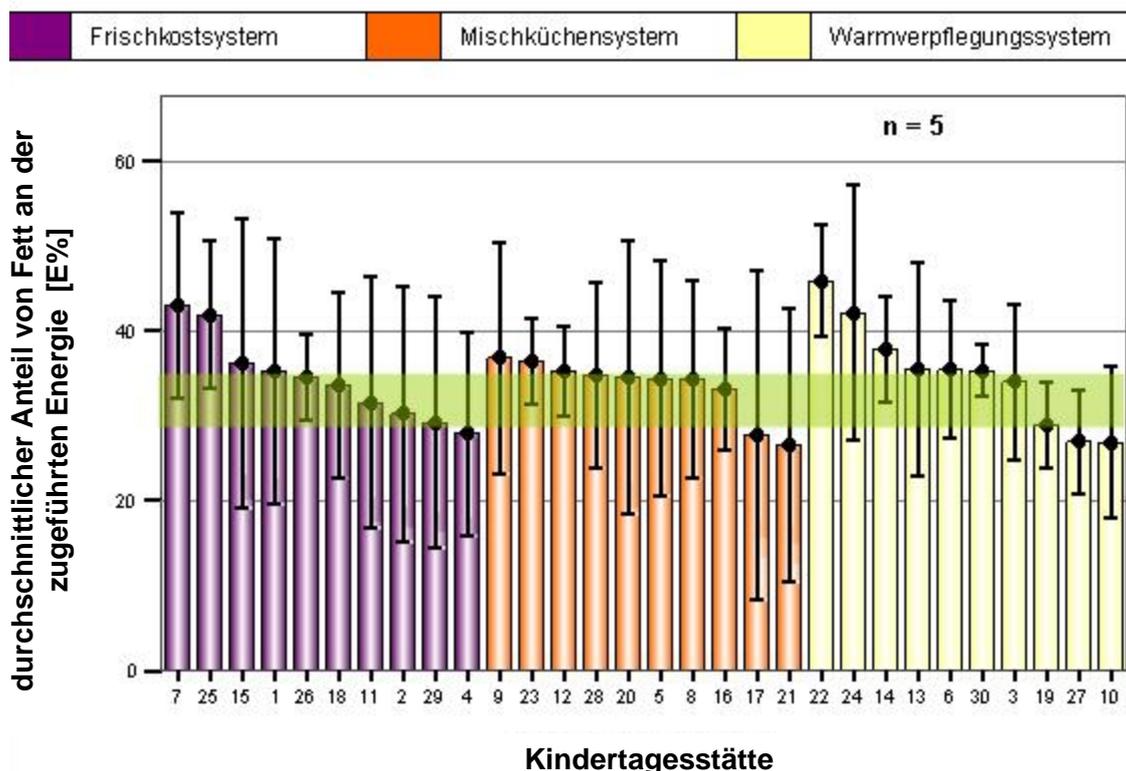


Abb. 18: Anteil von Fett (\bar{x} , s) an der zugeführten Energie nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)

Der **Träger** hatte keinen signifikanten Einfluss auf die durchschnittliche Fett-Zufuhr pro Energieeinheit (Anhang 10 und 11).

Ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in der durchschnittlichen Fett-Zufuhr bezogen auf die Energie ergaben sich zwischen den **Verpflegungssystemen** und innerhalb des Frischkost- und Mischküchensystems (Anhang 12 bis 15). Die Lieferservices des Warmverpflegungssystems unterschieden sich im Energie-Anteil der Fett-Zufuhr signifikant voneinander (Abb. 19, Anhang 14 und 15).

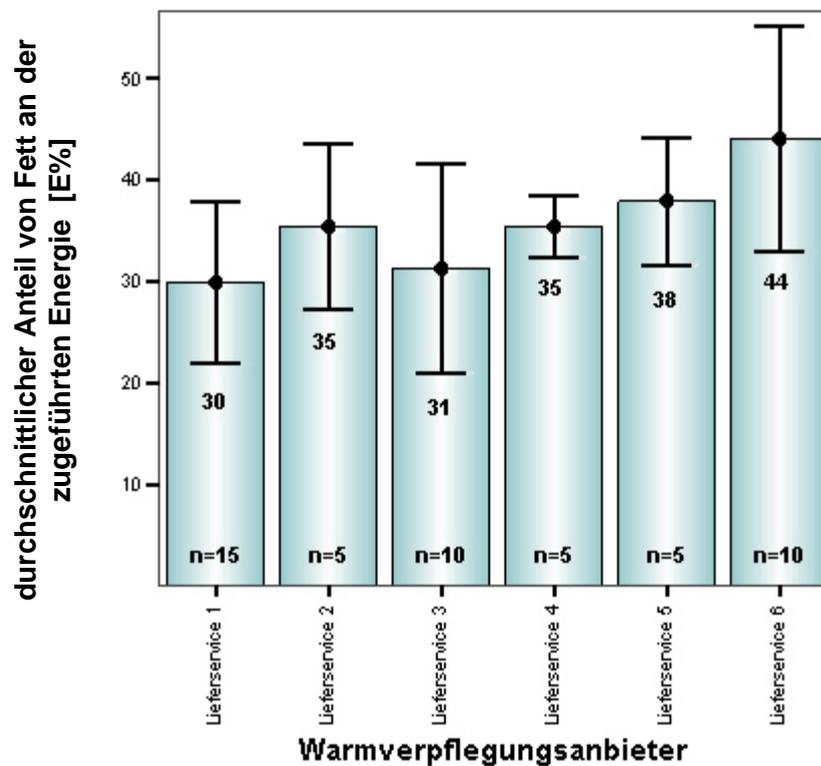


Abb. 19: Anteil von Fett (\bar{x} , s) an der zugeführten Energie in Abhängigkeit vom Warmverpflegungsanbieter

4.1.4 Anteile der Fettsäuren an der Gesamtfett-Zufuhr

Das zugeführte Fett sollte durchschnittlich etwa zu gleichen Teilen aus gesättigten, einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren bestehen (grün hinterlegte Bereiche in Abbildung 20 und 21). Ein etwas geringerer Anteil an mehrfach ungesättigten (PUFA) zugunsten der einfach ungesättigten (MUFA) Fettsäuren ist empfehlenswert. Aus Abbildung 20 und 21 wird deutlich, dass die Speisen in fast allen Kindertagesstätten zu viel gesättigte (SFA) und zu wenig mehrfach ungesättigte Fettsäuren enthalten. Der durchschnittliche Anteil an MUFA an der Gesamtfett-Zufuhr ist in einem annehmbaren Bereich (Anhang 8). Trans-Fettsäuren sollten einen möglichst geringen Anteil an der Gesamtfett-Zufuhr ausmachen. Insgesamt bestand das zugeführte Fett bei sechs Kitas mit Warmverpflegungssystem und bei zwei Kitas mit Mischküchensystem aus durchschnittlich über 1 % trans-Fettsäuren. Alle Tagesstätten mit Frischkostsystem lagen unter diesem Wert (Anhang 8).

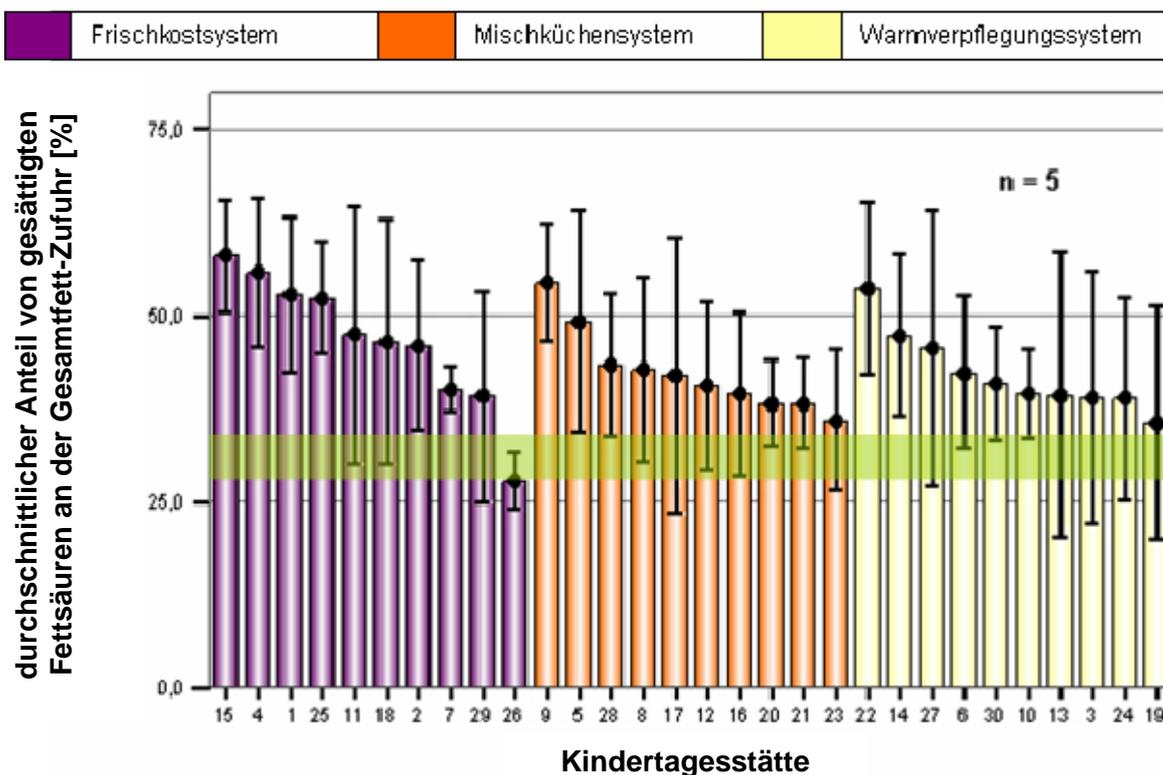


Abb. 20: Anteil von gesättigten Fettsäuren (\bar{x} , s) an der Gesamtfett-Zufuhr nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)

Der Anteil der SFA an der Gesamtfett-Zufuhr unterschied sich zwischen den **Kindertagesstätten** schwach signifikant. In sechs von 30 Tagesstätten bestand das zugeführte Fett im Mittel zu über 50 % aus SFA (52,4 bis 58 %). Den deutlich geringsten Anteil SFA an der Gesamtfett-Zufuhr wies Kita 26 mit 27,8 % auf. Alle anderen Einrichtungen lagen mit durchschnittlich 35,6 bis 49,1 % gesättigte Fettsäuren im mittleren Bereich (Abb. 20, Anhang 8 und 9).

Auffallend waren die großen Unterschiede im Frischkostsystem. So lag fast die Hälfte der Kitas in einem sehr hohen Bereich von über 50 % SFA-Anteil. Kita 26 gab andererseits ein Beispiel für eine Einrichtung mit Frischkostsystem, die einen sehr niedrigen Anteil an SFA in der Gesamtfett-Zufuhr aufwies. Zwischen den Kitas mit Warmverpflegungs- und Mischküchensystem konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden (Abb. 20, Anhang 8 und 9).

Im durchschnittlichen Anteil an einfach ungesättigten (MUFA), konjugierten und trans-Fettsäuren an der Gesamtfett-Zufuhr unterschieden sich die Kindertagesstätten nicht signifikant voneinander (Anhang 8 und 9).

Ein schwach signifikanter Unterschied zwischen Kitas ergab sich für den Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA) an der Gesamtfett-Zufuhr lediglich innerhalb des Frischkostsystems. Auffällig war, dass Einrichtungen mit einem relativ niedrigen Anteil an SFA (Kita 26 und 29) einen sehr hohen Anteil an PUFA zuführten (Abb. 21, Anhang 8 und 9).

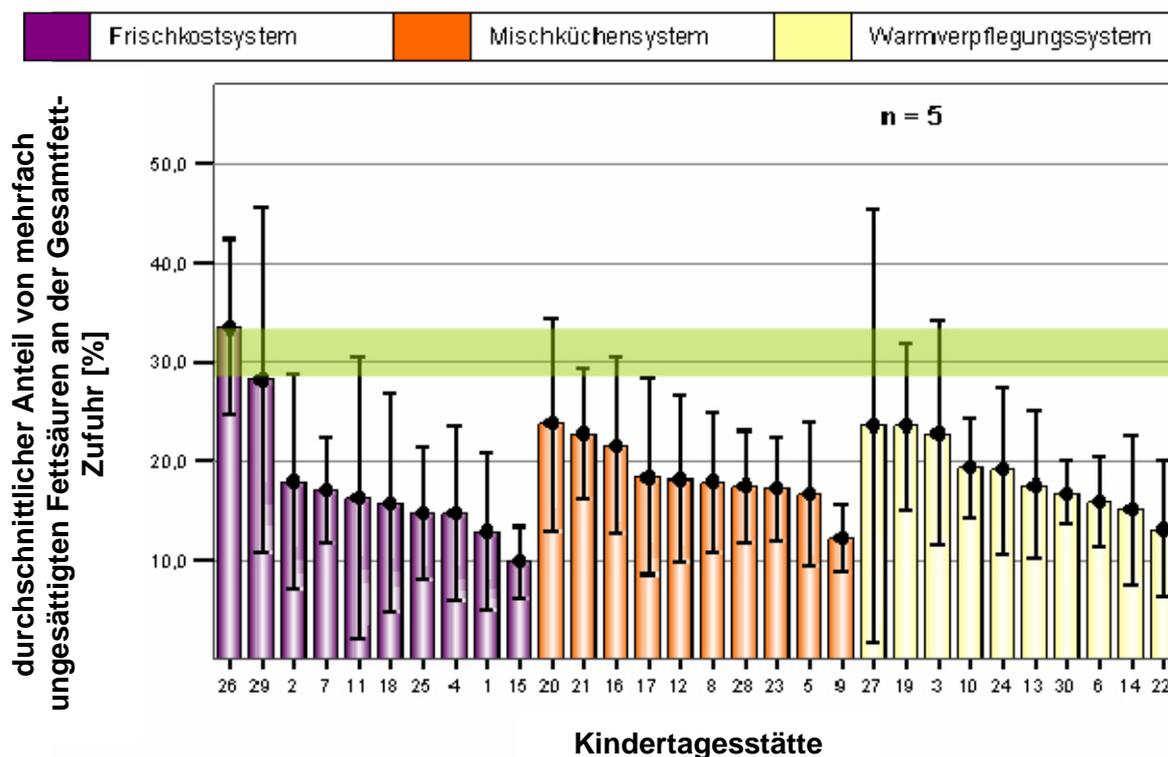


Abb. 21: Anteil von mehrfach ungesättigten Fettsäuren (\bar{x} , s) an der Gesamtfett-Zufuhr nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)

Der **Träger** hatte auf die durchschnittliche Fettsäuren-Zusammensetzung des zugeführten Fettes keinen signifikanten Einfluss (Anhang 10 und 11).

Die statistische Auswertung ergab für den Anteil der trans-Fettsäuren an der Gesamtfett-Zufuhr eine schwach signifikante Abhängigkeit vom **Verpflegungssystem**. So bestand das durchschnittlich zugeführte Fett einer Mittagsmahlzeit in Kindertagesstätten mit Warmverpflegungssystem durchschnittlich zu 1,2 % aus trans-Fettsäuren. Im Frischkost- und im Mischküchensystem lag der mittlere Anteil der trans-Fettsäuren an der Gesamtfett-Zufuhr mit 0,7 % bzw. 0,8 % deutlich darunter. Auf Grund der großen Varianz zwischen den einzelnen Kindertagesstätten eines Verpflegungssystems konnte jedoch nur ein schwach

signifikanter Unterschied zwischen Warmverpflegungssystem und den anderen beiden Verpflegungsarten ermittelt werden (Abb. 22, Anhang 12 und 13).

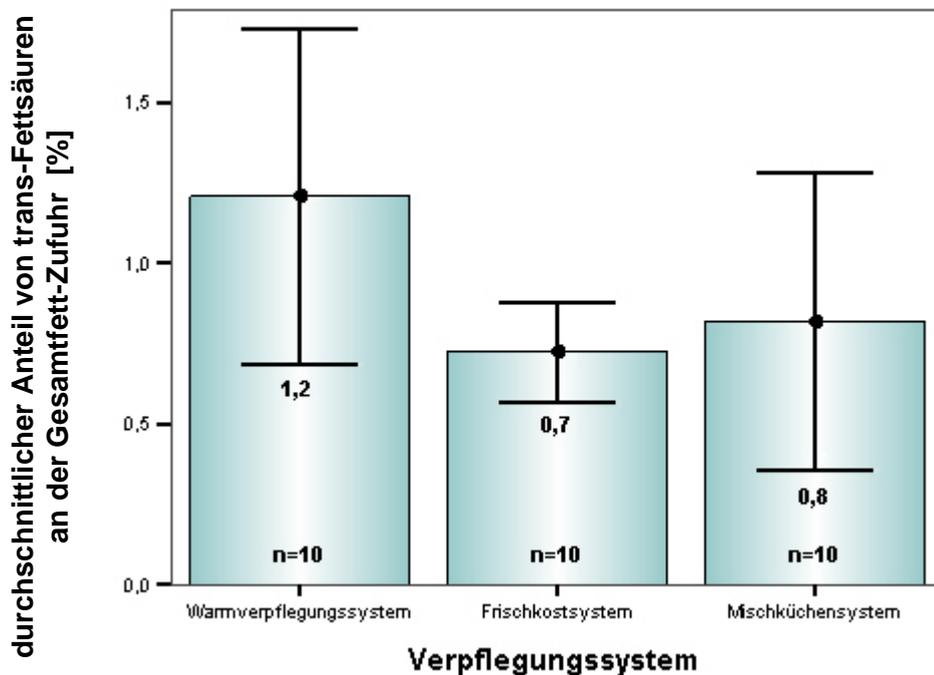


Abb. 22: Anteil von trans-Fettsäuren (\bar{x} , s) an der Gesamtfett-Zufuhr in Abhängigkeit vom Verpflegungssystem (Warmverpflegungssystem, Frischkostsystem, Mischküchensystem).

Innerhalb der Verpflegungssysteme konnten keine signifikanten Unterschiede im durchschnittlichen trans-Fettsäuren-Anteil ermittelt werden (Anhang 14 und 15).

Für die ernährungsphysiologische Qualität des Fettes ist vor allem das Verhältnis von n3- zu n6-Fettsäuren entscheidend. Der n3/n6-Quotient sollte bei etwa 0,2 liegen (grün hinterlegter Bereich in Abbildung 23). Dies entspricht einem ebenfalls verwendbaren n6/n3-Quotient von 5.

Die meisten Kitas lagen in einem annehmbaren Bereich. Zwei Kitas mit Frischkostsystem lagen deutlich unter und zwei Kitas mit Warmverpflegungssystem weit über dem Soll-Wert (Abb. 23, Anhang 8).

Zwischen den **Kindertagesstätten** konnte kein statistisch signifikanter Unterschied im n3/n6-Quotienten festgestellt werden. Innerhalb desselben Verpflegungssystems unterschieden sich lediglich Kitas mit Frischkostsystem schwach signifikant

voneinander. So war das n3/n6-Verhältnis in Kita 26 und 29 deutlich niedriger als zum Beispiel in Kita 15 (Abb. 23, Anhang 8).

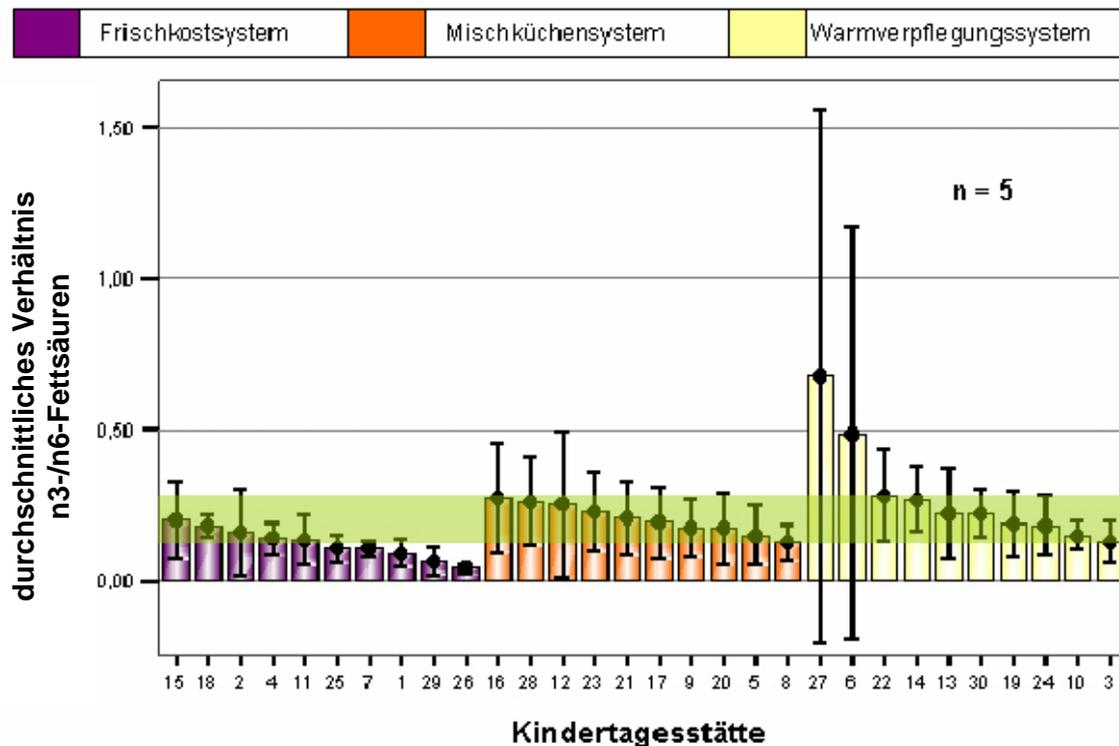


Abb. 23: n3/n6-Quotient (\bar{x} , s) nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)

Das zugeführte Fett in Kita 27 und 6 bestand zu einem sehr geringen Prozentsatz aus n6-Fettsäuren. Die extrem große Varianz zwischen den fünf Mittagmahlzeiten zeigt, dass der n3/n6-Quotient zwischen den Einzelmenüs jedoch sehr verschieden war und auch Mahlzeiten verzehrt wurden, in denen anteilig mehr n6- als n3-Fettsäuren enthalten waren (Abb. 23, Anhang 8).

Der n3-Fettsäuren-Anteil an der Gesamtfett-Zufuhr ist weder zwischen den 30 Kindertagesstätten noch zwischen Kitas desselben Verpflegungssystems signifikant unterschiedlich. Deutliche Unterschiede ergaben sich jedoch für den durchschnittlichen Anteil an n6-Fettsäuren. Hier konnten signifikante Unterschiede zwischen den Kitas allgemein und zwischen Kitas innerhalb des Frischkostsystems nachgewiesen werden. Der niedrigste n6-Fettsäuren-Anteil an der Gesamtfett-Zufuhr war mit 8,4 F% bei Kita 15 zu finden. Sehr hohe n6-Fettsäuren-Anteile am Gesamtfett wiesen Kita 26 und 29 (32,2 bzw. 27,1 F%) auf. Alle anderen

Kindertagesstätten lagen in einem mittleren Bereich von 10,4 bis 21 % Fett-Anteil (Anhang 8).

Der **Träger** hat auf den durchschnittlichen n3/n6-Quotienten und den n3- und n6-Anteil der Gesamtfett-Zufuhr keinen signifikanten Einfluss (Anhang 10 und 11).

Zwischen den **Verpflegungssystemen** unterschied sich das Frischkostsystem hinsichtlich des n3/n6-Quotienten mit einem Wert von 0,13 schwach signifikant vom Warmverpflegungssystem mit einem durchschnittlichen Quotienten von 0,30. Das Mischküchensystem lag mit 0,18 zwischen diesen Werten (Anhang 12 und 13).

Zwischen den Verpflegungssystemen konnten signifikante Unterschiede im durchschnittlichen n3-Fettsäuren-Anteil festgestellt werden. Der Anteil von n3-Fettsäuren an der Gesamtfett-Zufuhr war in Kitas mit Warmverpflegungssystem mit durchschnittlich 4,1 % deutlich höher als in Kitas mit Frischkostsystem, in denen nur 1,6 % des Fettes in Form von n3-Fettsäuren zugeführt wurden. Das Mischkostsystem lag mit 2,8 % zwischen den Werten der beiden anderen Verpflegungssysteme. Auffällig war wiederum die große Varianz zwischen den einzelnen Kitas innerhalb einer Verpflegungsart, vor allem beim Warmverpflegungssystem (Abb. 24, Anhang 12 und 13).

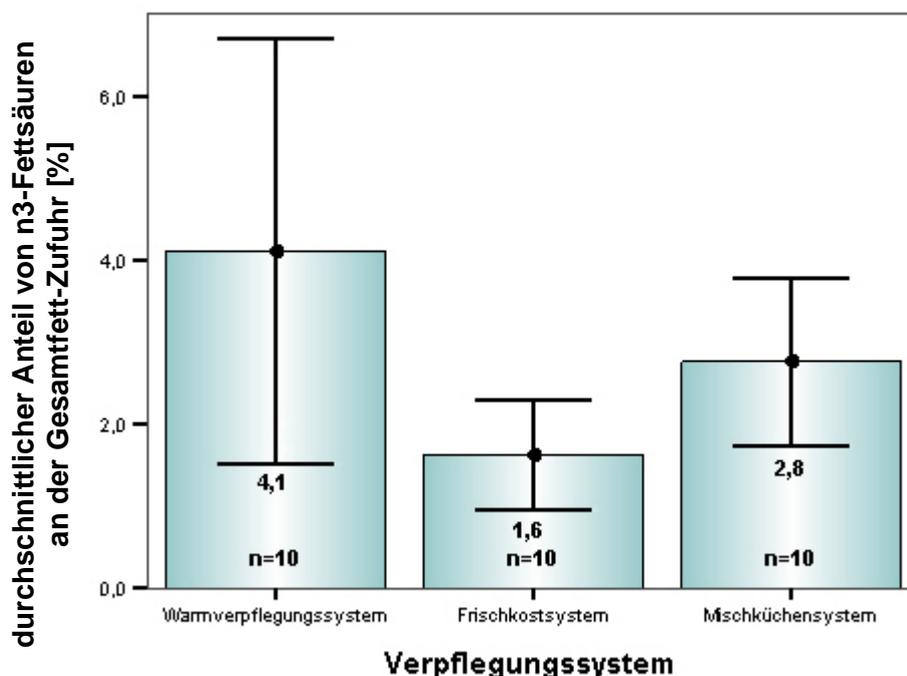


Abb. 24: Anteil von n3-Fettsäuren (\bar{x} , s) an der Gesamtfett-Zufuhr in Abhängigkeit vom Verpflegungssystem (Warmverpflegungssystem, Frischkostsystem, Mischküchensystem)

Innerhalb der Verpflegungssysteme konnten keine signifikanten Unterschiede im durchschnittlichen n3/n6-Quotienten und dem n3- und n6-Fettsäuren-Anteil an der Gesamtfett-Zufuhr nachgewiesen werden (Anhang 14 und 15).

4.1.5 Kohlenhydrat-Zufuhr

Im optimalen Bereich liegen Kitas, die zwischen 45 und 50 % der Energie in Form von Kohlenhydraten zuführen (grün hinterlegter Bereich in Abbildung 25). Insgesamt war der durchschnittliche Kohlenhydrat-Anteil an der zugeführten Energie eher zu niedrig, so wurde in 12 Kitas weniger als 45 % der Energie in Form von Kohlenhydraten aufgenommen. Nur Kita 27 und 21 lagen über dem Empfehlungsbereich (Abb. 25, Anhang 8).

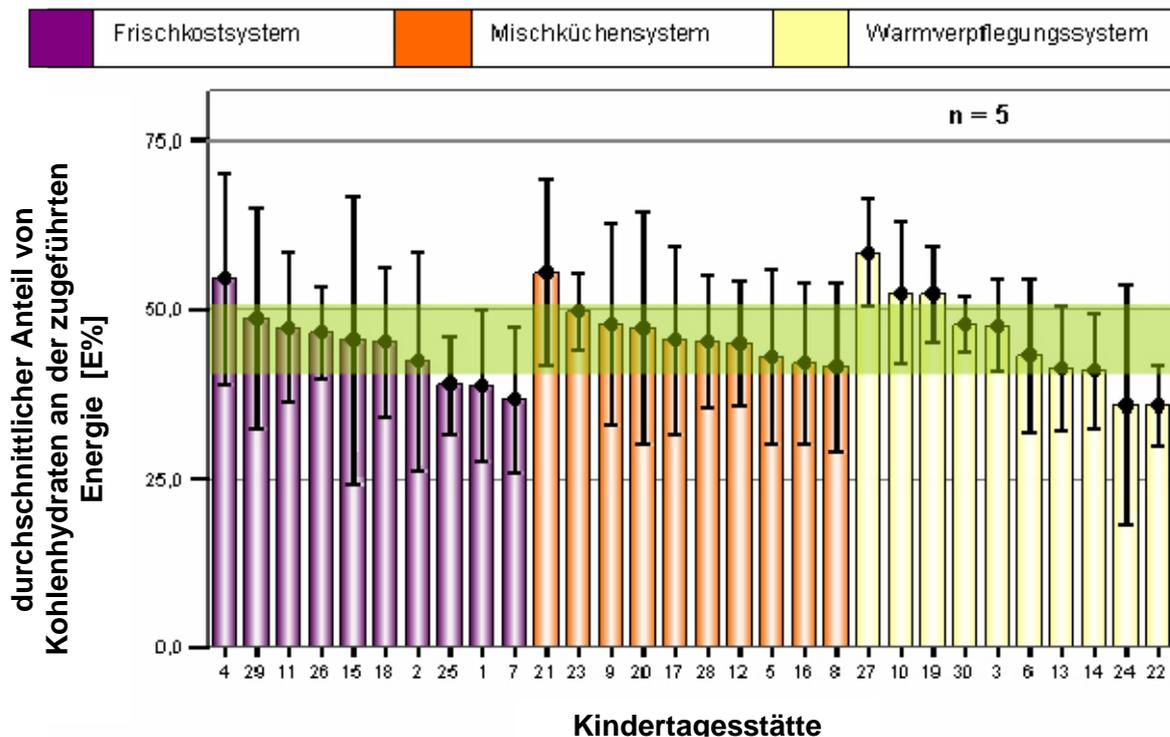


Abb. 25: Anteil von Kohlenhydraten (\bar{x} , s) an der zugeführten Energie nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)

Der Anteil von Zucker an der Kohlenhydrat-Zufuhr sollte möglichst gering sein. Abbildung 26 zeigt, dass die zugeführten Kohlenhydrate in 19 von 30 Kitas zu 30 bis 40 % aus Zucker (zugesetzte und lebensmitteleigene Zucker) bestanden. Fünf Kitas lagen in einem niedrigeren und ebenso viele in einem höheren Bereich. Hohe

Zucker-Anteile an der Kohlenhydrat-Zufuhr waren vor allem bei Kitas mit Warmverpflegungs- und Mischküchensystem zu finden (Abb. 26, Anhang 16).

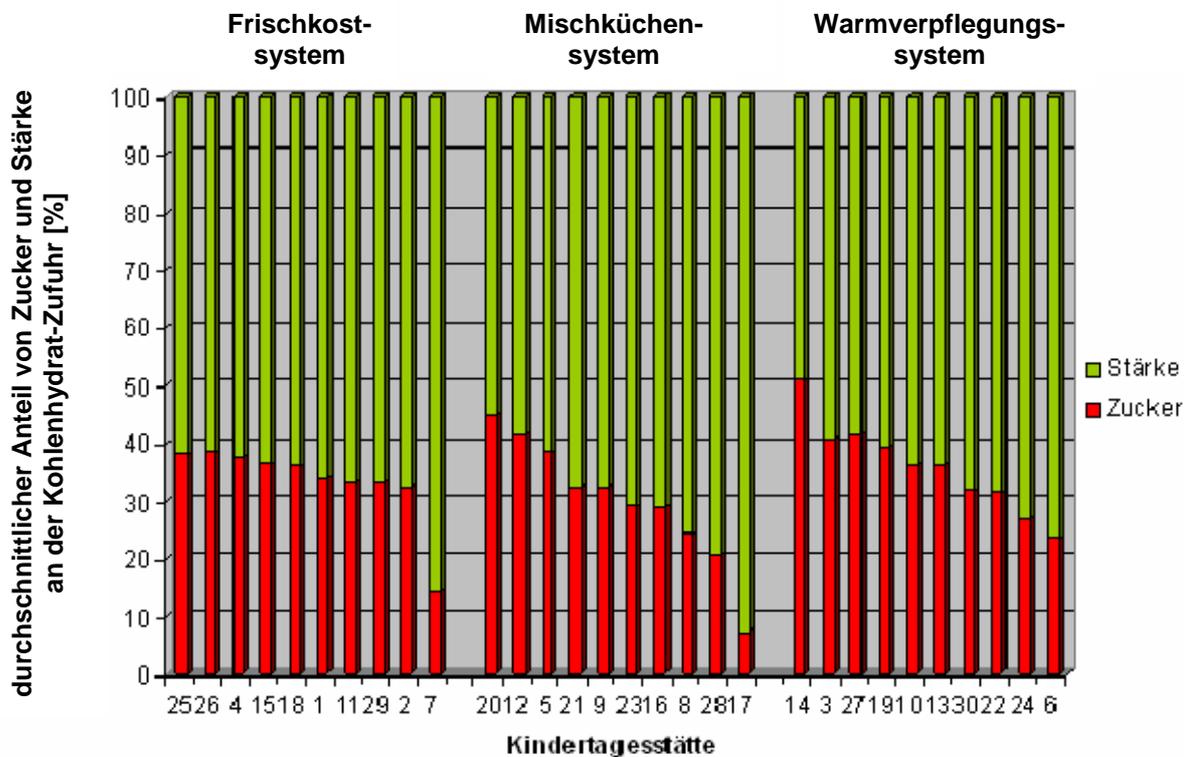


Abb. 26: Anteile von Zucker und Stärke an der Kohlenhydrat-Zufuhr nach Kindertagesstätte

Zwischen den **Kindertagesstätten** unterschied sich die durchschnittliche Kohlenhydrat-Zufuhr pro Energieeinheit nicht signifikant (Abb. 25, Anhang 8 und 9). Innerhalb des Warmverpflegungssystems ergaben sich signifikante Unterschiede in der durchschnittlichen Kohlenhydrat-Zufuhr bezogen auf die Energie. Diejenigen Kindertagesstätten mit der niedrigsten Fett-Zufuhr bezogen auf die Energie, deckten den Energie-Bedarf vorzugsweise mit Kohlenhydraten. So wurden in Kita 10, 19 und 27 durchschnittlich mehr als 50 % der Energie in Form von Kohlenhydraten zugeführt (52 bis 59 E%). In fünf von zehn Kitas mit Warmverpflegungssystem betrug der Anteil der Kohlenhydrate an der Energie-Zufuhr zwischen 41 und 48 E%, in zwei Tagesstätten wurde lediglich 36 % der Energie durch Kohlenhydrate aufgenommen (Abb. 25, Anhang 8 und 9).

Der **Träger** hatte wiederum keinen signifikanten Einfluss auf den durchschnittlichen Anteil von Kohlenhydraten an der zugeführten Energie (Anhang 10 und 11).

Zwischen den **Verpflegungssystemen** konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in der durchschnittlichen Kohlenhydrat-Zufuhr nachgewiesen werden (Anhang 12 und 13).

Innerhalb des Warmverpflegungssystems unterschieden sich die Lieferservices hinsichtlich der durchschnittlichen Kohlenhydrat-Zufuhr schwach signifikant voneinander. Die beiden Warmverpflegungsanbieter mit der niedrigsten Fett-Zufuhr pro Energieeinheit, hatten mit 50 bzw. 51 % den höchsten Kohlenhydrat-Anteil an der Energie-Zufuhr. Bei Lieferservice 6 war die Verteilung genau entgegengesetzt, so wurde hier die Energie zu einem hohen Anteil durch Fett und nur zu 36 % durch Kohlenhydrate zugeführt. Die Lieferservices 2, 4 und 5 lagen mit 41 bis 48 E% in einem mittleren Bereich (Abb. 27, Anhang 14 und 15).

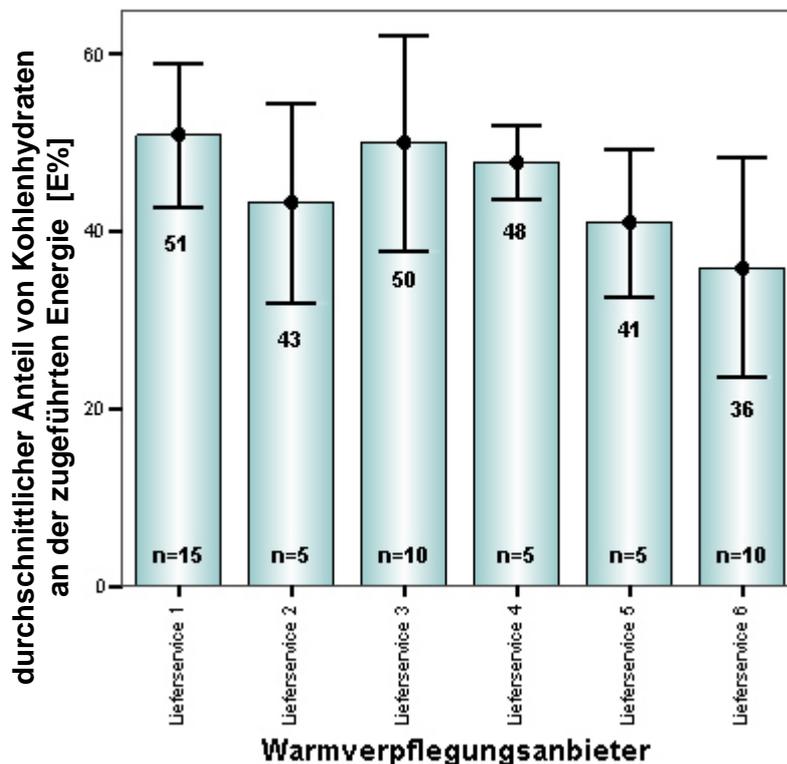


Abb. 27: Anteil von Kohlenhydraten (\bar{x} , s) an der zugeführten Energie in Abhängigkeit vom Warmverpflegungsanbieter

4.1.6 Ballaststoff-Zufuhr

Pro Megajoule Energie sollten durch das Mittagsmenü mindestens 2,6 g Ballaststoffe zugeführt werden (grün hinterlegter Bereich in Abbildung 28). Abbildung 28 zeigt, dass die Ballaststoff-Zufuhr in etwa der Hälfte der Kindertagesstätten unzureichend

ist. Ebenso ist ersichtlich, dass der Soll-Wert in allen Verpflegungssystemen durchaus erreicht werden kann (Anhang 8).

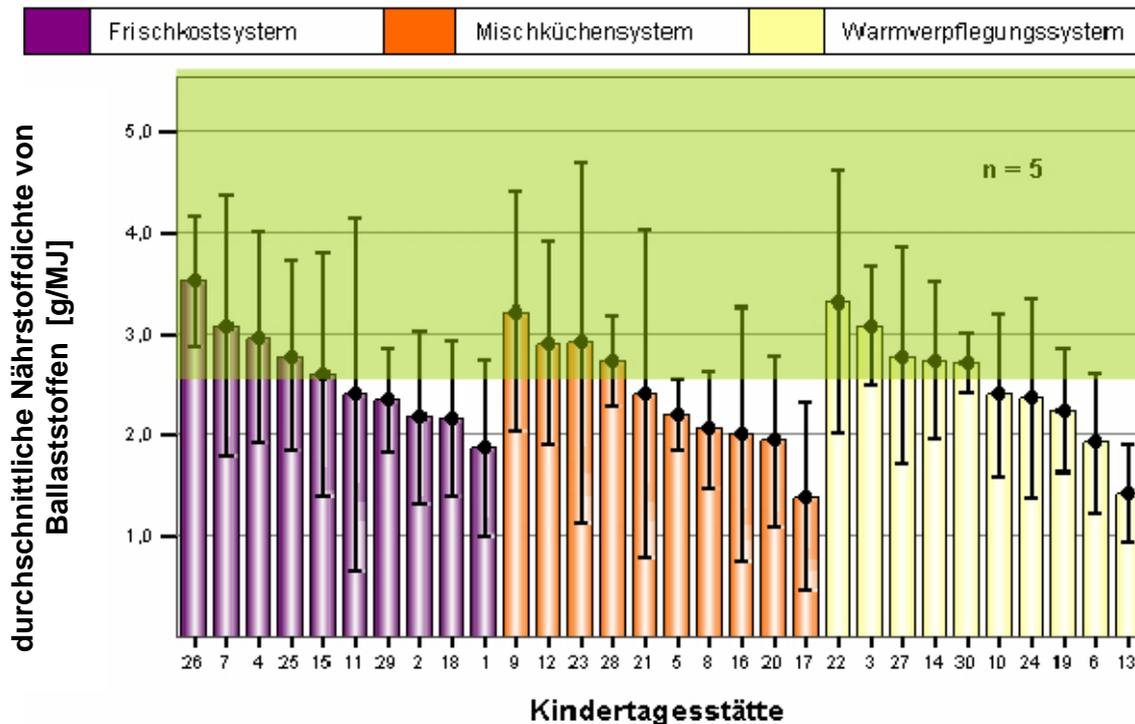


Abb. 28: Nährstoffdichte von Ballaststoffen (\bar{x} , s) nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)

Die durchschnittliche Ballaststoff-Zufuhr bezogen auf die zugeführte Energie variierte zwischen 1,4 und 3,5 g/MJ. Die Varianz zwischen den Einzelmenüs derselben **Kindertagesstätte** war jedoch ebenso wie bei Fett sehr groß, weshalb die Unterschiede statistisch nicht abgesichert werden konnten.

Ein schwach signifikanter Unterschied hinsichtlich der Nährstoffdichte von Ballaststoffen konnte nur innerhalb des Warmverpflegungssystems ermittelt werden. In zwei von zehn Kindertagesstätten enthielt hier eine durchschnittliche Mittagsmahlzeit über 3 g Ballaststoffe pro MJ. In sechs Kitas lag die Ballaststoff-Zufuhr in einem mittleren Bereich von 2,2 bis 2,8 g pro MJ. Zwei Einrichtungen wiesen eine sehr geringe Ballaststoff-Zufuhr pro Energieeinheit von 1,4 bzw. 1,9 g/MJ auf (Abb. 28, Anhang 8 und 9).

Der **Träger** hatte keinen signifikanten Einfluss auf die durchschnittliche Nährstoffdichte von Ballaststoffen (Anhang 10 und 11).

Ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in der durchschnittlichen Ballaststoff-Zufuhr bezogen auf die Energie ergaben sich zwischen und innerhalb der **Verpflegungssysteme** (Anhang 12 bis 15).

4.1.7 Mineralstoff- und Spurenelement-Zufuhr

Durch die Mittagsmahlzeit sollten in Kindertagesstätten mindestens 94 mg Calcium pro MJ Energie zugeführt werden. Von den meisten Einrichtungen wurde dieser Grenzwert erreicht (Anhang 8). Insgesamt lagen acht Kitas unter dem Referenzwert, wobei jedes Verpflegungssystem vertreten war.

Die empfohlene Mindestzufuhr an Eisen durch die Mittagsmahlzeit beträgt 1,4 mg pro MJ zugeführter Energie. Einige Kindertagesstätten mit Frischkost- und Mischküchensystem erreichten diesen Grenzwert, die meisten Kitas lagen jedoch deutlich unter der Empfehlung (Anhang 8).

Die empfohlene Mindestzufuhr von Jod liegt bei 13 $\mu\text{g}/\text{MJ}$ zugeführter Energie (grün hinterlegter Bereich in Abbildung 29).

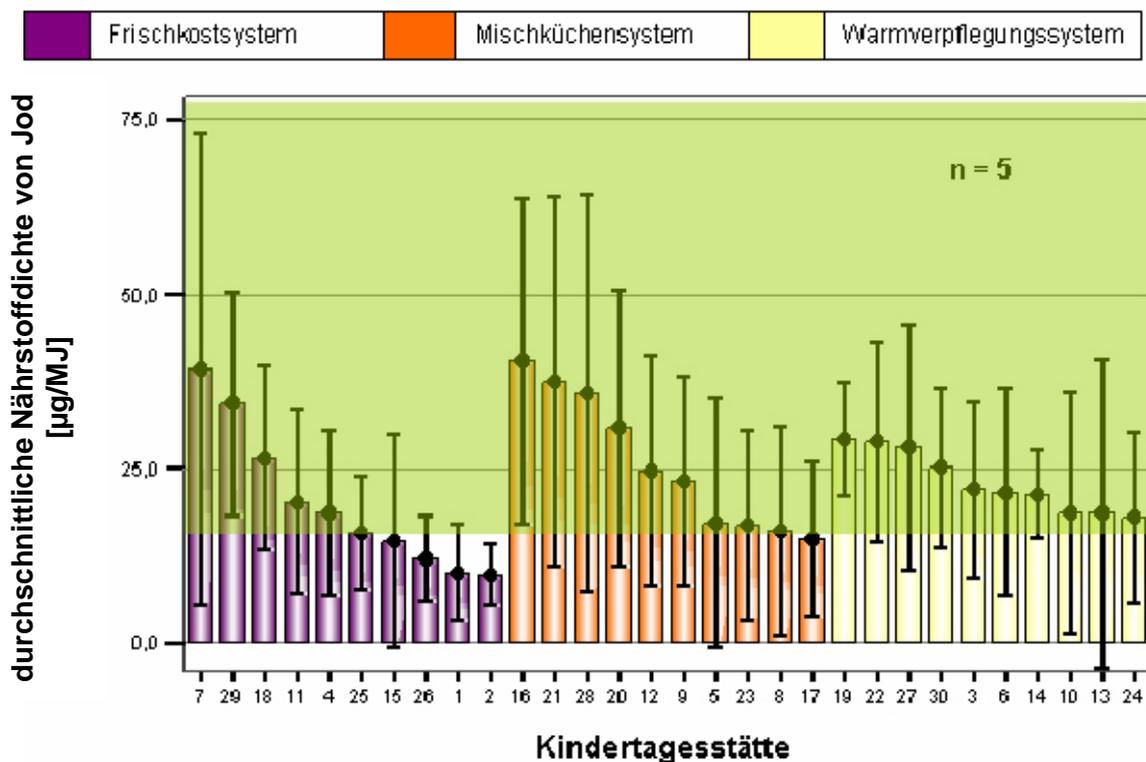


Abb. 29: Nährstoffdichte von Jod (\bar{x} , s) nach Kindertagesstätte und Verpflegungssystem (Frischkostsystem, Mischküchensystem, Warmverpflegungssystem)

Aus Abbildung 29 wird deutlich, dass die meisten Kitas diesen Referenzwert erreichten. Unter der Empfehlung lagen ausschließlich Einrichtungen mit Frischkostsystem (Abb. 29, Anhang 8).

In der durchschnittlichen Calcium-, Eisen- und Jod-Zufuhr pro Energieeinheit unterschieden sich die einzelnen **Kindertagesstätten** nicht signifikant voneinander (Abb. 29, Anhang 8 und 9).

Schwach signifikante Unterschiede hinsichtlich der durchschnittlichen Nährstoffdichte von Jod ergaben sich lediglich zwischen den Einrichtungen des Frischkostsystems. So zeigten Kita 7, 18 und 29 eine relativ hohe mittlere Jod-Zufuhr bezogen auf die Energie (27 bis 39 $\mu\text{g}/\text{MJ}$), wobei die Einzelmahlzeiten in Kita 7 sehr stark streuten. Einen sehr niedrigeren Jod-Gehalt pro Energieeinheit hatten die Speisen in Kindertagesstätte 1, 2, 25 und 26 mit 10 bis 16 $\mu\text{g}/\text{MJ}$ (Abb. 29, Anhang 8 und 9). Aus Abbildung 29 wird deutlich, dass sich auch die Kitas innerhalb der anderen Systeme hinsichtlich der Jod-Zufuhr deutlich unterschieden, allerdings auf Grund der extrem hohen Varianzen keine statistisch gesicherte Aussage getroffen werden konnte.

Zwischen den **Trägern** der Kitas (Kirche, Stadt, Wohlfahrtsverband und sonstiger Träger) bestand ein schwach signifikanter Unterschied hinsichtlich der durchschnittlichen Versorgung der Kinder mit Calcium bezogen auf die Energie (Abb. 30, Anhang 10 und 11). Auf die durchschnittliche Eisen- und Jod-Zufuhr pro Energieeinheit hatte der Träger keinen signifikanten Einfluss (Anhang 10 und 11).

Pro Megajoule (MJ) zugeführter Energie nahmen Kinder in Kindertagesstätten eines Wohlfahrtsverbandes durchschnittlich 148 mg Calcium zu sich. In städtischen und kirchlichen Kindertagesstätten wurden nur 102 mg Calcium pro MJ aufgenommen. Kitas mit einem anderen Träger lagen mit 121 mg/MJ zwischen diesen Werten (Abb. 30, Anhang 10 und 11).

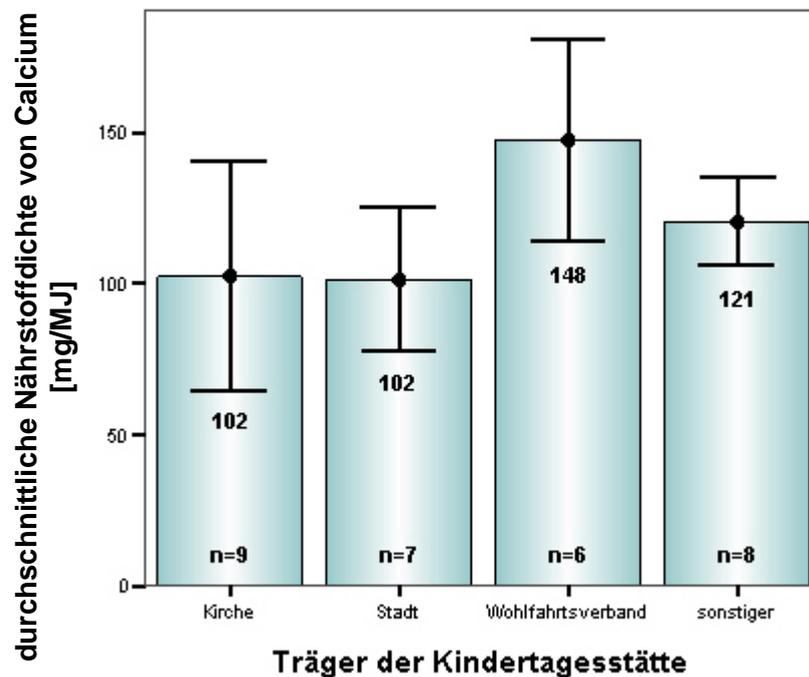


Abb. 30: Nährstoffdichte von Calcium (\bar{x} , s) in Abhängigkeit vom Träger der Kindertagesstätte (Kirche, Stadt, Wohlfahrtsverband, Sonstige)

Die durchschnittliche Zufuhr der untersuchten Mineralstoffe und Spurenelemente pro MJ waren zwischen den **Verpflegungssystemen** und innerhalb der Systeme nicht signifikant unterschiedlich (Anhang 12 bis 15.).

4.1.8 Vitamin C-Zufuhr

Der Soll-Wert für die Vitamin C-Zufuhr pro Energieeinheit liegt bei mindestens 12 mg/MJ. Die meisten Kitas erreichten diesen Grenzwert (Anhang 8). Zwei Einrichtungen mit Frischkostsystem und eine Kita mit Warmverpflegungssystem lagen deutlich unter dem Referenzwert.

In der durchschnittlichen Vitamin C-Zufuhr pro Energieeinheit unterschieden sich die einzelnen **Kindertagesstätten** nicht signifikant voneinander (Anhang 8 und 9).

Der **Träger** hatte keinen signifikanten Einfluss auf die durchschnittliche Nährstoffdichte von Vitamin C (Anhang 10 und 11).

Ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in der durchschnittlichen Vitamin C-Zufuhr bezogen auf die Energie ergaben sich zwischen und innerhalb der **Verpflegungssysteme** (Anhang 12 bis 15).

4.2 Untersuchungen zum Einsatz von Schnellmethoden zur Beurteilung der ernährungsphysiologischen Qualität von zubereiteten Speisen

4.2.1 Entwicklung einer nahinfrarot-basierten Schnellmethode

Ein wesentliches Ziel der vorliegenden Arbeit war die Erstellung geeigneter Kalibrationen für die nahinfrarotspektroskopische Untersuchung verschiedener Menükomponenten aus Kindertagesstätten. Um die für diesen Zweck optimale Kalibration zu erhalten, wurden verschiedene Kalibrationsansätze erstellt und auf ihre Qualität geprüft. Aus dieser Vielzahl von Ansätzen wurde derjenige Ansatz ausgewählt, der die besten statistischen Kennwerte ergab. Die Geräteeinstellungen (Tab. 8) und die Vorgehensweise zur Optimierung der Kalibration, werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Tab. 8: Geräteeinstellungen und Spektrentransformation für den Kalibrationsansatz mit den besten statistischen Kennwerten	
Wellenlängenbereich, gescannt in 2 nm-Schritten	1108-2492
Intervall, mit dem die Wellenlängen in die Kalibrationsberechnung eingehen	8
Anzahl der Wellenlängen, die in die Kalibrationsberechnung eingehen	173
Math treatment (derivative, gap, smooth, smooth 2)	1,4,4,1
Scatter	SNV & Detrend
Loading Type	PCA

Der transformierte und strukturierte Datensatz enthielt 160 Proben, die in einen Kalibrations- (140 Proben) und Validationsdatensatz (20 Proben) aufgeteilt wurden. Als optimal erwies sich eine Aufteilung, bei der, angefangen mit Probe 1, jede achte Probe für die Validation verwendet wurde.

Als Regressionsverfahren wurde mPLS (modified Partial Least Squares) verwendet. Überschritten mehrere T-Ausreißer den Grenzwert von 3,0, wurde ausschließlich der höchste Wert eliminiert. Anhand der Kreuzvalidierung, die mit vier Gruppen durchgeführt wurde, wurde die optimale Anzahl an Hauptkomponenten ermittelt. Die empfohlene Anzahl von elf Hauptkomponenten wurde übernommen.

Die statistischen Kennwerte der Methodenentwicklung (Kalibration und Validation) sind in den Tabellen 9 und 10 zusammengefasst.

Tab. 9: Statistische Kennwerte der Kalibration			
Untersuchungsparameter	SEC [%]	SECV [%]	R²
Protein	1,63	2,39	0,97
Fett	3,47	4,69	0,91
Zucker	5,61	7,58	0,92
Stärke	4,64	5,91	0,92
Ballaststoffe	3,27	3,89	0,50
Asche	2,04	2,49	0,66

Tab. 10: Statistische Kennwerte der Validation									
Parameter	SEP [%]	Bias [%]	SEP(C) [%]	R²	Slope	Means [%]		Std. Dev. [%]	
						Labor	NIR	Labor	NIR
Protein	1,74	0,79	1,59	0,98	0,969	15,78	14,99	11,57	11,84
Fett	2,91	0,02	2,98	0,97	1,014	22,09	22,07	16,31	15,82
Zucker	6,19	2,63	5,75	0,96	1,152	28,52	25,89	23,40	19,86
Stärke	7,00	-1,05	7,11	0,92	1,117	16,20	17,24	23,35	20,02
Ballaststoffe	3,46	-0,49	3,51	0,57	0,840	7,08	7,57	5,22	4,68
Asche	1,99	0,29	2,02	0,68	1,002	8,37	8,65	3,59	2,97

Unabhängig von der vorangegangenen Methodenentwicklung, wurde zusätzlich eine Validierung mit unabhängigen Proben aus der zweiten Probennahme im Juli 2006 durchgeführt.

Die statistische Auswertung ergab lediglich für Asche einen schwach signifikanten Unterschied zwischen den referenzanalytisch und den nahinfrarotspektroskopisch bestimmten Werten. Für alle anderen untersuchten Parameter ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Bestimmungsmethoden (Anhang 17). Die Korrelation zwischen den NIR- und den Analysewerten war bei Protein, Fett, Zucker und Stärke mit Korrelationskoeffizienten von 0,946 bis 0,995 sehr hoch. Die Asche- und Ballaststoffwerte wiesen mit einem Wert von 0,657 bzw. 0,586 eine mittlere Korrelation auf (Anhang 18). Abbildung 31 bis 34 veranschaulichen den engen Zusammenhang zwischen NIR- und Analysewerten für die Untersuchungsparameter Protein, Fett, Zucker und Stärke.

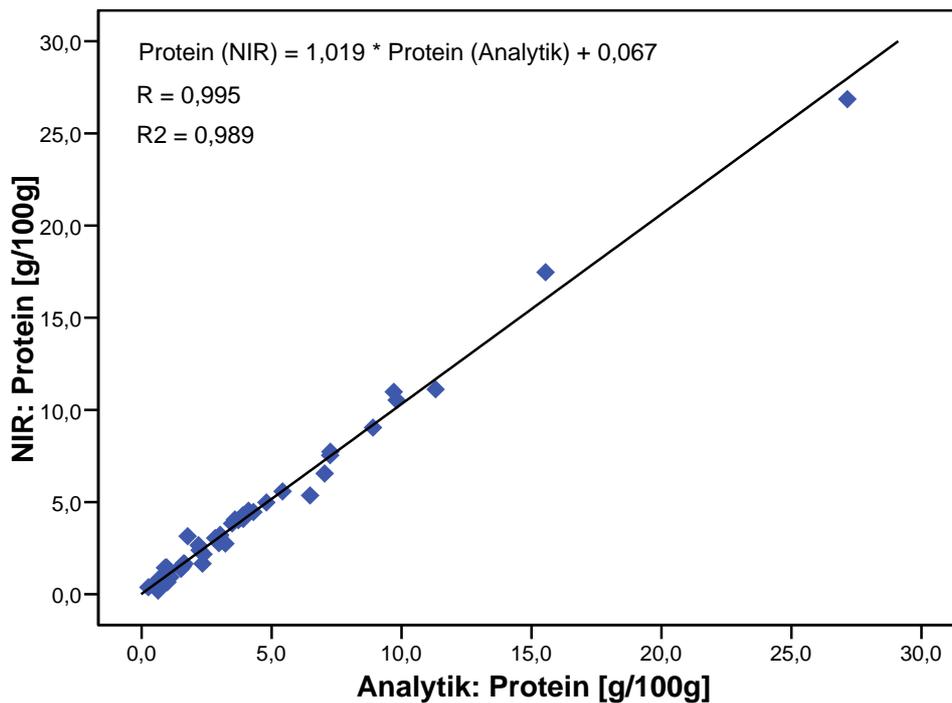


Abb. 31: Kovariation des nahinfrarotspektroskopisch gemessenen und referenzanalytisch bestimmten Protein-Gehaltes (n = 46). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R².

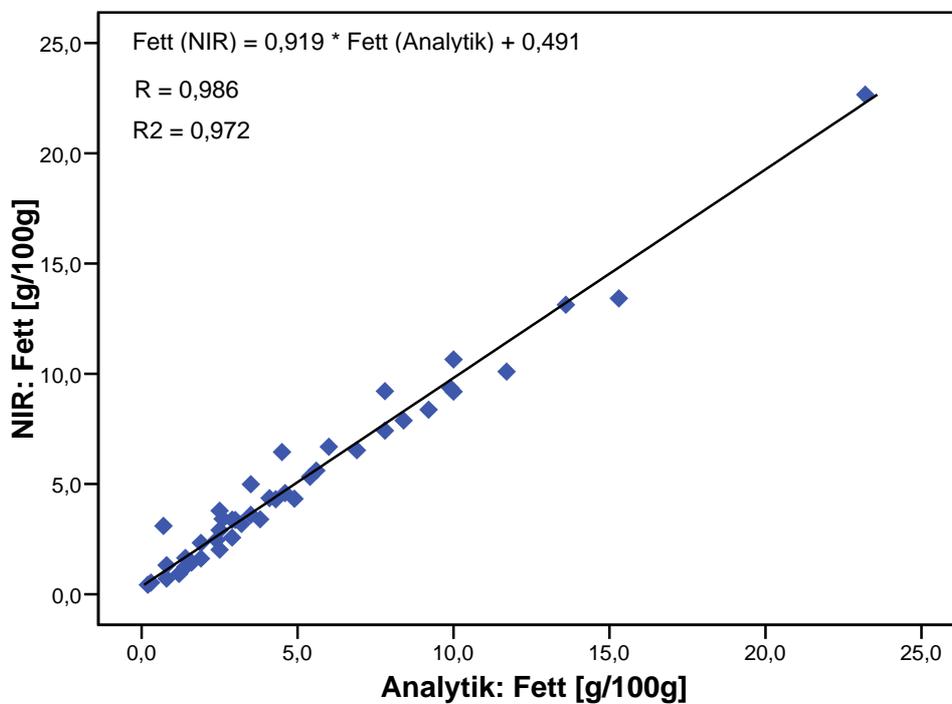


Abb. 32: Kovariation des nahinfrarotspektroskopisch gemessenen und referenzanalytisch bestimmten Fett-Gehaltes (n = 35). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R².

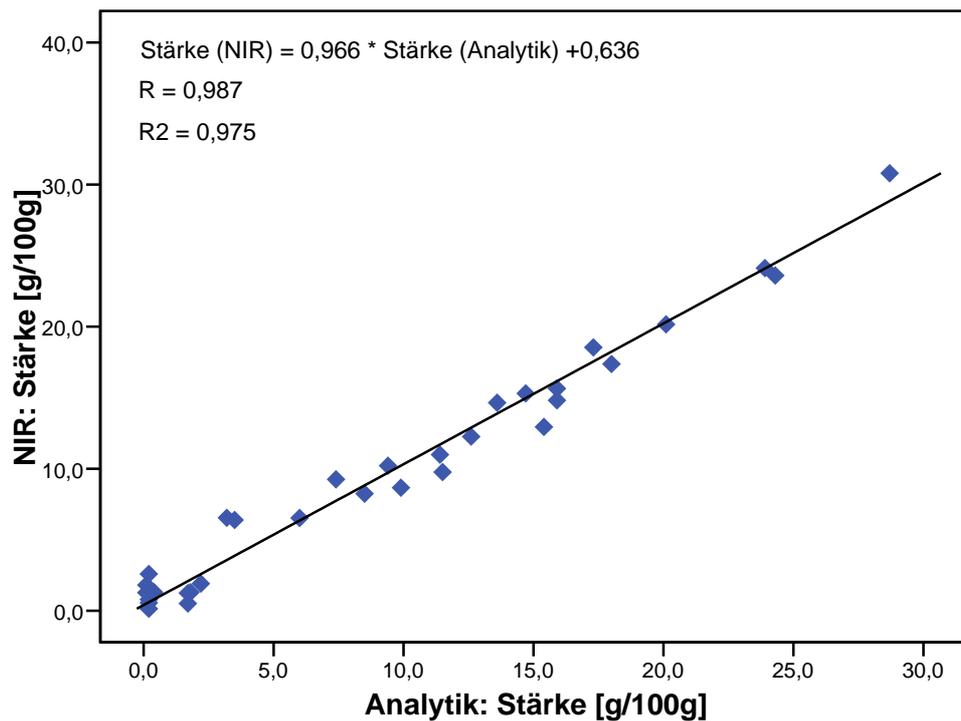


Abb. 33: Kovariation des nahinfrarotspektroskopisch gemessenen und referenzanalytisch bestimmten Stärke-Gehaltes (n = 32). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R².

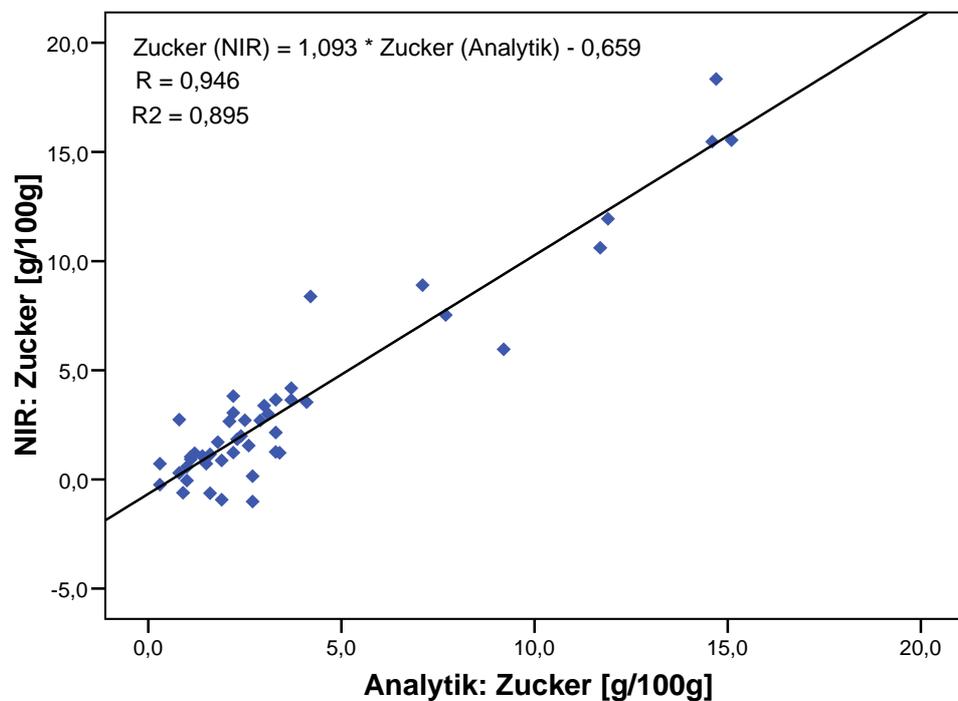


Abb. 34: Kovariation des nahinfrarotspektroskopisch gemessenen und referenzanalytisch bestimmten Zucker-Gehaltes (n = 46). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R².

4.2.2 Entwicklung einer Photochemolumineszenz-Methode

Das antioxidativ wirksame Vitamin C stellt in vielen Speisen einen Hauptanteil der wasserlöslichen Antioxidantien dar. Wie stark die Beziehung zwischen der gesamten antioxidativen Kapazität in wässriger Phase (ACW) und dem Vitamin C-Gehalt ist, zeigt Abbildung 35.

Die statistische Auswertung ergab einen hoch signifikanten Unterschied zwischen ACW- und Vitamin C-Gehalt der Speisenproben. Mit einer Korrelation von $R = 0,378$ war der Zusammenhang zwischen den NIR-Messwerten und den Analysenwerten nur gering und für praktische Zwecke nicht mehr ausreichend (Abb. 35).

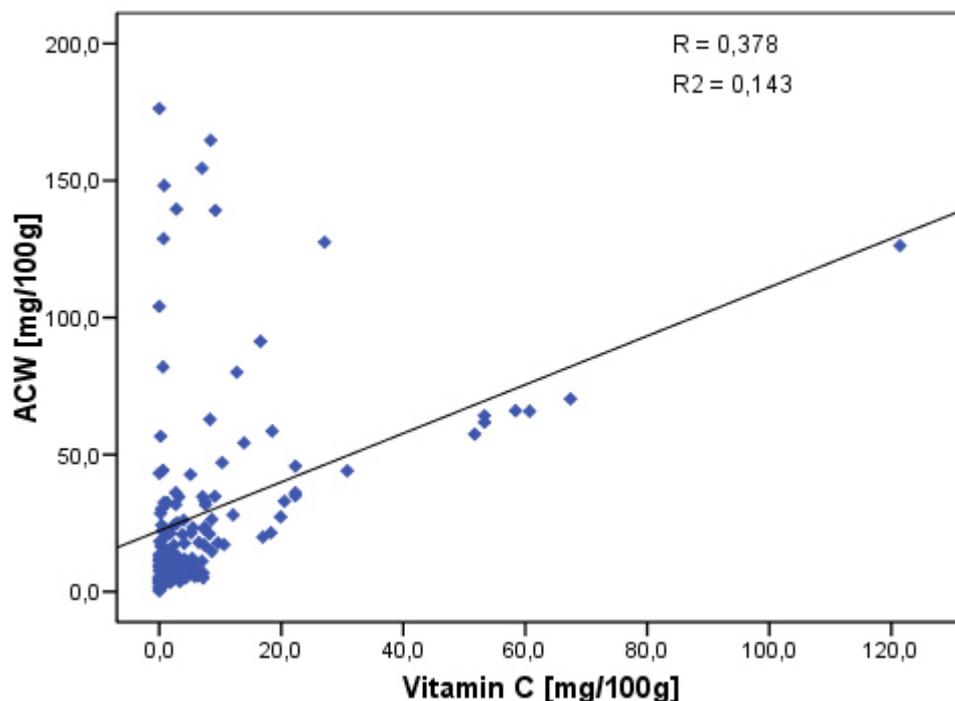


Abb. 35: Kovariation des ACW- und Vitamin C-Gehaltes ($n = 141$). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^2 .

4.2.3 Nutzung von Nährstoff-Datenbanken

4.2.3.1 Vergleiche zwischen berechneten und analysierten Werten

Die statistische Auswertung ergab für die Inhaltsstoffe Eiweiß, Fett, Kohlenhydrate, Zucker, Stärke, Energie, Wasser, Calcium und n6-Fettsäuren keine signifikanten Unterschiede zwischen den anhand des BLS berechneten und den

referenzanalytisch ermittelten Werten. Ein schwach signifikanter Unterschied wurde bei der Bestimmung der Vitamin C-Gehalte und dem Gehalt an einfach ungesättigten Fettsäuren ermittelt. Wesentlich größere Differenzen ergaben sich bei den anhand von Datenbanken berechneten Ballaststoff-, Asche-, Eisen- und Jod-Werten sowie beim Gehalt an gesättigten, mehrfach ungesättigten und n3-Fettsäuren. Bei all diesen Kriterien ergaben sich hoch signifikante Unterschiede zwischen den referenzanalytisch bestimmten Werten und den anhand des BLS berechneten Schätzwerten (Anhang 19).

Die Korrelationen zwischen den berechneten und den analysierten Werten war hinsichtlich des Kohlenhydrat-, Stärke- und Wasser-Gehaltes sehr hoch ($R > 0,9$). Für die Parameter Eiweiß, Fett, Zucker, Energie, Calcium und Vitamin C ergaben sich mit $R = 0,796$ bis $0,893$ immer noch gute Beziehungen. Wesentlich geringere Zusammenhänge ergaben sich für die Ballaststoffe, Asche, Eisen, Jod sowie für die gesättigten, einfach ungesättigten, mehrfach ungesättigten und n6-Fettsäuren. Die Gehalte an n3-Fettsäuren zeigten so gut wie keine Beziehung zwischen den berechneten und den analytisch ermittelten Werten auf ($R = 0,143$; siehe auch Anhang 20).

Abbildung 36 bis 43 veranschaulichen alle Untersuchungsparameter deren statistische Auswertung hohe bis sehr hohe Korrelationen ergab. Das Bestimmtheitsmaß (R^2) lag hier bei den untersuchten Nahrungsinhaltsstoffen in einem Bereich zwischen $0,634$ und $0,862$.

Auffällig war, dass bei allen hoch korrelierten Untersuchungsparametern die Messwerte in einem sehr niedrigen Wertebereich lagen. Die Steigung betrug immer zwischen $0,775$ und $0,897$, das heißt nimmt der analysierte Wert um eine Einheit zu, steigt der berechnete Wert lediglich um $0,775$ bis $0,897$ Einheiten. Der y-Achsenabschnitt war mit Ausnahme von Stärke (y-Achsenabschnitt = $-0,132$) immer positiv.

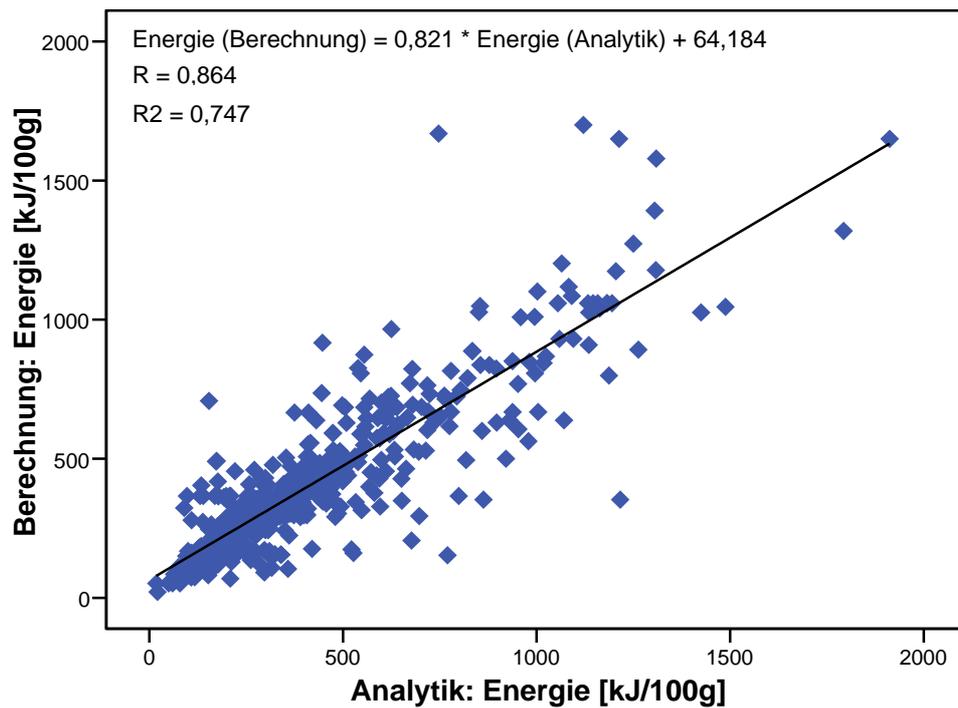


Abb. 36: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Energie-Gehaltes (n = 457). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^2 .

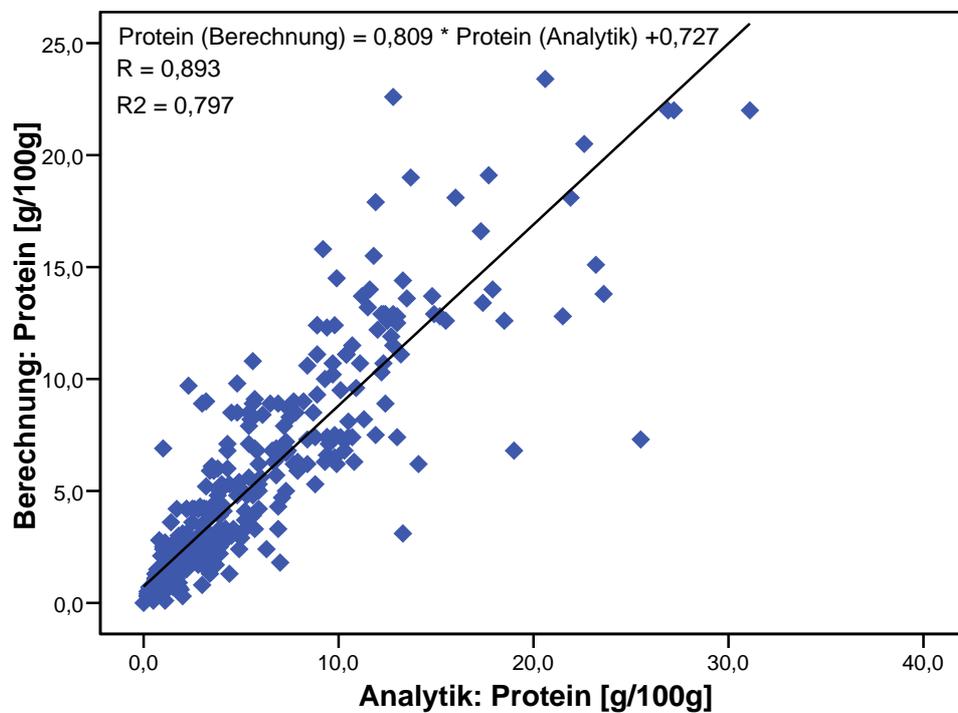


Abb. 37: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Eiweiß-Gehaltes (n = 458). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^2 .

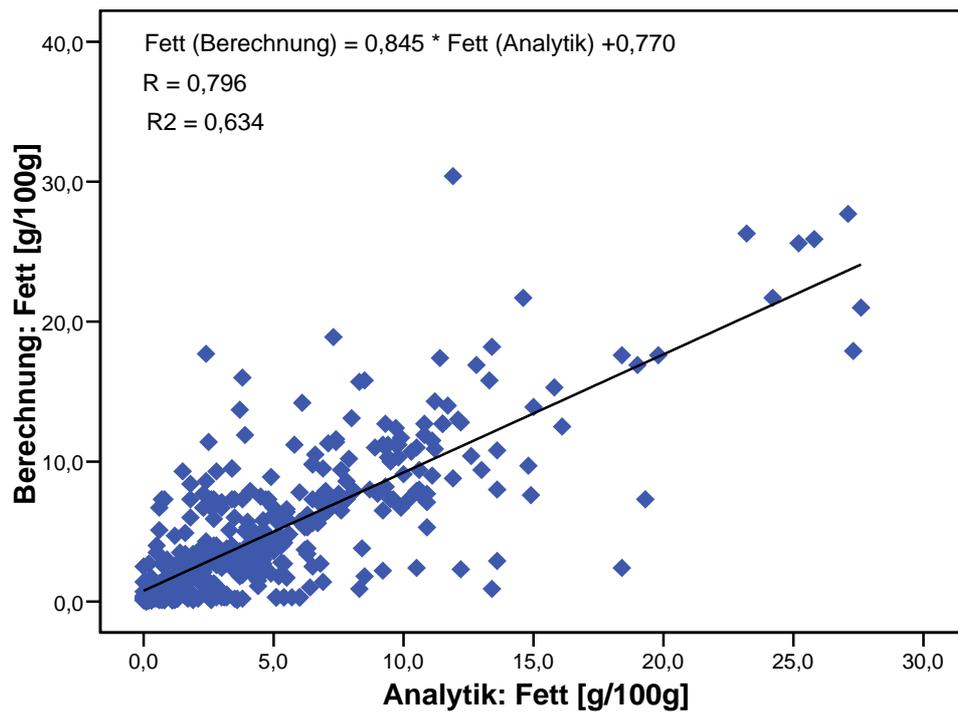


Abb. 38: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Fett-Gehaltes (n = 459). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^2 .

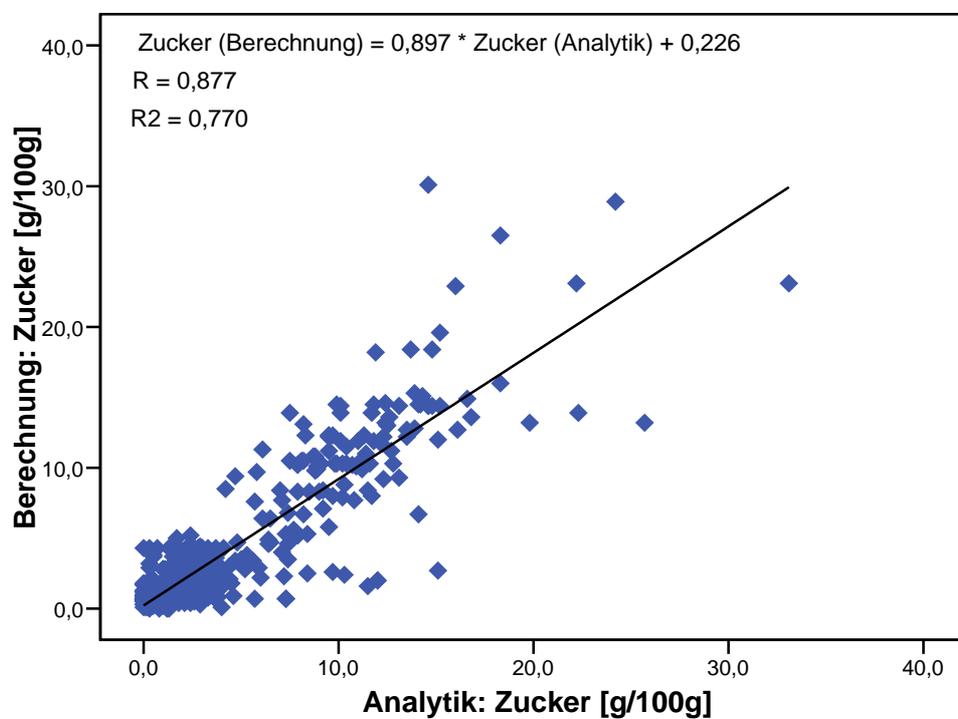


Abb. 39: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Zucker-Gehaltes (n = 458). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^2 .

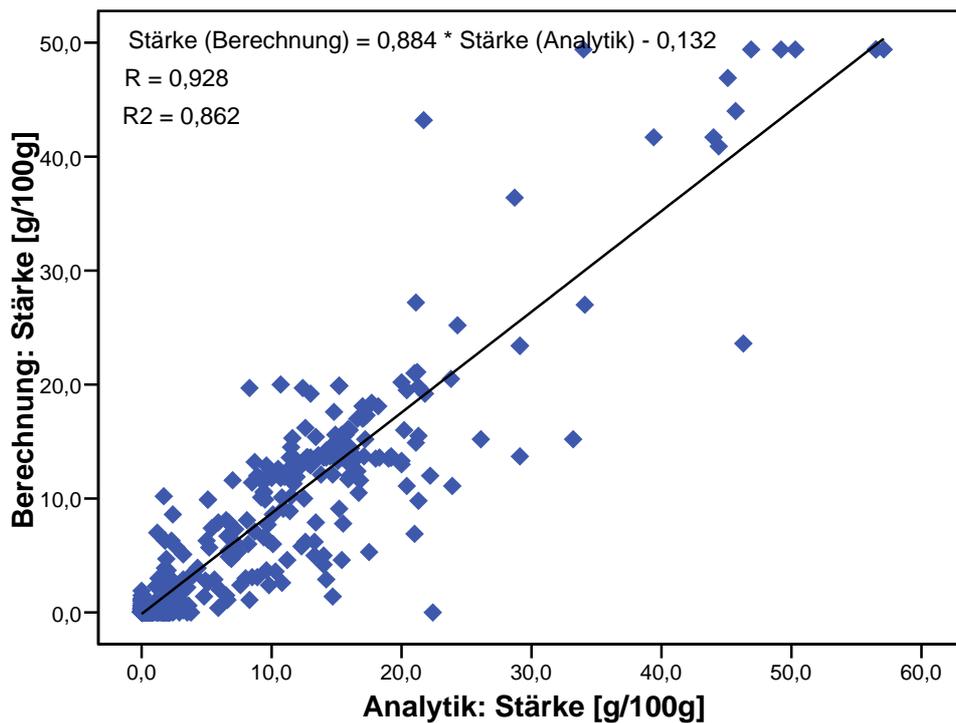


Abb. 40: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Stärke-Gehaltes (n = 457). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R².

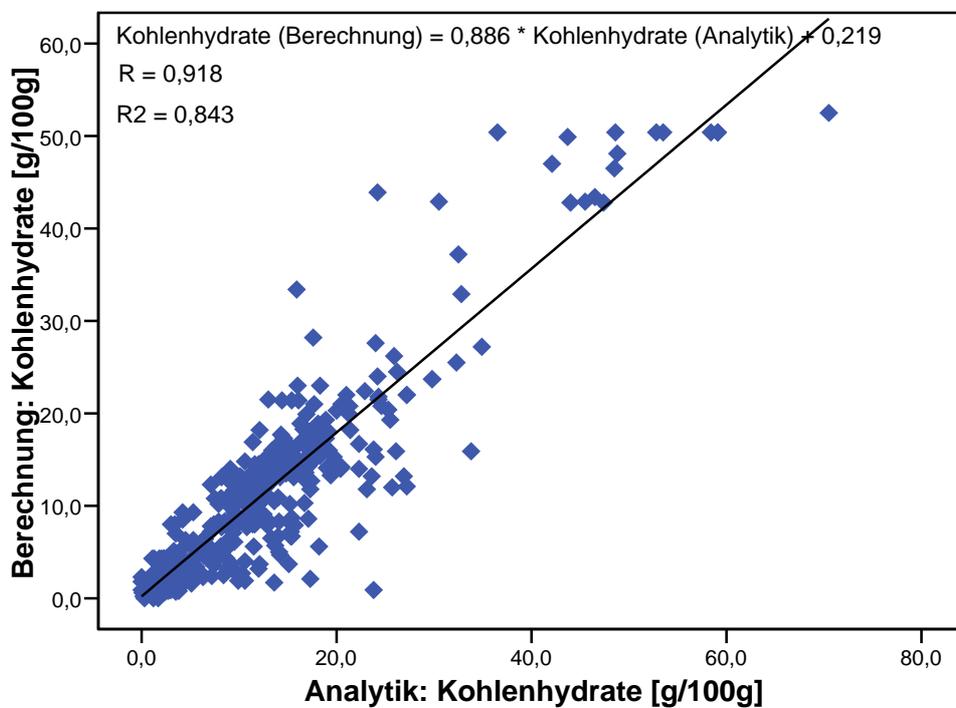


Abb. 41: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Kohlenhydrat-Gehaltes (n = 459). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R².

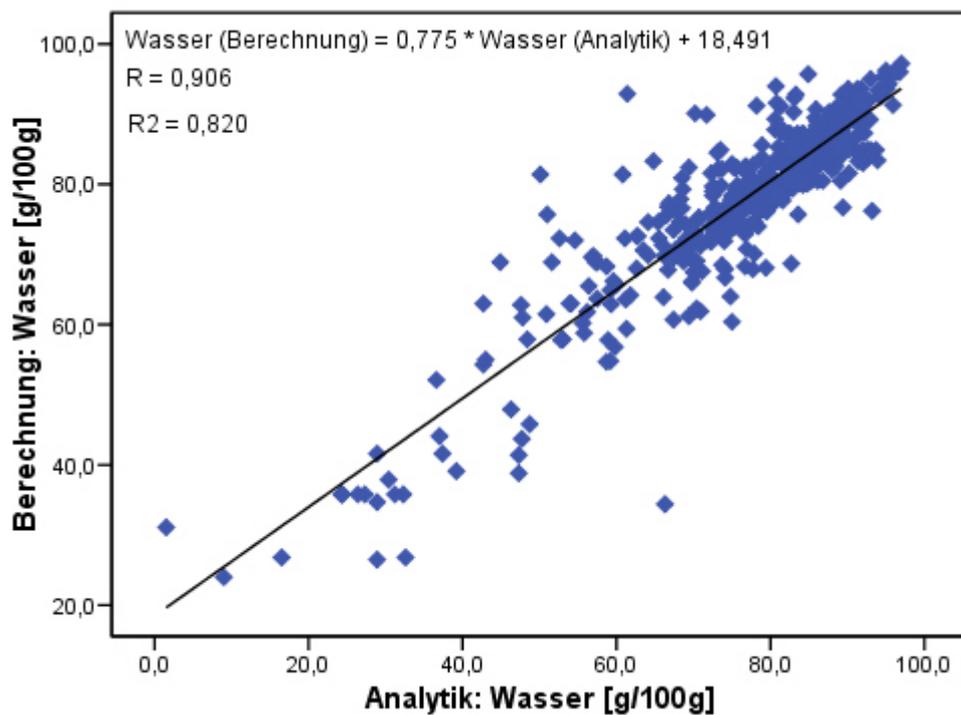


Abb. 42: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Wasser-Gehaltes ($n = 459$). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^2 .

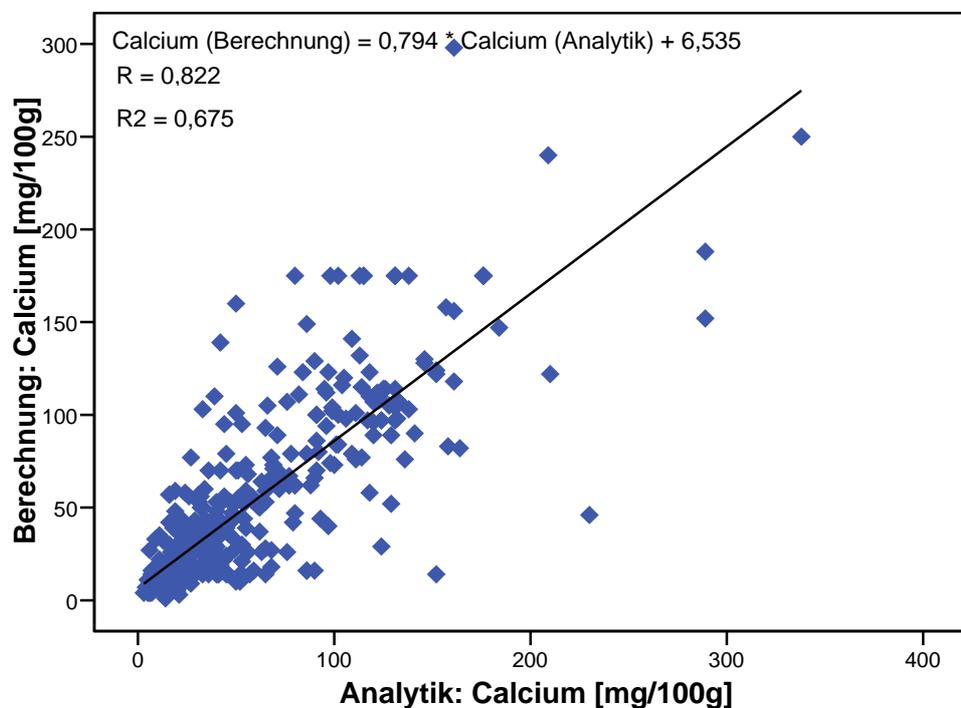


Abb. 43: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Calcium-Gehaltes ($n = 459$). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^2 .

Abbildung 44 zeigt die Korrelation zwischen dem mit BLS berechneten und dem referenzanalytisch bestimmten Vitamin C-Gehalt. Mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,858 bzw. einem Bestimmtheitsmaß von 0,737 wurde ein hoher Zusammenhang zwischen den beiden Bestimmungsarten festgestellt. Die graphische Darstellung der Einzelmessungen zeigt jedoch, dass die Regressionsgerade von wenigen Proben mit hohem Vitamin C-Gehalt stark beeinflusst wird. Im Hinblick darauf, dass mittels t-Test ein schwach signifikanter Unterschied zwischen referenzanalytisch und berechneten Werten festgestellt wurde, kann trotz der guten Korrelation nicht von einer guten Übereinstimmung der beiden Methoden gesprochen werden.

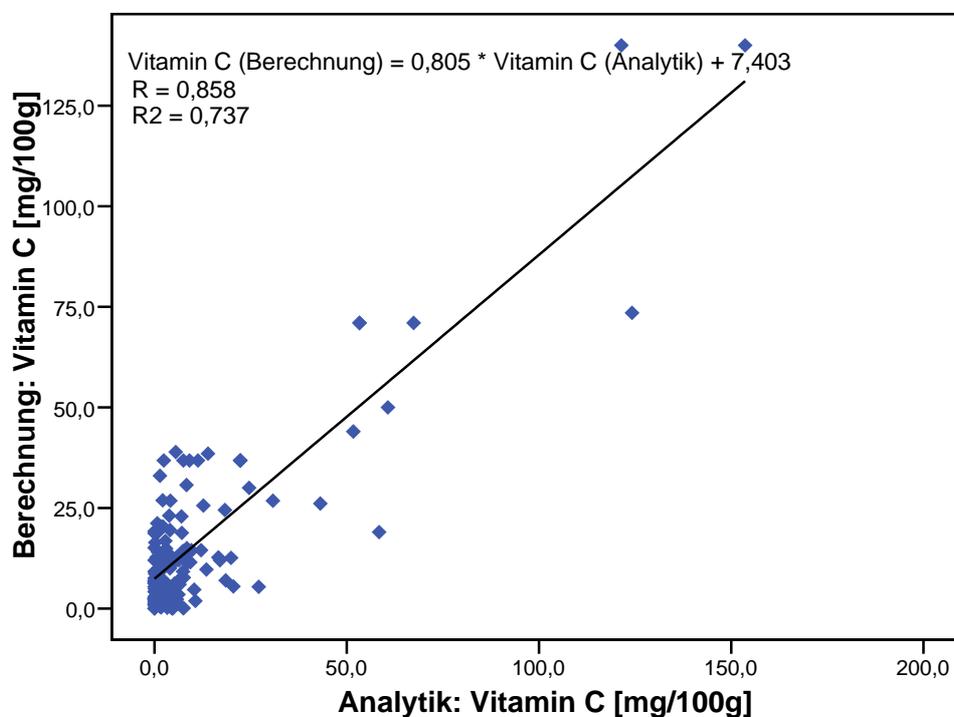


Abb. 44: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Vitamin C-Gehaltes (n = 154). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, die Regressionsgerade, die Regressionsgleichung, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R².

Abbildung 45 visualisiert den geringen Zusammenhang zwischen berechneten und referenzanalytisch untersuchten Gehalten an einfach ungesättigten Fettsäuren. Es ist deutlich zu sehen, dass die Messwerte weitgehend zufällig verteilt sind. Die Regressionsgleichung wurde nicht angegeben, da die unbekannte Variable auf Grund des unzureichenden linearen Zusammenhangs der Untersuchungsparameter nicht anhand einer Regressionsgleichung berechnet werden kann.

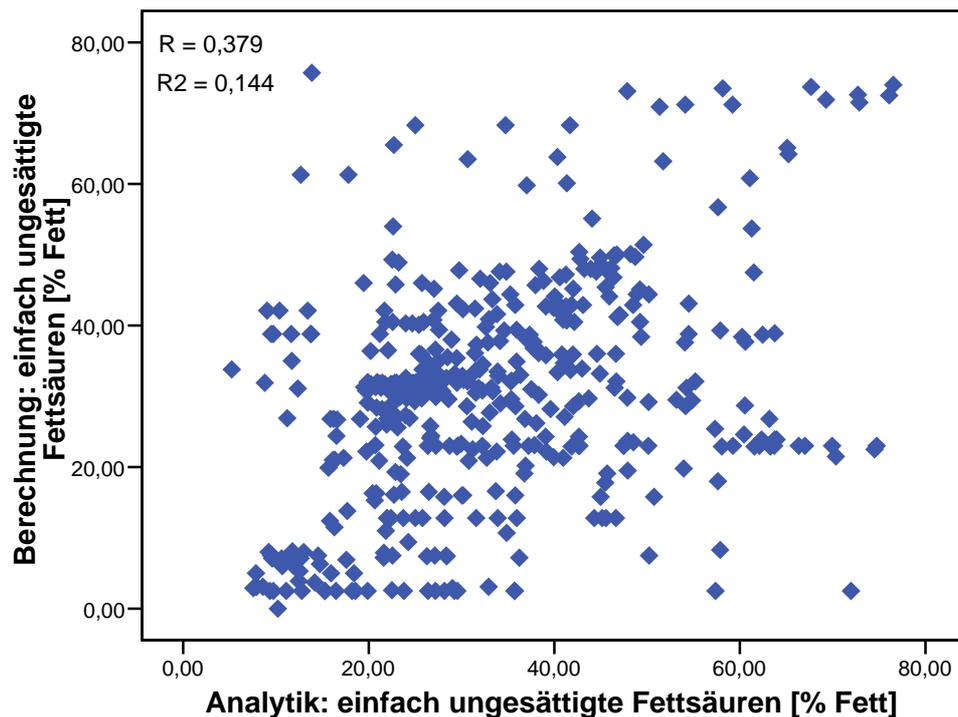


Abb. 45: Kovariation des berechneten und referenzanalytisch bestimmten Gehaltes an einfach ungesättigten Fettsäuren (n = 459). Dargestellt sind die Einzelmesswerte, das Korrelationsmaß R und das Bestimmtheitsmaß R^2 .

4.2.3.2 Vergleiche zwischen berechneten und analysierten Werten für „gut berechenbare“ und „Vergleichsspeisen“

Im Folgenden soll näher beleuchtet werden, welchen Einfluss die Genauigkeit der Angaben durch die Küche auf die Qualität der Berechnung hat. Dazu wurde das Datenmaterial in zwei verschiedene Gruppen, den „gut berechenbaren“ und den „Vergleichsspeisen“, eingeteilt (Kap. 2).

Die statistische Auswertung ergab hinsichtlich der Untersuchungsparameter Protein, Fett, Kohlenhydrate, Zucker, Stärke, Energie, Wasser und Calcium bei keiner der zwei Speisengruppen einen signifikanten Unterschied zwischen den mit BLS berechneten und den referenzanalytisch untersuchten Werten. Hoch signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen wurden bei Eisen und mehrfach ungesättigten Fettsäuren festgestellt. Bei allen anderen Untersuchungsparametern waren die Ergebnisse uneinheitlich. Die Qualität der statistischen Zusammenhänge variierte hier zwischen den Speisengruppen (Anhang 19).

In der Gruppe der „gut berechenbaren“ Speisen konnten für die Asche-, Vitamin C- und Jod-Gehalte sowie für die einfach ungesättigten Fettsäuren kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Bestimmungsmethoden ermittelt werden. Ein signifikanter Unterschied ergab sich für den Gehalt an n6-Fettsäuren. Statistisch hoch signifikant verschieden waren die Gehalte an Ballaststoffen, an gesättigten und an n3-Fettsäuren (Anhang 19).

Bei den „Vergleichsspeisen“ wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den berechneten und den analysierten Werten für Ballaststoffe und n6-Fettsäuren ermittelt. Schwach signifikante Unterschiede zwischen den beiden Ermittlungsverfahren gab es beim Gehalt an gesättigten Fettsäuren. Der Gehalt an n3-Fettsäuren wurde auf Basis der BLS-Berechnung signifikant unterschiedlich von den laboranalytischen Werten ermittelt. Hoch signifikante Unterschiede wurden bei Asche, Vitamin C, Jod und einfach ungesättigten Fettsäuren festgestellt (Anhang 19).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bei der Gruppe der „gut berechenbaren“ Speisen bei zwölf Untersuchungsparametern kein signifikanter Unterschied zwischen den nach BLS berechneten und den referenzanalytisch untersuchten Werten ermittelt wurde. Bei den „Vergleichsspeisen“ war diese gute Übereinstimmung nur bei zehn Parametern gegeben. Allerdings war die Art der Nahrungsinhaltsstoffe zum Teil verschieden. Hoch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Bestimmungsmethoden ergaben sich bei sechs Parametern für die Gruppe der „Vergleichsspeisen“. Bei den „gut berechenbaren“ Speisen konnten bei fünf untersuchten Inhaltsstoffen hoch signifikante Unterschiede ermittelt werden (Anhang 19).

Bei den „gut berechenbaren Speisen“ ergaben sich für sechs Untersuchungsparameter sehr hohe Korrelationen zwischen berechneten und analysierten Werten. Bei den „Vergleichsspeisen“ konnte für keinen der Parameter eine sehr hohe Korrelation ermittelt werden. Hohe Korrelationen ergaben sich bei den „gut berechenbaren Speisen“ für drei und bei den „Vergleichsspeisen“ für acht Untersuchungsparameter (Anhang 20).

Nahrungsinhaltsstoffe, die in beiden Speisengruppen hoch bis sehr hoch korrelierten waren Eiweiß, Fett, Kohlenhydrate, Zucker, Stärke, Energie, Wasser und Calcium.

Bei den „gut berechenbaren“ Speisen bestand zusätzlich ein hoher Zusammenhang für den Vitamin C-Gehalt (Anhang 20).

Mittlere Korrelationen zwischen den berechneten und referenzanalytisch bestimmten Werten zeigten sich bei den „gut berechenbaren Speisen“ für die Parameter Eisen, gesättigte, einfach ungesättigte, mehrfach ungesättigte und n6-Fettsäuren. In der Gruppe der „Vergleichsspeisen“ ist lediglich für Vitamin C eine mittlere Korrelation feststellbar (Anhang 20).

Gering bis sehr gering korrelierten bei beiden Gruppen die Ballaststoff-, Asche-, Jod- und n3-Fettsäuren-Gehalte. Bei den „Vergleichsspeisen“ konnten zusätzlich für Eisen, für gesättigte, einfach ungesättigte, mehrfach ungesättigte sowie für n6-Fettsäuren nur niedrige bis sehr niedrige Korrelationskoeffizienten festgestellt werden (Anhang 20).

Daraus ergibt sich die Tatsache, dass viele der untersuchten Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte bei der Gruppe der „gut berechenbaren“ Speisen deutlich besser korrelierten als bei der Gruppe der „Vergleichsspeisen“ (Anhang 20).

5 Diskussion

Die Diskussion gliedert sich in die beiden Schwerpunkte „Ernährungsphysiologische Qualität“ und „Schnellmethoden zur Bestimmung der Inhaltsstoffe“. Während bei der Diskussion der ernährungsphysiologischen Qualität der Vergleich mit anderen Studien im Vordergrund steht, werden die Schnellmethoden miteinander verglichen und einer direkten Evaluierung unterzogen.

5.1 Ernährungsphysiologische Qualität der Mittagsverpflegung in Kindertagesstätten

Untersuchungen zur ernährungsphysiologischen Qualität in der Gemeinschaftsverpflegung sind sehr komplex. So kann der örtliche oder der zeitliche Rahmen der Erhebung, die Stichprobengröße oder die Kriterienauswahl einen so großen Einfluss auf die Ergebnisse haben, dass diese dann recht konträr zu interpretieren sind. Im folgenden Kapitel wird zuerst der methodische Ablauf der vorliegenden Studie diskutiert. Im Anschluss (Kap. 5.1.2) werden Durchführung und Ergebnisse ähnlich angelegter Projekte im Vergleich zur vorliegenden Studie interpretiert. Schließlich werden die verschiedenen Faktoren, welche in der vorliegenden Studie zur ernährungsphysiologischen Qualität beigetragen haben, im Hinblick auf praktische Schlussfolgerungen erörtert.

5.1.1 Art der Erfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden pro Kindertagesstätte insgesamt fünf Mittagsmahlzeiten untersucht. Zur Bewertung der allgemeinen ernährungsphysiologischen Qualität der Mittagsverpflegung wurde aus diesen fünf Tageswerten der Mittelwert gebildet. Um saisonale und wochentagsspezifische Schwankungen erfassen zu können, erfolgte die Probennahme an verschiedenen Wochentagen in den Monaten Februar und Juli 2006. Nachteil dieser Vorgehensweise war, dass kein zusammenhängender Wochenspeiseplan laborchemisch untersucht werden konnte. Da die Probennahmen aber in allen Kindertagesstätten nach dem gleichen Zufallsprinzip durchgeführt wurden, kann man von einer guten Vergleichbarkeit der Daten ausgehen.

Auf Grund der aufwendigen Probennahme und der zeit- und kostenintensiven nass-chemischen Untersuchungen musste die Stichprobenanzahl pro Kita beschränkt werden ($n = 5$). Nur so war es möglich, eine sehr umfassende Bestimmung der Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte mittels labor-chemischer Analysen und die Erfassung der Portionsgrößen während der Probennahme zu gewährleisten.

Die Probennahme-Termine mussten den Kindertagesstätten im Vorfeld mitgeteilt werden, damit genügend Probenmaterial (600 g pro Speisekomponente) für die labor-chemischen Analysen zur Verfügung stand. Dieses Vorgehen eröffnet natürlich auch die Möglichkeit, dass sich die Küchen speziell an diesen Tagen um eine besonders hohe Speisenqualität bemüht haben. Andererseits muss berücksichtigt werden, dass die ernährungsphysiologische Qualität zubereiteter Speisen von vielerlei Faktoren abhängt, welche kurzfristig von der Küche bzw. der Kita nur schwer beeinflusst werden können:

- Großküchen beziehen ihre Zutaten meist von festen Lieferanten und in regelmäßiger Häufigkeit. Die Aufbewahrung der Lebensmittel ist von den gegebenen Räumlichkeiten in der Küche abhängig.
- Gerichte werden meist nach Standard-Rezepturen zubereitet. Die Zubereitung erfolgt oft durch ungelerntes Personal.
- Fernküchen beliefern in der Regel mehrere Kunden. Warmhaltezeiten sind von der Auslieferungsrouten der Fernküche abhängig und können nicht kurzfristig verändert werden.

Es war das Ziel der vorliegenden Studie, Ergebnisse unter Best-Practice-Bedingungen zu ermitteln. Es kam also darauf an, das ernährungsphysiologische Potential von Kindertagesstätten und Verpflegungssystemen im Hinblick auf die Entwicklung eines Zertifizierungssystems bewerten zu können. Vorrangig war deshalb die Beantwortung der Frage, wie gut die Qualität der Mittagsverpflegung unter den gegebenen Umständen sein kann. Dass es dabei auch negative Abweichungen und Ausreißer gibt, war erst in zweiter Linie interessant.

5.1.2 Vergleich mit Ergebnissen anderer Studien

Die Qualität der Mittagsverpflegung in Kindertagesstätten ist ein Thema mit ständig neuen Varianten. So sind Vorlieben und Verzehrsgewohnheiten einem ständigen

Wandel unterworfen. Gerade in den letzten Jahren ist eine Fülle von neuen Lebensmitteln, insbesondere von so genannten Kinderlebensmitteln, auf den Markt gekommen. Der Einfluss des Lebensmittelangebots und der Werbung auf die Vorlieben der Kinder sowie der Einfluss der Kinder auf das Kaufverhalten ihrer Eltern sollte dabei nicht unterschätzt werden. Auch das Speisenangebot professioneller Lieferservices, seien es Anbieter von Tiefkühlkost oder Fernküchen, wird von dieser Entwicklung indirekt beeinflusst.

Die bei der Zubereitung der Speisen verwendeten Zutaten unterliegen ebenfalls gravierenden Veränderungen. Insbesondere werden aus Kostengründen immer häufiger halbfertige oder auch vollständig vorbereitete Zutaten verwendet. Ein Trend, der sich auf allen Ebenen der industriellen Fertigung und nicht zuletzt auch im privaten Haushalt abzeichnet.

Natürlich trägt auch die zunehmende Sensibilisierung der Eltern, der Kindertagesstätten und der Produktionsküchen durch Lebensmittelskandale, aber auch ein wachsendes Ernährungswissen immer mehr zur Verbesserung der Verpflegungsqualität bei. Zum Teil wird auch schon durch die Verwendung von angereicherten Lebensmitteln der Gefahr einer Mangelversorgung unter bestimmten Bedingungen systematisch entgegengesteuert.

Die heutige Ernährungssituation in Kindertagesstätten kann folglich kaum noch mit den Gegebenheiten von vor 20 Jahren verglichen werden. Dies erschwert auch den Vergleich bisheriger Studien mit dem vorliegenden Forschungsprojekt. Selbst ein Vergleich ausschließlich mit Studien neueren Datums ist nur begrenzt möglich. Die wesentlichen Gründe hierfür sind die Unterschiede im Erhebungsdesign und in der methodischen Durchführung. So werden beispielsweise die Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte in den meisten Arbeiten nur anhand von Nährstoff-Datenbanken berechnet. Ferner basiert die Beurteilung der Nährstoff-Zufuhr häufig auf unterschiedlichen Soll-Wert-Empfehlungen und Portionsgrößen. Entscheidend kann auch sein, in welcher Region eine Untersuchung durchgeführt wurde [Clausen, 2003].

Insofern lohnt es sich, das Design und die Methodik einiger vergleichbarer Studien im Folgenden kurz zu skizzieren. Erst dann soll eine Gegenüberstellung dieser Ergebnisse und ein Vergleich mit denen des KiTZ-Projektes durchgeführt werden.

Auf Grund der unterschiedlichen Ausgangsbedingungen werden die entsprechenden Vergleiche nicht anhand der ermittelten absoluten Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte sondern anhand der Ergebnisse des Ist-Soll-Vergleichs durchgeführt.

KLAPP untersuchte die ernährungsphysiologische Qualität der Mittagsmahlzeiten in 18 Gießener Kindertagesstätten. In viermal zwei Wochen wurden dazu die Rezepte der angebotenen Speisen anhand der Wiege-Protokoll-Methode notiert. Die Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte wurden anschließend mit der Ernährungssoftware SONJA berechnet. Datengrundlage von SONJA ist der Bundeslebensmittelschlüssel (BLS).

Da in SONJA nicht alle Lebensmittel in gegartem Zustand vorhanden waren, wurden für die Berechnung alle Zutaten als Rohlebensmittel in das Nährwertprogramm eingegeben. Vitaminverluste wurden demzufolge bei der Berechnung der Inhaltsstoff-Gehalte nicht berücksichtigt. Um dies auszugleichen, wurden höhere Soll-Werte angesetzt. Die ermittelten Ist-Werte der Nährstoff-Zufuhr stellte KLAPP den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) für das Mittagessen gegenüber. Für die Berechnung der Nährstoff-Zufuhr wurden die 1995 von PEINELT ermittelten Portionsgrößen verwendet [Klapp, 1997].

Im Rahmen der **KESS-Studie** wurde die Ernährungsversorgung von ganztags betreuten 3-14-jährigen Kindern in Kindertagesstätten untersucht. Bundesweit nahmen 301 Kindertagesstätten an dem Projekt teil. Pro Kita wurden an zweimal fünf Werktagen die Speisepläne erfragt und die entsprechenden Rezepturen der Speisen von der Küchenleitung anhand der vereinfachten Wiege-Protokoll-Methode erfasst. Aus den Angaben der Kitas wurden die durchschnittlichen Portionsgrößen und Nährstoff-Gehalte der Mittagsmenüs berechnet [Clausen, 2003].

Grundlage für die Berechnung der Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte bildete die Nährwert-Datenbank LEBTAB. Nährwertangaben für nicht zubereitete Lebensmittel basierten in LEBTAB auf der Standard-Nährwert-Tabelle Souci Fachmann Kraut (SFK) und dem BLS. Fehlende Angaben wurden aus internationalen Datenbanken und Herstellerdeklarationen ergänzt. Zubereitete Speisen wurden anhand der angegebenen Rezepturen oder vergleichbarer Rezepte berechnet. Zubereitungsbedingte Vitaminverluste wurden auf Basis von einschlägigen

Veröffentlichungen der DGE berücksichtigt [Alexy et al., 1999; Clausen, 2003; Sichert-Hellert et al., 2007].

Als Basis für die Durchführung des Ist-Soll-Vergleichs der Nährstoff-Zufuhr dienen die Empfehlungen der Optimierten Mischkost (OMK).

BÖHM untersuchte die Mittagsverpflegung in 116 Kindertagesstätten in Thüringen. Der Energie- und Nährstoff-Gehalt der Speisen wurde anhand von 4-Wochen-Speisenplänen mit dem Programm EBIS berechnet. Die ermittelten Inhaltsstoff-Gehalte wurden den Referenzwerten der DGE für die Gemeinschaftsverpflegung gegenübergestellt [Böhm, 1996].

SEPP führte eine Studie zur ernährungsphysiologischen Qualität in schwedischen Vorschulen durch. Insgesamt nahmen an der Studie 12 Vorschulen mit Vollküche teil, welche Kinder im Alter von 3 bis 5 Jahren verpflegten. Zur Erfassung des Verzehrs wurden über fünf Tage alle Speisen und Getränke vor und nach der Mahlzeit gewogen. Die Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte wurden mit dem Computerprogramm MATS auf Basis der Lebensmittel-Datenbank der Swedish National Food Administration berechnet. Die Datenbank wurde um Rezepte der Vorschulen erweitert. Vitamin C-Verluste während der Zubereitung der Speisen wurden anhand eines festgelegten Korrekturfaktors berücksichtigt [Sepp et al., 2001]. Als Referenzwerte für den Ist-Soll-Vergleich dienen die Richtlinien der Swedish National Food Administration für den Nährstoff-Gehalt für Mahlzeiten in Vorschulen und die Swedish Nutrition Recommendations.

PITSI untersuchte die ernährungsphysiologische Qualität der Verpflegung in Kindergärten in Estland. Berücksichtigt wurden neben der Mittagsverpflegung auch das angebotene Frühstück und eine Zwischenmahlzeit am Nachmittag. Insgesamt wurden in fünf Kindergärten Rezepte der angebotenen Speisen notiert. Die Zufuhr an Nahrungsinhaltsstoffen wurde anhand der modifizierten finnischen Ernährungssoftware Micro-Nutrica berechnet. Micro-Nutrica enthielt für 700 Lebensmittel und 900 Rezepturen die Gehalte von 56 verschiedenen Inhaltsstoffen. In zwei der teilnehmenden Kitas erfolgte die Erhebung an 40 und in drei Kitas an 19 Tagen [Pitsi et al., 2003].

Die ermittelten Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte der Kindergartenverpflegung (Frühstück, Mittagessen, Nachmittagssnack) wurden den Estonian Nutrition Recommendations für die Verpflegung in Kindergärten gegenübergestellt.

Tabelle 11 zeigt die Ergebnisse der vorgestellten Studien hinsichtlich der Nährstoff-Zufuhr im Vergleich zu den Ergebnissen der vorliegenden KiTZ-Studie. Es wird deutlich, dass die Studien aufgrund der unterschiedlichen Ausgangssituationen nur für wenige Nahrungsinhaltsstoffe identische Ergebnisse erzielten. Lediglich der Gehalt an gesättigten Fettsäuren wurde einheitlich in allen Studien als zu hoch eingestuft.

Tab. 11: Vergleich verschiedener Studien zur ernährungsphysiologischen Qualität in Kindertagesstätten						
	KiTZ	KLAPP	BÖHM	KESS	SEPP	PITSI
	München	Gießen	Thüringen	BRD	Schweden	Estland
	2006	1994/1995	1996	1997/1998	1998	1999/2000
Energie	zu niedrig	zu niedrig	o. k.	zu hoch	zu niedrig	o. k.
Eiweiß	o. k.					
Fett	o. k.	zu hoch	o. k.	zu niedrig	zu hoch	o. k.
SFA	zu hoch	-	zu hoch	zu hoch	-	zu hoch
MUFA	o. k.	-	-	zu niedrig	-	zu niedrig
PUFA	zu niedrig	-	o. k.	zu niedrig	-	zu niedrig
Kohlenhydrate	o. k.	o. k.	o. k.	zu hoch	zu niedrig	o. k.
Ballaststoffe	zu niedrig	o. k.	zu niedrig	o. k.	o. k.	zu niedrig
Calcium	o. k.	zu niedrig	zu niedrig	o. k.	zu niedrig	o. k.
Eisen	zu niedrig	o. k.	o. k.	zu niedrig	o. k.	o. k.
Jod	o. k.	-	zu niedrig	-	-	o. k.
Vitamin C	o. k.	o. k.	o. k.	zu niedrig	o. k.	zu niedrig

Im Rahmen der KiTZ-Studie wurde eine zu niedrige **Energie**-Zufuhr durch das Mittagessen ermittelt. Eine Unterversorgung der Kinder mit Energie ist jedoch auf Grund der zunehmenden Prävalenz von Übergewicht bei Kindern unwahrscheinlich [Mast et al., 1998; Graf et al., 2006; Nething et al., 2006]. Folglich nehmen Kinder durch andere Mahlzeiten und Snacks sehr viel Energie auf oder der Energie-Bedarf ist deutlich niedriger als bei der Festlegung der Referenzwerte zugrunde gelegt

wurde. Vermutlich sind beide Theorien zutreffend. So verzehren Kinder zu häufig Lebensmittel mit hoher Energiedichte, beispielsweise Fertigprodukte, Süßigkeiten und gesüßte Getränke [Erbersdobler, 2005; Gieland et al., 1997]. Zum anderen nimmt die körperliche Aktivität durch bewegungsarme Freizeitaktivitäten, zum Beispiel Fernsehen und Computerspiele, und damit auch der Energie-Bedarf, ab [Jago et al., 2005; Ogden et al., 2007].

Der zu hohe Anteil an gesättigten und der zu niedrige Anteil an mehrfach ungesättigten **Fettsäuren** an der Gesamtfett-Zufuhr deuten auf eine zu hohe Zufuhr an tierischen Fetten hin. Vor allem durch die Verwendung von fettarmen bzw. -reduzierten Fleisch- und Milchprodukten kann die Zufuhr an tierischen Fetten deutlich vermindert werden [Alexy et al., 1999]. Als Streich- und Bratfette sollten vorwiegend pflanzliche Fette mit einer günstigen Fettsäuren-Verteilung, zum Beispiel Rapsöl, verwendet werden [Clausen, 2003].

Die niedrige **Ballaststoff**-Zufuhr kann vor allem auf das unzureichende Angebot an Vollkornprodukten zurückgeführt werden, da andere wichtige Ballaststoff-Lieferanten wie Gemüse, Rohkost, Salat und Obst relativ häufig gereicht werden.

Auf Grund von Lebensmittelskandalen wie beispielsweise der BSE-Krise und dem zum Teil beträchtlichen Anteil muslimischer Essensteilnehmer, wird in vielen Kindertagesstätten nur wenig oder kein Rind- und Schweinefleisch angeboten. Zusammen mit der niedrigen Zufuhr an eisenreichen Vollkornprodukten, kann dies zu einer mangelhaften **Eisen**-Zufuhr führen.

5.1.3 Einfluss von Träger, Verpflegungssystem und Kindertagesstätte auf die Nahrungsinhaltsstoff-Zufuhr

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass die Qualität der Mittagsverpflegung zwischen den teilnehmenden **Kindertagesstätten**, unabhängig vom Träger oder dem Verpflegungssystem, stark variiert. Den größten Einfluss auf die durchschnittliche Versorgung der Kinder hat offensichtlich die Kindertagesstätte selbst. Denn selbst wenn die Kindertagesstätte an ein bestimmtes Verpflegungssystem gebunden ist, entscheidet sie

- im Warmverpflegungssystem:
 - von welchem Lieferservice die Speisen bezogen werden
 - welche Speise ausgewählt wird, falls der Lieferservice mehrere Speisen pro Tag anbietet
- im Frischkostsystem:
 - welche Gerichte angeboten werden
 - von welchem Lieferanten die Rohwaren bezogen werden
 - wie die Rohwaren gelagert werden
 - wie die Speisen zubereitet werden
- im Mischküchensystem:
 - von welchem Tiefkühlkost-Anbieter die Speisen bezogen werden
 - welche Gerichte bestellt werden
 - mit welchen Komponenten die regenerierte Speise ergänzt wird.

Der **Träger** einer Kindertagesstätte nimmt kaum Einfluss auf die Speiseplan-Gestaltung der Kita. Zwar wird teilweise an die Kitas appelliert, sich an gebräuchlichen Empfehlungen wie beispielsweise der „Bremer Checkliste“ zu orientieren, die einzelnen Kindertagesstätten arbeiten in der Umsetzung der Empfehlungen jedoch weitestgehend autonom. Die hohe durchschnittliche Nährstoffdichte von Calcium in Kindertagesstätten von Wohlfahrtsverbänden kann deshalb nicht auf eine direkte Einflussnahme des Trägers zurückgeführt werden. Verantwortlich sind hierfür die einzelnen Kitas selbst.

Der Einfluss des **Verpflegungssystems** auf die ernährungsphysiologische Qualität der Mittagsverpflegung der Studien-Teilnehmer ist bei den meisten Nahrungsinhaltsstoffen nicht signifikant. Hinsichtlich der Fett-Zusammensetzung wurden jedoch deutliche Unterschiede festgestellt.

Gerade die trans-Fettsäuren-Zufuhr gibt Aufschluss über Qualitätsprobleme des verwendeten Fettes. Natürlich vorkommende trans-Fettsäuren entstehen durch bakterielle Umsetzung von ungesättigten Fettsäuren im Pansen von Wiederkäuern und sind folglich in geringen Mengen in Milchprodukten und im Fleisch von Wiederkäuern enthalten. Vor allem aber entstehen trans-Fettsäuren bei der industriellen Härtung von Pflanzenfetten und können vor allem in billiger Margarine, Back- und Frittierfetten in erheblichen Mengen vorkommen. Entscheidend für die

trans-Fettsäuren-Zufuhr sind jedoch nicht nur die Rohwaren, sondern auch die Zubereitung der Speisen. So entstehen trans-Fettsäuren ab Temperaturen von 130 °C auch bei der Erhitzung von Speisefetten mit einem hohen Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren [Petrides et al., 2003a; Elmadfa et al., 1998].

Die hohe trans-Fettsäuren-Zufuhr in Kindertagesstätten mit Warmverpflegungssystem deutet auf die häufige Verwendung von industriell gehärteten Streich- und Kochfetten bzw. von Fertigprodukten mit hohem Anteil gehärteter Fette hin.

In Kitas mit Warmverpflegungssystem wurden aber auch signifikant mehr n3-Fettsäuren zugeführt als in den anderen Verpflegungssystemen. n3-Fettsäuren sind in fettreichen Fischarten und in bestimmten Pflanzenölen, zum Beispiel Lein-, Walnuß- und Rapsöl, enthalten. Insgesamt wurde in sieben Kitas mit Warmverpflegungssystem, in drei mit Frischkostsystem und in fünf mit Mischküchensystem Fisch angeboten. Die hohe n3-Fettsäuren-Zufuhr in Kitas mit Warmverpflegungssystem ist dementsprechend nicht auf die Qualität des verwendeten Fettes, sondern auf die Lebensmittelauswahl zurückzuführen.

Insgesamt lässt sich sagen, dass

- die Nährstoffversorgung in Kindertagesstätten vor allem durch das Engagement und die Kompetenz des Personals geprägt wird und eine gut ausreichende Versorgung mit Nährstoffen unabhängig vom Träger oder dem Verpflegungssystem erreicht werden kann.
- der Tagesstätten-Träger in der Praxis kaum Einfluss auf die Versorgung der Kinder hat und daher eine Verbesserung der Ernährungssituation in Kitas nicht vom Träger abhängig ist.
- durch eine gezielte Rohstoff-Auswahl und eine optimierte Speisenplanung in allen Systemen die Soll-Werte erreicht werden können.

5.2 Einsatz von Schnellmethoden zur Beurteilung der ernährungsphysiologischen Qualität von zubereiteten Speisen

Die Nährstoffzusammensetzung von Lebensmitteln und zubereiteten Speisen bildet die Grundlage vieler Arbeitsgebiete der Ernährungswissenschaft. Aber auch in der

Lebensmittelindustrie, der Gemeinschaftsverpflegung und für den Endverbraucher ist die Inhaltsstoffzusammensetzung von Lebensmitteln und Speisen beispielsweise für die Produktkennzeichnung und die Erstellung von bedarfsgerechten Speisenplänen von großer Bedeutung.

Meist werden aus zeitlichen und finanziellen Gründen die Nährstoff-Gehalte für die genannten Zwecke rechnerisch anhand von Nährstoff-Datenbanken ermittelt. Ein großer Nachteil dieser Methode ist die mehr oder weniger deutliche Abweichung der Ergebniswerte vom wahren, also referenzanalytisch bestimmten Nährstoff-Gehalt. Kostengünstige labor-chemische Schnellmethoden können daher eine interessante Alternative darstellen.

Zur Beurteilung der Qualität einer Schnellmethode, müssen die damit ermittelten Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte den Ergebnissen einer referenzanalytischen Untersuchung des Probenmaterials gegenübergestellt werden. Daher sollen zunächst die Fehlerquellen der referenzanalytischen Bestimmung der Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte erörtert werden.

Bereits durch eine unsachgemäße Durchführung der Probennahme, des Transports oder der Lagerung des Probenmaterials kann es zu erheblichen Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung der Speisen kommen [Greenfield et al., 1992]. So fördern beispielsweise zu hohe Transport- und Lagerungstemperaturen Vitamin-Verluste und den Fettverderb. Auch die Anwesenheit von Sauerstoff kann zu deutlichen Veränderungen der Nahrungsinhaltsstoffe beitragen [Müller, 2006; Elmadfa, 1982; Bognár, 2006]. Um solche Fehlerquellen möglichst auszuschließen, wurden die für die vorliegende Arbeit engagierten Probennehmer bereits im Vorfeld genau über die Probennahme instruiert. Der Zeitpunkt der Probennahme wurde zeitnah zum Verzehr der Speisen gewählt. Die Speisenproben wurden gekühlt aufbewahrt und schnellstmöglich in die Versuchsstation Thalhausen gebracht, wo sie sofort homogenisiert, vakuumverpackt und bis zur Analyse gefrierkonserviert wurden.

Aber auch die labor-chemische Analyse der Speisenproben an sich beinhaltet eine Reihe von Fehlerquellen. So können beispielsweise Ungenauigkeiten beim Abwiegen, Pipettieren oder Ablesen, gerätetechnische Eigenschaften und Umwelteinflüsse wie Temperaturschwankungen oder elektromagnetische Felder zu

fehlerhaften Ergebnissen führen. Auch eine unzureichende Homogenisierung des Probenmaterials stellt bei der Quantifizierung von Nahrungsinhaltsstoffen eine nicht zu vernachlässigende Fehlerquelle dar [Hruschka, 2004; Greenfield, 1992].

Die Bioanalytik Weihenstephan ist ein nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 akkreditiertes Labor. Die Messgeräte werden dementsprechend regelmäßig geeicht und überprüft. Die in der Bioanalytik durchgeführten Referenzmethoden gehören zum Standardkatalog des Instituts und werden von geschulten Mitarbeitern nach festgelegten Methoden routiniert ausgeführt. Zudem wurden in der Regel Doppelbestimmungen durchgeführt. Der aus den Doppelbestimmungen resultierende Mittelwert musste innerhalb eines vorgegebenen Analysenspielraums (Anhang 21) liegen. War dies nicht der Fall, wurde die Analyse wiederholt. Zudem wurden alle Werte auf ihre Plausibilität hin überprüft. Die externen Untersuchungen auf Jod erfolgten in spezialisierten und ebenfalls akkreditierten Labors.

5.2.1 Nahinfrarot-basierte Schnellmethode

Die NIR-Spektroskopie hat infolge des technischen Fortschritts speziell auf dem EDV-Sektor seit rund 20 Jahren enorme Leistungssteigerungen erfahren.

5.2.1.1 Quantifizierung verschiedener Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte mittels NIRS

Grundsätzlich können die Makronährstoff-Gehalte in zubereiteten Speisen mittels NIRS recht gut quantifiziert werden. Die nahinfrarotspektroskopisch bestimmten Ballaststoff- und Asche-Gehalte können jedoch auf Grund der ermittelten Leistungsparameter nur als grobe Schätzwerte angesehen werden. Hier ist lediglich eine Einteilung in weiter gefasste Bereiche, zum Beispiel mit hoher, mittlerer oder niedriger Ballaststoff-Konzentration, möglich.

HRUSCHKA nennt drei Fehlerquellen bei der nahinfrarotspektroskopischen Bestimmung von Inhaltsstoff-Gehalten [Hruschka, 2004]:

- die nahinfrarotspektroskopische Methode an sich
- die Referenzmethode sowie
- die Probennahme und -vorbereitung.

Der Einfluss dieser Fehlerquellen auf die Quantifizierung von Nahrungsinhaltsstoff-Gehalten mittels NIRS soll im Folgenden diskutiert werden.

Grundlage für die nahinfrarot-basierte Messung von Nahrungsinhaltsstoff-Gehalten bildet die Kalibration, wobei die NIRS-Kalibrierung nie besser als die Referenzmethode sein kann, auf der sie beruht [Tillmann, 1996; de Boever et al., 1995; Lovett et al., 2005]. So können die Eiweiß-, Fett-, Zucker- und Stärke-Gehalte nass-chemisch mit großer Genauigkeit analysiert werden. Besonders die Bestimmung des Eiweiß-Gehaltes wird mit automatisierten Standardmethoden durchgeführt. Der Laborfehler ist hier sehr gering, was sich in der sehr guten Korrelation zwischen referenzanalytisch und nahinfrarotspektroskopisch bestimmten Protein-Gehalten widerspiegelt.

Mit der nahinfrarotspektroskopischen Messung werden teilweise andere Substanzen erfasst als mit der labor-chemischen Methode. So ist der Ballaststoff-Gehalt in Speisen auch schon nass-chemisch relativ schwer erfassbar, da es sich hier um eine Stoffgruppe mit sehr unterschiedlichen chemischen Eigenschaften handelt. Mit der in vorliegender Arbeit verwendeten referenzanalytischen Methode konnten beispielsweise lösliche Ballaststoffe nicht erfasst werden. Bei der Kalibration werden die nass-chemisch ermittelten Werte mit spektralen Daten verbunden. Vereinfacht gesagt, wird ein Zusammenhang zwischen referenzanalytisch bestimmten Ballaststoff-Gehalten und der Absorption verschiedener für Ballaststoffe typischer Molekül-Gruppen hergestellt. Ballaststoffe, welche mit der referenzanalytischen Methode nicht erfasst wurden, können aber gleiche Molekül-Gruppen wie die nass-chemisch analysierten Ballaststoffe enthalten und somit spektral erfasst werden. Die Folge sind Abweichungen zwischen referenzanalytisch und nahinfrarotspektroskopisch bestimmten Ballaststoff-Gehalten.

Auch bei der Bestimmung des Stärke- und Zucker-Gehaltes werden beispielsweise Oligosaccharide und Dickungsmittel nur nahinfrarotspektroskopisch, nicht jedoch nass-chemisch erfasst [Urban, 1996]. Es muss also noch in beiden Richtungen gearbeitet werden, um eine akzeptable Präzision und Reproduzierbarkeit bei der Ballaststoff-Bestimmung zu erreichen.

Die referenzanalytische Bestimmung des Eiweiß-Gehaltes, beruht auf der Erfassung des Stickstoff-Anteils der Speiseprobe. Anhand eines Faktors für gemischte Lebensmittel wird aus dem gemessenen Stickstoff-Anteil der Protein-Gehalt berechnet (Kap. 3.4.2). Die Protein-Zusammensetzung und damit auch der Stickstoff-Anteil variiert jedoch zwischen verschiedenen Speisen. Zudem wird nass-chemisch auch nicht proteingener Stickstoff, zum Beispiel aus Glutamat, erfasst [Urban, 1996]. Nahinfrarotspektroskopisch wird der Protein-Gehalt vor allem anhand der Absorption der NIR-Strahlung durch NH-Gruppen gemessen, was zu den Abweichungen zwischen den Bestimmungsmethoden beitragen kann [Hartmann, 1998].

VINES et al. beobachteten, dass die Abweichungen zwischen referenzanalytisch und nahinfrarotspektroskopisch bestimmten Werten mit abnehmendem Gehalt des gemessenen Inhaltsstoffes zunehmen [Vines et al., 2005]. Dies entspricht auch der bekannten Tatsache, dass mit der Reduktion einer Konzentration in den Bereich der methodisch bedingten Nachweisgrenze, der Fehler exponentiell zunimmt. Der Asche- und Ballaststoff-Gehalt ist in den meisten Speisen relativ gering, so dass von vornherein mit größeren Messabweichungen gerechnet werden muss.

Der Grund für die vergleichsweise schlechte Korrelation zwischen referenzanalytisch und nahinfrarotspektroskopisch bestimmten Asche-Gehalten liegt aber hauptsächlich im Messprinzip der NIRS. So wird NIR-Strahlung nur von organischen Substanzen, die zum Beispiel CH-, OH-, NH- und CO-Gruppen (Kap. 3.5.1.1) enthalten, absorbiert [de Boever et al., 1995; Büning-Pfaue, 2003]. Der Asche-Gehalt bei zubereiteten Speisen entspricht annähernd der Summe der Mineralstoffe (Kap. 3.4.10), absorbierende Molekül-Gruppen sind dementsprechend kaum vorhanden. Es ist vorstellbar, dass der Asche-Gehalt in zubereiteten Speisen mit einer anderen, detektierbaren Substanz korreliert. Die gemessene NIR-Strahlung wurde folglich nicht von den im Probenmaterial enthaltenen Mineralstoffen absorbiert, sondern wahrscheinlich von einem damit korrelierenden organischen Inhaltsstoff.

Zubereitete Speisen weisen sehr unterschiedliche Wasser-Gehalte auf. Wasser-Moleküle absorbieren auf Grund ihres Dipol-Charakters die NIR-Strahlung sehr stark, daher mussten die Proben vor der Messung getrocknet werden um eine Überlagerung der spektralen Information anderer Inhaltsstoffe zu verhindern [Haase,

2006]. LOVETT et al. zeigten, dass eine Trocknung bei 60 °C hinsichtlich der statistischen Kennwerte der Kalibration gegenüber einer Trocknung bei 100 °C deutliche Vorteile hat. Grund hierfür ist die Strukturänderung der Moleküle durch Hitze [Lovett et al., 2005].

Die im Vergleich zu Eiweiß, Fett und Stärke etwas schlechtere Korrelation der Zucker-Gehalte könnte teilweise auch auf die Trocknung für die nahinfrarotspektroskopische Messung zurückzuführen sein. Durch die trockene Hitze kommt es zu einer Verklumpung des Zuckers, wodurch möglicherweise die chemische Struktur und damit die nahinfrarotspektroskopische Quantifizierung beeinflusst wird. Zudem ließen sich stärker verklumpte und klebrige Proben nur schwer aus den Trocknungsschalen lösen und in einer Probenmühle pulverisieren. So wurde in anderen Studien eine deutliche Verbesserung der Kalibrationsleistungsparameter durch einen höheren Ausmahlungsgrad von getrockneten Proben festgestellt. Als Begründung wurde hierfür der Einfluss der Partikelgröße auf die Lichtstreuung während der NIR-Messung genannt [Lovett et al., 2005; Hruschka, 2004].

Problematisch war auch die Probenvorbereitung von sehr fetthaltigen Speisen, da das Fett während der Trocknung schmolz und sich anschließend nur schwer aus der Trocknungsschale entnehmen ließ. Offensichtlich konnte eine sorgfältig abgestimmte Arbeitsweise aber negative Einflüsse auf das Messergebnis verhindern.

Schwierig zu Messen waren auch sehr flüssige Speisen, zum Beispiel klare Suppen, da nach der Trocknung nur noch sehr wenig Material für die Messung zur Verfügung stand.

Nahinfrarotspektroskopisch überhaupt nicht messbar war beispielsweise Speiseeis mit Schokoladenüberzug, da hier auf Grund des hohen Fettgehaltes eine Umluft-Trocknung nicht möglich war. Das geschmolzene Fett sammelte sich an der Oberfläche und verhinderte so das Entweichen der Feuchtigkeit.

5.2.1.2 Vergleich der Qualität der entwickelten Kalibration mit den Ergebnissen anderer Studien

Bisher wurde die Nahinfrarotspektroskopie hauptsächlich zur Bestimmung verschiedener Inhaltsstoff-Gehalte in einer Vielzahl von ausgewählten Lebens- und

Futtermitteln⁴ verwendet. Die Untersuchung gemischter Substanzen gestaltet sich aber auf Grund der komplexen Zusammensetzung wesentlich schwieriger. So können Inhaltsstoffe miteinander in Wechselwirkung treten und allein dadurch die Lage der Absorptionsbanden mehr oder weniger deutlich beeinflussen [de Boever et al., 1995; Rudzik, 1993].

Die Qualität einer nahinfrarotspektroskopischen Methode lässt sich anhand von statistischen Validationskennwerten beurteilen. Im Folgenden werden die Ergebnisse verschiedener Studien, die sich mit zusammengesetzten Lebens- und Futtermitteln beschäftigen, anhand des Bestimmtheitsmaßes R^2 vorgestellt (Tab. 12) und im Vergleich zu den eigenen Ergebnissen diskutiert [de Boever et al., 1995; Urban, 1996].

Tab. 12: Vergleich des Bestimmtheitsmaßes R^2 als Leistungsparameter verschiedener Studien zur Bestimmung von Inhaltsstoff-Gehalten mittels NIRS

	KITZ Zubereitete Speisen (Einzelkomponenten)	URBAN Zubereitete Speisen (gesamte Menüs)	DE BOEVER Gemischtes Rinderfutter
Protein	0,98	0,98	0,96
Fett	0,97	0,98	0,95
Zucker	0,96	Kohlenhydrate: 0,96	-
Stärke	0,92		-
Ballaststoffe	0,57	-	0,92
Asche	0,68	-	0,51

Aus Tabelle 12 wird ersichtlich, dass für die nahinfrarotspektroskopisch und referenzanalytisch bestimmten Protein- und Fett-Gehalte auch bei anderen Studien vergleichsweise gute Zusammenhänge ermittelt werden konnten. Ähnliches gilt für den Zucker- und Stärke-Gehalt, den URBAN aufsummiert und als Kohlenhydrat-Gehalt kalibriert hat.

Bei der Bestimmung der Ballaststoff-Gehalte konnten DE BOEVER et al. deutlich bessere Zusammenhänge zwischen Labor- und NIR-Werten erzielen. Ein Grund hierfür ist vor allem in der einfacheren Zusammensetzung seines Probenmaterials zu

⁴ zum Beispiel Thunfisch, Kartoffeln, Futtermais, Rindfleisch, Fleischerzeugnisse, Getreide- und Käseprodukte, [Khodabux et al., 2007; Welle et al., 2003; Haase, 2006; Beck, 1992; Kohn, 1993; Hartmann, 1998; Oh, 1989; Vines et al., 2005]

sehen. Zur Gruppe der Ballaststoffe zählen eine Vielzahl von unterschiedlichen Substanzen, die labor-chemisch auch unterschiedlich gut erfasst werden können. Die in der vorliegenden Studie untersuchten Speisen enthalten sehr unterschiedliche Ballaststoff-Quellen, beispielsweise Obst, Gemüse und Vollkornprodukte. Im Rinderfutter sind dagegen ziemlich einheitlich nur Getreide- und Graskomponenten als Ballaststofflieferanten enthalten. Vor allem die in Früchten vorkommenden Pektine lassen sich referenzanalytisch nur schwierig erfassen, was zu den vorliegenden Abweichungen zwischen den Labor- und NIR-Werten beitragen kann. Die referenzanalytische Bestimmung des Ballaststoff-Gehaltes ist da bei gemischtem Rinderfutter wesentlich einfacher.

Die Quantifizierung des Asche-Gehaltes mittels NIRS konnte weder bei DE BOEVER et al. noch in der vorliegenden Studie zufrieden stellend gelöst werden.

5.2.2 Photochemolumineszenz-Methode

Zwischen den ermittelten Vitamin C- und ACW-Gehalten konnte statistisch nur ein geringer Zusammenhang festgestellt werden. Eine genaue Abschätzung der Vitamin C-Gehalte in zubereiteten Speisen ist folglich anhand der PCL-Schnellmethode kaum möglich.

In der vorliegenden Studie zeigte sich auch, dass Speisenproben mit sehr niedrigem Vitamin C-Gehalt sehr hohe ACW-Werte aufweisen können. Offensichtlich waren in diesen Proben weitere Antioxidantien enthalten, welche dann zu den hohen ACW-Messwerten beitrugen.

In der wässrigen Phase zeigen neben Vitamin C vor allem sekundäre Pflanzenstoffe antioxidative Wirkungen. Einen großen Teil der antioxidativ wirksamen sekundären Pflanzenstoffe bilden die Polyphenole [Zhang et al., 2004; Toor et al.; 2005; Miller et al., 1996]. Des Weiteren tragen auch Protease-Inhibitoren, Phytoöstrogene, Sulfide und Phytinsäure zur antioxidativen Kapazität bei [Deutsche Gesellschaft für Ernährung, 2006].

Die in der Nahrung am häufigsten vorkommenden Polyphenole sind Flavonoide und Phenolsäuren. Flavonoide sind gelbe, leuchtend rote, violette und blaue Pflanzenfarbstoffe. Folglich sind Flavonoide vor allem in den Randschichten von Blaukraut, Radieschen, roten Zwiebeln und Salaten, Auberginen, roten Kirschen,

Äpfeln, Pflaumen, Pfirsichen und Paprika enthalten [AID, 2004a; Watzl et al., 2001a]. LINSEISEN et al. stellten fest, dass Erwachsene in einem bayerischen Teilkollektiv der Nationalen Verzehrsstudie Flavonoide hauptsächlich durch den Verzehr von Obst und -produkten zuführten. Zudem konnte auch ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Vitamin C- und der Flavonoid-Zufuhr nachgewiesen werden [Linseisen et al., 1997a]. Phenolsäuren sind Gerb-, Bitter- und Scharfstoffe und kommen beispielsweise in Erdbeeren, Walnüssen, Vollkorngetreide und Trauben vor [AID, 2004a; Watzl et al., 2001b]. In einem Teilkollektiv der Nationalen Verzehrsstudie nahmen Erwachsene Phenolsäuren vor allem durch Kaffee, Wein, Obst und Obstprodukte auf [Radtke et al., 1998].

Protease-Inhibitoren und Phytoöstrogene sind hauptsächlich in Getreide, Sojabohnen, Erbsen, Linsen, Bohnen, Kartoffeln und Leinsamen enthalten, dagegen finden sich schwefelhaltige Sulfide vorwiegend in Lauchgewächsen wie Knoblauch, Zwiebeln und Schnittlauch [AID, 2004a].

Neben den natürlich vorkommenden Antioxidantien können in Speisen auch synthetisch hergestellte Zusatzstoffe mit antioxidativer Wirkung enthalten sein. Die bedeutendsten wasserlöslichen Zusatzstoffe sind Ascorbinsäure (E 300) und deren Derivate, zum Beispiel Natriumascorbat (E 301), Calciumascorbat (E 302) und Isoascorbinsäure (E 315) [Kranl et al., 2005]. Ascorbinsäure wird vor allem als Umrötungshilfsmittel und Konservierungsstoff in der fleischverarbeitenden Industrie eingesetzt. Zugesezte Ascorbinsäure wird bei der referenzanalytischen Bestimmung des Vitamin C-Gehaltes erfasst. Des Weiteren werden Schwefeldioxid und Salze der schwefligen Säure (E 220 - E 228) beispielsweise Trockenfrüchten, Kartoffelgerichten, Fruchtsäften und Marmelade zugesetzt. Phosphate (E 339 - E341, E450 - E452) können beispielsweise in Cola-Getränken, Milch und Schmelzkäse enthalten sein [AID, 1999].

Niedrige Vitamin C-Gehalte in Verbindung mit hohen ACW-Werten sind hauptsächlich bei stark farbigen Speisenproben wie Blaukraut, Feldsalat, verschiedenen Apfelprodukten, Kirschen, Nektarinen und Roter Beete zu finden (Anhang 22). Zugesezte Antioxidantien, Protease-Inhibitoren und Phytoöstrogene sind in diesen Speisen kaum enthalten, somit hat neben Vitamin C die Gruppe der Flavonoide offensichtlich den größten Anteil am antioxidativen Potential dieser Proben in wässriger Phase [Franke et al.; 2004].

Eine Aufteilung des Datensatzes in polyphenolarme und -reiche Speisen führte zu keiner Verbesserung des Zusammenhangs zwischen Vitamin C- und ACW-Gehalt. Grund hierfür dürfte die inhomogene Zusammensetzung der Speisen sein. So sind in vielen Gerichten gleichzeitig polyphenolarme und auch polyphenolreiche Komponenten enthalten, so dass sich eine eindeutige Zuordnung der verschiedenen Speisen doch recht schwierig gestaltet.

Einen weiteren Grund für deutlich höhere ACW-Werte könnten synergistische Effekte, beispielsweise zwischen Polyphenolen und Vitamin C oder zwischen verschiedenen Polyphenolen, darstellen [Rechner, 2000; Miller et al., 1996; Franke et al., 2004].

RECHNER untersuchte den Anteil von Vitamin C an der gesamten antioxidativen Kapazität von Orangen-, Apfel- und schwarzem Johannisbeersaft. Der Apfelsaft enthielt dabei zugesetzte Ascorbinsäure. Es zeigte sich, dass die antioxidative Kapazität bei Orangensaft mit durchschnittlich 93,7 % fast vollständig auf den Vitamin C-Gehalt zurückgeführt werden kann. Im Apfelsaft schwankte der Vitamin C-Anteil zum Teil erheblich (15-55 %). Beim schwarzen Johannisbeersaft lag der Vitamin C-Anteil an der antioxidativen Kapazität lediglich bei durchschnittlich 16,3 %. Wahrscheinlich machte der hohe Polyphenol-Gehalt schwarzer Johannisbeeren hier den Hauptanteil der antioxidativen Kapazität aus [Rechner, 2000].

5.2.3 Nutzung von Nährstoff-Datenbanken

Die Verwendung von Nährstoffdatenbanken zur rechnerischen Bestimmung von Inhaltsstoffgehalten hat eine lange Tradition. Durch ständige Pflege und Erweiterung wurden im Laufe der Jahre erhebliche Verbesserungen erzielt. Trotzdem gibt es immer noch eine Reihe von Problemstellen, angefangen von der Vielzahl unterschiedlicher nationaler und internationaler Datenbanken bis zur Tatsache, dass sich für ein und denselben Rohstoff je nach Basisanalytik und Ausgangsmaterial sehr unterschiedliche Nährwertangaben finden lassen. Diese und weitere Problemstellen sollen im Folgenden diskutiert werden.

5.2.3.1 Qualität der Bestimmung verschiedener Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte mittels Nährstoff-Datenbanken

Anhand von Nährstoff-Datenbanken berechnete Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte können aus verschiedenen Gründen vom labor-chemisch ermittelten Vergleichswert abweichen. Zunächst können stärkere Schwankungen im Rohmaterial und Ungenauigkeiten in der referenzanalytischen Untersuchung nicht ausgeschlossen werden (s. o.). Eine weitere Fehlerquelle stellt die Art der Berechnung der Inhaltsstoff-Gehalte anhand der Nährstoff-Datenbank dar. Letztendlich entstehen Abweichungen auch dadurch, dass auf Grund von unterschiedlich generierten Daten keine einheitliche Vergleichsbasis vorhanden ist.

5.2.3.1.1 Fehlerquellen der Berechnung

Zutatenlisten

Zur Berechnung der Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte in zubereiteten Speisen benötigt man detaillierte Angaben über die verwendeten Zutaten. Die von den Küchen ausgefüllten Zutatenlisten bildeten folglich die Grundlage für die Eingabe der Daten in die Ernährungssoftware. Aus diesem Grund wurde den an der Studie teilnehmenden Küchen neben den Zutatenlisten (Anhang 4) auch eine schriftliche Anleitung zum Ausfüllen der Zutatenlisten (Anhang 6) mitgegeben. Zusätzlich wurde in einem persönlichen Gespräch mit der Kindertagesstätten- oder Küchenleitung auf die Relevanz der sorgfältigen Bearbeitung der Zutatenlisten hingewiesen. Trotz dieser Maßnahmen im Vorfeld der Studie wurden die Zutatenlisten nicht immer mit der notwendigen Sorgfalt ausgefüllt. So wurden Zutaten zum Beispiel im Hinblick auf die Fett-Gehaltsstufe, die Sorte oder die Mineralstoff-Anreicherungen nicht ausreichend genau beschrieben. Vor allem bei Zutaten wie Würzmitteln, welche nur in geringen Mengen zugesetzt wurden, sind die Mengenangaben kritisch zu bewerten. Ein Abwiegen gestaltet sich relativ schwierig und es mussten häufig gröbere Schätzwerte angenommen werden. In machen Fällen wurden überhaupt keine Angaben zur Rezeptur gemacht. Fehlende Angaben wurden für die Berechnung deshalb mit bereits in der Datenbank vorhandenen Lebensmitteln bzw. mit Vergleichsspeisen ersetzt.

Um die Auswirkung mangelhafter Zutatenlisten auf die Kalkulation der Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte beurteilen zu können, wurde in der vorliegenden Arbeit

eine zusätzliche Aufteilung des Datensatzes in „gut berechenbare“ und „Vergleichsspeisen“ vorgenommen (Kap. 2).

Insgesamt konnten bei den „gut berechenbaren Speisen“ weniger signifikante Unterschiede zwischen analysierten und berechneten Werten ermittelt werden als bei den „Vergleichsspeisen“. Erwartungsgemäß ergab die Kalkulation von detailliert ausgefüllten Zutatenlisten wesentlich bessere Zusammenhänge zwischen den Bestimmungsmethoden.

Bei den „Vergleichsspeisen“ waren die Unterschiede zwischen analysierten und berechneten Werten für die Parameter Eiweiß, Fett, Kohlenhydrate, Zucker, Stärke, Energie, Wasser, Ballaststoffe, Calcium und die n6-Fettsäuren nicht signifikant. Diese Parameter konnten also trotz unvollständig ausgefüllter Zutatenlisten relativ gut berechnet werden. Die ausgewählten Vergleichslebensmittel und -speisen waren folglich den tatsächlich bei der Zubereitung verwendeten Zutaten bzw. den zubereiteten Speisen in Bezug auf diese Inhaltsstoff-Gehalte sehr ähnlich. Auffällig ist, dass es sich hier hauptsächlich um Makronährstoffe handelte. Bei der Auswahl der Vergleichslebensmittel und -speisen aus der Datenbank orientierte sich der Datenbank-Anwender offensichtlich sehr stark an der Makronährstoff-Zusammensetzung.

Nährstoff-Datenbank

Es kommen ständig neue Produkte auf den Lebensmittelmarkt [Greenfield et al., 1992; Ovaskainen et al., 1996; Sichert-Hellert et al., 2007]. So hat in den letzten Jahren die Palette an Light- und Fertigprodukten enorm zugenommen. Der Bundeslebensmittelschlüssel (BLS) wird zwar in regelmäßigen Abständen überarbeitet und aktualisiert, die enorme Produktvielfalt kann jedoch nie vollständig erfasst werden. Auch Markenprodukte, regionale Spezialitäten und fremdländische Speisen können kaum vollständig in die Lebensmitteldatenbanken eingepflegt werden [Winkler et al., 1991; Greenfield et al., 1992]. Verwendete Zutaten und Speisen, die im BLS nicht enthalten sind, müssen deshalb bei der Berechnung ebenso wie fehlende Angaben in der Zutatenliste durch möglichst ähnliche Lebensmittel und Speisen ersetzt werden. Die Bewertung der Inhaltstoffe kann sich also bei Standardlebensmitteln in relativ engen Grenzen bewegen, während sie bei neuen oder seltenen Lebensmitteln oft mit erheblichen Unsicherheiten behaftet ist.

Neben der sich ständig verändernden Marktsituation unterliegen auch Lebensmittel per se Veränderungen. So wurde in der BLS Version 2.3 der Fett-Gehalt verschiedener Lebensmittel, vor allem bei Wurst- und Fleischwaren, auf Grund neuerer Analyseergebnisse zum Teil deutlich reduziert. Die Gründe für den nunmehr niedrigeren Fett-Gehalt liegen in den veränderten Produktionsbedingungen, Fleischzuschnitten oder Rezepturen [Lührmann et al., 2002; Greenfield et al., 1992]. GNAGNARELLA et al. begründen die veränderte Lebensmittelzusammensetzung speziell von Fleisch, Milch und Milchprodukten mit neueren Züchtungsmethoden, veränderten Anbaumethoden bei der Futtergewinnung sowie Innovationen und weiteren Änderungen bei der Lebensmittelverarbeitung. Beispielsweise führen die bei modernen Schweinerassen sehr niedrigen Gehalte an intramuskulärem Fett zu einer Erhöhung des Anteils an mehrfach ungesättigten Fettsäuren [Gnagnarella et al., 2004].

Lebensmittelinhaltsstoff-Gehalte können aber auch erheblichen natürlichen Schwankungen unterliegen, weshalb die Gehaltsangaben in Nährstoff-Datenbanken nie die exakte Zusammensetzung jedes einzelnen Lebensmittels darstellen können [Greenfield et al., 1992]. So ist der Nährstoff-Gehalt pflanzlicher Produkte, wie Gemüse, Obst, Kartoffeln und Getreide, stark von der Sorte, dem Reifegrad, den klimatischen Bedingungen während des Wachstums, dem Boden, der Düngung, der Anbauform, dem Nachernteverhalten, dem Transport und der Lagerung abhängig [Ehrentreich, 2005]. Für zubereitete Speisen spielen zusätzlich auch die Vorbereitung der Zutaten (zum Beispiel Schälen, Waschen, Zerkleinern) und die Art der Zubereitung oder das verwendete Garverfahren eine wichtige Rolle [Brehme, 1994; AID, 1995]. In der Literatur wird bei pflanzlichen Produkten vor allem der Einfluss der genannten Faktoren auf den Vitamin- und Mineralstoff-Gehalt beschrieben [Deutsche Gesellschaft für Ernährung, 2004; Gahler et al., 2003; Kienzl-Plochberger et al., 1999; AID, 1988; Bognár et al., 2000; AID, 2004b].

Die Zusammensetzung tierischer Lebensmittel, zum Beispiel Fleisch, Eier, Milch und Milchprodukte, wird vor allem durch Fütterung, Haltung, Rasse und Geschlecht der verschiedenen Tierarten beeinflusst [Reichardt, 2007; Florian, 2005]. Ebenso wie bei pflanzlichen Lebensmitteln kann die Art der Zubereitung auch bei tierischen Produkten ein Grund für die Diskrepanz zwischen den in der Datenbank enthaltenen und den referenzanalytisch ermittelten Werte sein. In Lebensmitteln tierischer

Herkunft verursachen die genannten Faktoren vor allem Schwankungen im Fett- und Eiweiß-Gehalt sowie im Fettsäuremuster [Flachowsky, 2007; Florian, 2005; Reichardt et al., 2007; AID, 1988].

Eine vollständige Erfassung dieser Vielzahl von Faktoren ist in Datenbanken nicht möglich und auch nicht sinnvoll, denn die meisten dieser Informationen, beispielsweise über Düngung oder Fütterung, stehen auch dem Datenbank-Nutzer nicht zur Verfügung. Verarbeitungs- und Zubereitungsverluste können im Bundeslebensmittelschlüssel zwar berücksichtigt werden, sind aber abhängig vom Ausgangsgehalt an Nahrungsinhaltsstoffen, welche wiederum nur in relativ weiten Grenzen infolge unterschiedlicher Lager-, Transport- und Garbedingungen angegeben werden können. Die Inhaltsstoff-Gehalte in den Nährstoff-Datenbanken stellen also lediglich Mittelwerte dar. Die Abweichungen zwischen berechneten und analysierten Werten, die auf Grund dieser Pauschalisierung entstehen, können jedoch beträchtlich sein.

Rasante Fortschritte im Bereich der nass-chemischen Analytik ermöglichen auf dem Gebiet der Vitamin- und Mineralstoff-Gehalts-Bestimmung eine immer bessere Auftrennung und Identifizierung von Substanzen [Ehrentreich, 2005; Anderson, 2004]. Die in den Nährstoff-Datenbanken enthaltenen Werte können demnach durch unterschiedliche Analysen-Methoden zustande kommen, woraus weitere Abweichungen zwischen berechneten und referenzanalytisch ermittelten Nahrungsinhaltsstoff-Gehalten erwachsen können [Greenfield et al., 1992].

LINSEISEN et al. führten einen Vergleich zwischen den Nährstoff-Datenbanken „modifizierter Souci Fachmann Kraut“ (mSFK) 1986/87, „BLS Version 2.1“ und „BLS Version 2.2“ durch. Die meisten ermittelten Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte unterschieden sich sowohl zwischen mSFK und BLS sowie zwischen den beiden Versionen des BLS statistisch signifikant voneinander. Die größten Abweichungen konnten bei Vitaminen, Spurenelementen und Ballaststoffen festgestellt werden [Linseisen et al., 1997b].

Ein Vergleich der BLS Version 2.2 mit der Version 2.3 wurde von LÜHRMANN et al. durchgeführt. Bei fast allen berechneten Nährstoff-Gehalten konnten signifikante Unterschiede zwischen den beiden BLS Versionen festgestellt werden. Die größte Diskrepanz wurde bei den Vitamin D-Gehalten ermittelt [Lührmann et al., 2002].

Insgesamt kann festgestellt werden, dass der Daten-Umfang und die Aktualität der verwendeten Nährstoff-Datenbank einen erheblichen Einfluss auf die Genauigkeit der Berechnung hat.

5.2.3.1.2 Fehlerquellen beim Vergleich der berechneten mit den labor-chemisch ermittelten Daten

Bei der Bestimmung von Nahrungsinhaltsstoff-Gehalten stehen häufig für den gleichen Parameter unterschiedliche Analysenmethoden zur Verfügung. Die Methoden unterscheiden sich dabei zum Teil erheblich in Spezifität, Genauigkeit, Reproduzierbarkeit und Empfindlichkeit [Greenfield et al., 1992]. Beispielsweise kann der Vitamin C-Gehalt in Speisen titrimetrisch (nach TILLMAN), enzymatisch, spektrophotometrisch oder chromatographisch mittels HPLC bestimmt werden [Friedrich, 1987; Hanck et al., 1997]. Je nach verwendeter Methode können die ermittelten Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte deutlich variieren. Wurden die Daten im Bundeslebensmittelschlüssel mit anderen Analysemethoden generiert als die referenzanalytisch bestimmten Inhaltsstoff-Gehalte, können daraus erhebliche Abweichungen resultieren [Arnold et al., 2000].

5.2.3.2 Beurteilung der eigenen Ergebnisse und Vergleich mit den Ergebnissen anderer Studien

Die statistische Auswertung ergab für die berechneten und referenzanalytisch untersuchten Energie-, Makronährstoff- und Calcium-Gehalte eine gute Übereinstimmung. JOST et al. verglichen anhand des BLS II.2 berechnete und referenzanalytisch bestimmte Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte in zubereiteten Speisen und kamen zu ähnlichen Ergebnissen [Jost et al., 1998]. Vergleichbare Ergebnisse hinsichtlich der Energie- und Makronährstoff-Gehalte konnten auch in verschiedenen anderen Studien belegt werden [Sakurai et al., 2008; Vasilopoulou et al., 2003; Bognár et al., 2000]. ZWIAUER et al. stellten hingegen eine deutliche Überschätzung der Energie- und Makronährstoff-Gehalte durch deren Berechnung fest [Zwiauwer et al., 1988].

Die Energie-, Makronährstoff- und Calcium-Gehalte konnten auch in den „Vergleichsspeisen“ relativ gut anhand von Nährstoff-Datenbanken ermittelt werden (Kap. 5.2.3.1.1). Unvollständig ausgefüllte Zutatenlisten und neuartige Lebensmittel,

die in der Datenbank nicht vorhanden waren, hatten folglich kaum einen negativen Einfluss auf die Genauigkeit der Berechnung dieser Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte.

Die in der Datenbank enthaltenen Angaben stimmten offensichtlich gut mit den tatsächlichen Werten überein. Dies liegt unter anderem daran, dass die natürlichen Schwankungen der Makronährstoff- und Calcium-Gehalte im Vergleich zu ihrem absoluten Gehalt im Lebensmittel relativ gering sind.

Für die Bestimmung der Makronährstoffe existieren in der nass-chemischen Analytik gesicherte Standard-Methoden, zum Beispiel die Bestimmung des Eiweiß-Gehaltes nach KJELDAHL und die Soxhlet-Extraktion bei der Fett-Analytik. Es ist deshalb sehr wahrscheinlich, dass die Werte in der Nährstoff-Datenbank mit denselben Methoden wie die Analyseergebnisse der vorliegenden Arbeit generiert worden sind. Interessant war vor allem die gute Übereinstimmung der berechneten und referenzanalytisch ermittelten Energie-Gehalte. Im Bundeslebensmittelschlüssel wird der Energie-Gehalt der Speisen aus den in der Datenbank abgelegten Eiweiß-, Fett- und Kohlenhydrat-Gehalten errechnet. Im referenzanalytischen Teil der Arbeit wurde der Energie-Gehalt aus den nass-chemisch bestimmten Eiweiß-, Fett-, Kohlenhydrat- und Ballaststoff-Gehalt summiert. Offensichtlich hatte die Berücksichtigung des Ballaststoff-Gehalts bei der referenzanalytischen Bestimmung keinen ausschlaggebenden Einfluss auf die Berechnung des gesamten Energie-Gehalts.

Keine guten Übereinstimmungen ergaben die statistische Auswertungen zwischen den referenzanalytisch bestimmten und berechneten Ballaststoff-, Asche-, Eisen-, Jod-, Vitamin C- und Fettsäure-Gehalten. JOST et al. und VASILOPOULOU et al. stellten ebenfalls eine schlechte Übereinstimmung zwischen berechneten und im Labor analysierten Ballaststoff-Gehalten fest [Jost et al., 1998; Vasilopoulou et al., 2003]. Deutliche Abweichungen zwischen Mineralstoffen beschreiben SAKURAI et al. [Sakurai et al., 2008].

Ungenau ausgefüllte Zutatenlisten tragen zu deutlich schlechteren Übereinstimmungen im Bereich der Ballaststoff-, Mineralstoff-, Vitamin- und Fettsäure-Gehalte bei.

Ein Hauptgrund für die großen Abweichungen zwischen den Bestimmungsmethoden ist vor allem beim Fettsäuren-, Mineralstoff- und Vitamin-Gehalt in den hohen natürlichen Schwankungen dieser Inhaltsstoffe in Lebensmitteln zu sehen. Auch

Lagerungs-, Verarbeitungs- und Zubereitungsverluste dürften hier zu einer weiteren Steigerung der Varianz beitragen.

Der technische Fortschritt im Bereich der nass-chemischen Analytik ermöglicht besonders bei Fettsäuren, Mineralstoffen und Vitaminen bessere Bestimmungsmethoden mit niedrigeren Nachweisgrenzen. Da diese Inhaltsstoffe in Lebensmitteln grundsätzlich nur in sehr geringen Konzentrationen vorkommen, können die Abweichungen zwischen neuen und älteren Angaben ganz erheblich sein.

Die Verwendung unterschiedlicher Analysenmethoden stellt auch bei der Bestimmung der Ballaststoff-Gehalte eine bedeutende Fehlerquelle dar [Jost et al., 1998]. So umfasst der mit dem Bundeslebensmittelschlüssel ermittelte Ballaststoff-Gehalt alle Cellulosen, Nicht-Cellulosen und Lignin [Boeing, 2001]. In der vorliegenden Arbeit wurde der Ballaststoff-Gehalt nach der Weender-Analyse bestimmt (Kap. 3.4.8). Erfasst wurden dabei hauptsächlich Cellulosen, unlösliche Hemicellulosen und Lignin.

5.2.4 Einsatz der Schnellmethoden im Vergleich

Zur einfachen Berechnung von Nährwertgehalten anhand von Nährstoff-Datenbanken wird keine Laborausstattung benötigt, die Berechnungen können auch von angelerntem Personal durchgeführt werden und es können in kürzester Zeit sehr große Datenmengen erzeugt werden [Faustin, 2002].

Nachteilig ist die bereits angesprochene Vielzahl von Fehlerquellen (Kap. 5.2.3) die zwangsläufig zu Ungenauigkeiten bei der Berechnung von Inhaltsstoff-Gehalten führen.

Vorteile der nahinfrarot-basierten Schnellmethode im Vergleich zu nass-chemischen Standardmethoden sind die Schnelligkeit, der Verzicht auf Chemikalien, die zerstörungsfreie Analytik, die minimale Probenvorbereitung und die einfache Handhabung des Gerätes. So beträgt die reine Messdauer der Probe lediglich 1-2 Minuten, wobei alle Gehalte der in der Kalibration enthaltenen Nahrungsinhaltsstoffe gleichzeitig gemessen werden. Die unkomplizierte Aufbereitung und Messung des Probenmaterials und die automatisch ablaufende Messung (Kap. 3.5.1.3) ermöglichen eine sehr gute Reproduzierbarkeit. Zudem ergibt sich aus der einfachen Vorbereitung und der kurzen Messdauer auch ein sehr hoher Probendurchsatz.

Nachteilig ist der hohe Aufwand für die individuelle Kalibrationsentwicklung. Zudem muss die bestehende Kalibration gepflegt und regelmäßig überprüft werden. Ein weiterer Nachteil ist, dass Inhaltsstoff-Gehalte von weniger als 0,1 % nahinfrarotspektroskopisch nicht bestimmt werden können. Anorganische Substanzen können ebenfalls nur bedingt gemessen werden [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, 1993; de Boever et al., 1995; Büning-Pfaue et al., 2000].

Die nahinfrarot-basierte Schnellmethode sowie die Nutzung von Nährstoff-Datenbanken stellen geeignete Alternativen zur nass-chemischen Quantifizierung einiger Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte dar. Vor allem die Makronährstoff-Gehalte können mit beiden Methoden relativ gut bestimmt werden, wobei aber die nahinfrarot-basierte Schnellmethode der Berechnung anhand von Datenbanken deutlich überlegen ist. Die Bestimmung der Mikronährstoff-Gehalte ist bei beiden Verfahren mit größeren Ungenauigkeiten behaftet. Sofern man hier auf genauere Ergebnisse angewiesen ist, sollten diese Inhaltsstoff-Gehalte deshalb nass-chemisch bestimmt werden.

6 Zusammenfassung

Bundesweit werden wenigstens eine Million Kinder zwischen drei und vierzehn Jahren mittags in einer Kindertagesstätte (Kita) verpflegt. Kitas haben somit die Möglichkeit, Kinder an eine physiologisch wertvolle Ernährungsweise heranzuführen und einen erheblichen Beitrag zur Prävention ernährungsbedingter Krankheiten zu leisten.

Es war Ziel der vorliegenden Arbeit, die ernährungsphysiologische Qualität der Mittagsverpflegung von Kindertagesstätten anhand einer repräsentativen Stichprobe festzustellen und daraus abgeleitete Möglichkeiten zur Qualitätskontrolle aufzuzeigen.

Dazu wurden nach einheitlichen Kriterien 30 Münchner Kindertagesstätten ausgewählt. In jeder Kita wurden an fünf Tagen Proben der Mittagsmenüs gezogen. Die Nahrungsinhaltsstoff-Gehalte der verschiedenen Speisekomponenten wurden sodann nass-chemisch bestimmt.

Im Hinblick auf eine schnelle und kostengünstige Kontrolle der Nahrungszusammensetzung kamen parallel zu den chemisch analytischen Standardmethoden folgende Schnellmethoden zum Einsatz:

- Nahinfrarot-basierte Spektroskopie als Universalmethode,
- Messungen der antioxidativen Kapazität mit dem Photochem[®], und die
- Berechnung der Inhaltsstoff-Gehalte mittels Bundeslebensmittelschlüssel (BLS).

Die Bewertung der ernährungsphysiologischen Qualität der Mahlzeiten erfolgte über einen Ist-Soll-Vergleich. Die Beurteilung der verschiedenen Schnellmethoden erfolgte durch direkte Vergleiche der gemessenen Parameter mit den nass-chemisch analysierten Referenz-Werten. Zur Berechnung der statistischen Kenngrößen wurde das Programmpaket SPSS, Version 15, verwendet.

Aus den laborchemischen Untersuchungen von Speiseproben sämtlicher in die Untersuchungen einbezogenen Kindertagesstätten ergaben sich folgende Ergebnisse:

- Die Zufuhr an Energie und mehrfach ungesättigten Fettsäuren musste als relativ zu niedrig eingestuft werden.
- Der Mindest-Wert für die Ballaststoff- und Eisen-Zufuhr wurde nicht erreicht.
- Im Soll-Bereich lag dagegen die Eiweiß-, Kohlenhydrat- und Fett-Zufuhr sowie der Anteil an einfach ungesättigten Fettsäuren an der Gesamtfett-Zufuhr.
- Als befriedigend eingestuft wurde für die meisten Kitas auch die Calcium-, Jod- und Vitamin C-Zufuhr
- Das zugeführte Fett bestand anteilig aus zu viel gesättigten Fettsäuren.

Die ernährungsphysiologische Qualität der Mittagsverpflegung variierte erheblich zwischen den 30 Kitas, jedoch unabhängig vom Träger oder Verpflegungssystem. Für die Praxis bedeutet dies, dass die optimale Nährstoffversorgung in den Kitas fast ausschließlich vom Wissen und Engagement des Personals der Tagesstätten abhängig ist.

Der Vergleich verschiedener Methoden zur schnellen und kostengünstigen Bestimmung von Nährwerten verzehrfertiger Speisen resultierte in den folgenden Aussagen:

- Die Gehalte an Protein, Fett, Stärke und Zucker können in zubereiteten Speisen gut mittels einer nahinfrarot (NIR)-basierten Schnellmethode bestimmt werden.
- Die NIR-Methodik ist nur bedingt geeignet zur Bestimmung des Ballaststoff- und Asche-Gehaltes.
- Die Photochemolumineszenz-Methodik bietet keine Alternative zur referenzanalytischen Bestimmung des Vitamin C-Gehaltes in zubereiteten Speisen.

- Die Kohlenhydrat- und Stärke-Gehalte von zubereiteten Speisen können relativ gut anhand des Bundeslebensmittelschlüssels (BLS) berechnet werden.
- Bei geringeren Ansprüchen an die Genauigkeit ist eine Berechnung der Protein-, Fett-, Zucker-, Energie- und Calcium-Gehalte mittels BLS akzeptabel.
- Die rechnerische Bestimmung der Vitamin C-, Eisen-, Jod-, Ballaststoff- und Fettsäuren-Gehalte ist selbst für durchschnittliche Ansprüche zu ungenau.

7 Summary

In Germany, at least one million children between the ages of three and fourteen eat lunches in day-care facilities. Thus, day-care centres have the unique opportunity to introduce children to a physiological valuable diet and are therefore in the position to help prevent diet-related diseases.

The aim of this study was to evaluate the nutritional value of lunches in day-care centres based on representative samples and to identify various possibilities for an efficient quality control.

30 day-care centres located in Munich were chosen according to standard requirements. In each day-care centre, meal samples were taken at lunch over five days. Various nutritive ingredients in different meal components were examined using official chemical methods.

In addition, the following fast and cost-saving methods were used to determine the quality of the food in prepared meals:

- near infrared based spectroscopy as a general purpose method,
- the measurement of the anti oxidative potential via photochemoluminescence with the Photochem[®]
- the calculation of the nutritive ingredients using the German food code and nutrient data base (BLS).

The evaluation of the nutritive quality of meals was carried out by a target-performance comparison. Evaluation of the different fast methods was carried out by direct comparison of the measured parameters with the results of the official chemical analysis. Statistical parameters were calculated using the software package SPSS, version 15.

The official laboratory results of all samples in this study provided the following results:

- the intake of energy and polyunsaturated fatty acids was calculated to be too low for lunch meals,

-
- the minimum requirements for the intake of crude fiber and iron were not fulfilled,
 - protein-, carbohydrate- and fat-intake as well as the intake of mono-unsaturated fatty acids were well within recommended ranges,
 - the intake of iodine, ascorbic acid and calcium in most day-care-centres was also calculated to be within an acceptable range,
 - proportionately to the fat-intake, the intake of saturated fatty acids was calculated to be too high.

Nutritive quality of meals varied considerably within the 30 day-care centres, independent from the holder or the food preparation system (freshly cooked, prepared frozen from the state, mixed).

In conclusion, the quality of the lunch meals of day-care centres is almost completely dependent upon the knowledge and the dedication of the staff at the day-care centres.

Comparisons of different methods for fast and cost-saving determinations of nutrients in prepared meals gave the following results:

- The analysis of protein-, fat-, starch- and sugar-contents in prepared food by near infrared (NIR) based spectroscopy works is very reliable and precise.
- The evaluation of the contents of crude fiber and minerals, the value of the NIR measurements are rather limited.
- The photochemoluminescence-method offers no alternative to the official analytical determination of ascorbic acid in prepared food.
- Carbohydrate- and starch-components of prepared food can be precisely calculated using the German food code and nutrient database (BLS).
- If the requirements for the accuracy are not too high, a calculation of protein-, fat-, sugar-, energy- and calcium-content using the BLS is also possible.
- The calculation of ascorbic acid-, iron-, iodine-, crude fiber- and fatty acids-content using the BLS is very imprecise.

8 Literaturverzeichnis

- AID (Hrsg.): Nährstoffverluste bei der haushaltsmäßigen Zubereitung von Lebensmitteln. 2. Auflage, Bonn, 1988.
- AID (Hrsg.): Nährwertberechnung per PC. Computerprogramme und ihre Funktionen - eine Übersicht. Bonn, 1995.
- AID (Hrsg.): Die Zutatenliste - Kleines Lexikon der Zusatzstoffe. Bonn, 1999.
- AID (Hrsg.): Gemeinschaftsverpflegung. Ringbuch-Ordner. Bonn, 2003.
- AID (Hrsg.): Gesund mit Obst und Gemüse - Sekundäre Pflanzenstoffe. 2. Auflage, Bonn, 2004a.
- AID (Hrsg.): Nährstoffveränderungen bei der Lebensmittelzubereitung im Haushalt. 3. Auflage, Bonn, 2004b.
- ALEXU, U. et al.: Was Kinder essen - und was sie essen sollten. Hans Marseille Verlag, München, 1999.
- ANALYTIK JENA AG (Hrsg.): Protokoll für die Bestimmung der antioxidativen Kapazität von wasserlöslichen Stoffen (ACW) mit dem Gerät Photochem[®]. Jena, 2005.
- ANDERSON, E. et al.: Food and nutrient changes - software designed to enhance data quality. *Journal of Food Composition and Analysis* 17 (2004): 557-564.
- ARNOLD, R. et al.: Zufuhr und Versorgung mit Mineralstoffen und Spurenelementen in bayerischen Senioren- und Jugendheimen - erhoben durch Nahrungsmittelduplikate und Ernährungsprotokolle. *Aktuelle Ernährungsmedizin* 25 (2000): 199-204.
- BECK, G.: Reflexionsspektroskopische Messungen im sichtbaren und im Nahen Infrarot-Bereich zur Beurteilung der Fleischqualität beim Rind. Dissertation, München, 1992.
- BELITZ, H.-D. et al.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 5. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2001.
- BIRCH, L. et al.: Development of Eating Behaviours Among Children and Adolescents. *Pediatrics* 101 (1998) Supplement: 539-549.

- BÓDIS, K.: Untersuchungen zur Nahen-Infrarot (NIR)-Meßmethodik als Möglichkeit zur Schnellbestimmung der Fleisch- und Fettbeschaffenheit beim Schwein. Dissertation, München, 1999.
- BOEING, H. et al.: Müssen die Ernährungsempfehlungen für die Ballaststoffaufnahme geändert werden? Aktuelle Ernährungsmedizin 26 (2001): 107-111.
- BOGNÁR, A. et al.: Guidelines for Recipe Information and Calculation of Nutrient Composition of Prepared Foods (Dishes). Journal of Food Composition and Analysis 13 (2000): 391-410.
- BOGNÁR, A.: Qualität warmer Speisen - Angebotsformen in der Großküche. Ernährung im Fokus 6 (2006): 2-8.
- BÖHM, U. et al.: Zur Situation der Mittagsverpflegung ausgewählter Kindertagesstätten in Thüringen. Zeitschrift für Ernährungswissenschaft 35 (1996): 107.
- BOKOBZA, L.: Origin of Near-Infrared Absorption Bands. In: SIESLER, H. W. et al. (Hrsg.): Near-Infrared Spectroscopy - Principles, Instruments, Applications. Wiley Verlag, Weinheim, 2005.
- BREHME, U.: Komponentenverpflegung in Betriebskantinen - Auswahlgewohnheiten der Verpflegungsteilnehmer und ernährungsphysiologische Qualität der Komponenten und Menüs. Dissertation, Giessen, 1994.
- BÜHL, A. et al.: SPSS 12 - Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. 9. Auflage, Pearson Studium, München, 2005.
- BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR ERNÄHRUNG UND LEBENSMITTEL (Hrsg.): Bundeslebensmittelschlüssel (BLS). URL: http://www.bfel.de/cIn_044/nn_783386/sid_9C26BD85D49BD919D773A951AF2138CE/DE/forschung/karlsruhe/institutfuerernaehrungsoekonomieund-soziologie/bls/bls_inhalt.html_nnn=true (28.11.2007).
- BUNDESINSTITUT FÜR GESUNDHEITLICHEN VERBRAUCHERSCHUTZ UND VETERINÄRMEDIZIN (Hrsg.): Der Bundeslebensmittelschlüssel (BLS II.3) - Konzeption, Aufbau und Dokumentation der Datenbank blsd. BgVV-Hefte 08/1999, Berlin, 1999.

- BUNDESMINISTERIUM FÜR FAMILIE; SENIOREN; FRAUEN UND JUGEND (Hrsg.):
Kinderbetreuung (04.06.2007). URL: [http://www.bmfsfj.de/bmfsfj/generator/
Politikbereiche/Familie/kinderbetreuung.html](http://www.bmfsfj.de/bmfsfj/generator/Politikbereiche/Familie/kinderbetreuung.html) (28.11.2007).
- BÜNING-PFAUE, H. et al.: Schnelle Analyse von Lebensmitteln mittels Nahinfrarot-
Spektrometrie (NIRS). *Ernährungs-Umschau* 47 (2000): 15-20.
- BÜNING-PFAUE, H.: Analysis of water in food by near infrared spectroscopy. *Food
Chemistry* 82 (2003): 107-115.
- BURGERSTEIN, L.: Handbuch Nährstoffe. 10. Auflage, Haug Verlag, Stuttgart, 2002.
- CHRISTY, A. et al.: Latent-Variable Analysis of Multivariate Data in Infrared Spectrometry.
In: OZAKI, Y. et al. (Hrsg.): *Near-infrared spectroscopy in food science and
technology*. Wiley Verlag, Hoboken, 2007.
- CLAUSEN, K.: Ernährung in Kindertagesstätten in Deutschland - Untersuchungen zur
Mittagsmahlzeit. Dissertation, Verlag Dr. Rüdiger Martienß, Schwarzenbek, 2003.
- DAHM, D.J. et al.: The Physics of Near-Infrared Scattering. In: WILLIAMS, P. et al. (Hrsg.):
Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries, 2. Auflage,
American Association of Cereal Chemists, St. Paul, USA, 2004.
- DARGEL, R.: Lipid peroxidation - a common pathogenetic mechanism? *Experimental and
toxicologic pathology* 44 (1992): 169-181.
- DE BOEVER, J. L. et al.: The use of NIRS to predict the chemical composition and the
energy value of compound feeds for cattle. *Animal Feed Science and Technology*
51 (1995): 243-253.
- DEHNE, L. et al.: The German Food Code and Nutrient Data Base (BLS II.2). *European
Journal of Epidemiology* 15 (1999): 355-359.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG (Hrsg.): *Ernährungsbericht 2000*.
Frankfurt am Main, 2000a.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG (Hrsg.): *Ernährungsbericht 2004*.
Frankfurt am Main, 2004.

- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG: Sekundäre Pflanzenstoffe (01.09.2006).
URL: <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=635>
(25.06.2008).
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG (Hrsg.): Umsetzung der Referenzwerte für die Gemeinschaftsverpflegung. Frankfurt am Main, 2000b.
- DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT (Hrsg.): Die Inhaltsstoffbestimmung in pflanzlichen Produkten mit der Nah-Infrarotspektroskopie (NIRS) - Geräte und Anwendungsmöglichkeiten. Frankfurt am Main, 1993.
- EHRENTREICH, M.: Nährstoffverarmung bei pflanzlichen Lebensmitteln - ein Fall für Nahrungsergänzungsmittel? Landinfo 3 (2005): 55-57.
- ELMADFA, I.: Antioxidantien. Behr's Verlag, Hamburg, 1982.
- ELMADFA, I. et al.: Ernährung des Menschen. 3. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1998.
- ERBERSDOBLER, H.: Die Energiedichte, eine vernachlässigte Größe? Ernährungs-Umschau 52 (2005), 4: 136-139.
- FAUSTIN, V.: Ernährungssoftwareprogramme im Vergleich. Ernährungs-Umschau 8 (2002): B29-B36.
- FINK, M.: Einsatz der Nah-Infrarot (NIR)-Spektroskopie zur quantitativen Bestimmung ausgewählter pflanzlicher Inhaltsstoffe. Dissertation, Braunschweig, 2002.
- FLACHOWSKY, G.: Milch, Fleisch, Eier - Kann durch die Tierernährung die Zusammensetzung beeinflusst werden? ForschungsReport 1 (2007): 21-23.
- FLODMARK, C.-E. et al.: New insights into the field of children and adolescents' obesity - the European perspective. International Journal of Obesity 28 (2004): 1189-1196.
- FLORIAN, M.: Nahrungsmittel aus Massentierhaltung und tierschutzgerechter Haltung - Eine Literaturstudie über mögliche Unterschiede in den Inhaltsstoffen unter spezieller Berücksichtigung von Vitaminen, Lipiden, Proteinen, Hormonen, Medikamentenrückständen und pathogenen Keimen (Januar 2005). URL: http://www.med-grenzfragen.at/download/Diplomarbeit_Matthias_Florian.pdf
(03.12.2007).

-
- FRANKE, A. A. et al.: Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis* 17 (2004): 1-35.
- FRANKEL, E.: Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. *Food Chemistry* 57 (1996), 1: 51-55.
- FREITAG, H.: Entwicklung eines Verfahrens zur On-Line-Qualitätskontrolle von Fritierfetten mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie. Dissertation, Münster, 1999.
- FRIEDRICH, W.: Handbuch der Vitamine. Verlag Urban & Schwarzenberg, München, 1987.
- GAHLER, S. et al.: Alterations of Vitamin C, Total Phenolics, and Antioxidant Capacity as Affected by Processing Tomatoes to Different Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51 (2003): 7962-7968.
- GIELAND, A. et al.: Zum vernünftigen Umgang mit Süßem in der Ernährung von Säuglingen und Kindern. *Ernährungs-Umschau* 44 (1997), 12: 441-443.
- GNAGNARELLA, P. et al.: The update of the Italian Food Composition Database. *Journal of Food Composition and Analysis* 17 (2004): 509-522.
- GOVINDARAJAN, R. et al.: Antioxidant Potential of *Anogeissus latifolia*. *Biological & Pharmaceutical Bulletin* 27 (2004), 8: 1266-1269.
- GRAF, C. et al.: Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter. *Herz* 31 (2006): 507-513.
- GREENFIELD, H. et al.: *Food Composition Data - Production, Management and Use*. Elsevier Applied Science, London, 1992.
- GRUNE, T.: Antioxidanzien. In: BIESALSKI, H.-K. et al. (Hrsg.): *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe*. Thieme Verlag, Stuttgart, 2002.
- HAASE, N. U.: Rapid Estimation of Potato Tuber Quality by Near-Infrared Spectroscopy. *Starch/Stärke* 58 (2006): 268-273.
- HANCK, A. et al.: Vitamin C. In: BIESALSKI, H. K. et al. (Hrsg.): *Vitamine – Physiologie, Pathophysiologie, Therapie*. Thieme Verlag, Stuttgart, 1997.
- HARTMANN, B. et al.: Der Bundeslebensmittelschlüssel - Aktuelle Entwicklungen, Potenzial und Perspektiven. *Ernährungs-Umschau* 53 (2006), 4: 124-129.

-
- HARTMANN, R.: Entwicklung und Anwendung einer NIR-spektrometrischen Methode zur Differenzierung von Kartoffelqualitäten im Organischen Landbau. Dissertation, Bonn, 1998.
- HERMANN, H.: Quantifizierung von Antioxidantien durch photoinduzierte Chemolumineszenz. Laborpraxis 2 (2000): 1-6.
- HRUSCHKA, W. R.: Data Analysis: Wavelength Selection Methods. In: WILLIAMS, P. et al. (Hrsg.): Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries, 2. Auflage, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, USA, 2004.
- JAGO, R. et al.: BMI from 3-6 y of age is predicted by TV viewing and physical activity, not diet. International Journal of Obesity 29 (2005): 557-564.
- JOST, C. et al.: Wie stark weicht die chemisch analysierte Nährstoffzusammensetzung einer typischen Spitalkost von den DGE-Empfehlungen einer gesunden Ernährung ab? Aktuelle Ernährungsmedizin 23 (1998): 234-239.
- KERSTING, M. et al.: Optimierte Mischkost als Präventionsernährung für Kinder und Jugendliche - Teil 1: Lebensmittelauswahl. Ernährungs-Umschau 40 (1993), 4: 164-169.
- KHODABUX, K. et al.: Chemical and near-infrared determination of moisture, fat and protein in tuna fishes. Food Chemistry 102 (2007): 669-675.
- KIENZL-PLOCHBERGER, K. et al.: Lebensmittel und Gesundheit - mit besonderer Berücksichtigung des Biologischen Landbaus (1999). URL: www.wien.gv.at/umweltschutz/oekokauf/pdf/biologisch.pdf (25.11.2007).
- KIRCHGESSNER, M.: Tierernährung. 11. Auflage, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, 2004.
- KLAPP, S.: Mittagsmahlzeiten in Kindertagesstätten. Dissertation, Jacobs-Verlag, Lage, 1997.
- KOHN, S.: Theorie und Praxis des Einsatzes der NIR-Spektroskopie in der Lebensmittelanalytik am Beispiel von Käseprodukten. Dissertation, Duisburg, 1993.
- KRANL, K. et al.: Comparing antioxidative food additives and secondary plant products - use of different assays. Food Chemistry 93 (2005): 171-175.

-
- LAMMERS, K.: Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl (12.03.2007). URL: <http://fbbwu.uni-lueneburg.de/einrichtungen/labore/Chemie/Kjeldahl-N.pdf> (28.11.2007).
- LECO (Hrsg.): FP-528 Nitrogen/Protein. URL: [http://www.leco.com/products/organic/fp_528/pdf/FP528%20\(209-137\).pdf](http://www.leco.com/products/organic/fp_528/pdf/FP528%20(209-137).pdf) (28.11.2007).
- LINSEISEN, J. et al.: Flavonoidzufuhr Erwachsener in einem bayerischen Teilkollektiv der Nationalen Verzehrsstudie. Zeitschrift für Ernährungswissenschaft 36 (1997a): 403-412.
- LINSEISEN, J. et al.: Unterschiede in der Nährstoffzufuhr bei Verwendung verschiedener Nährstoff-Datenbanken - ein Fallbeispiel. Zeitschrift für Ernährungswissenschaft 36 (1997b): 127-132.
- LOVETT, D. K. et al.: Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to predict biological parameters of maize silage: effects of particle comminution, oven drying temperature and the presence of residual moisture. Animal Feed Science and Technology 120 (2005): 323-332.
- LÜHRMANN, P. et al.: Unterschiede in den Ergebnissen von Ernährungserhebungen in Abhängigkeit von der Verwendung der BLS-Versionen II.2 und II.3 - Eine vergleichende Untersuchung im Rahmen der Giessener Senioren Langzeitstudie. Ernährungs-Umschau 49 (2002), 8: 296-300.
- MARTENS, H. et al.: Multivariate Calibration by Data compression. In: WILLIAMS, P. et al. (Hrsg.): Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries, 2. Auflage, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, USA, 2004.
- MAST, M. et al.: Ernährungsverhalten und Ernährungszustand 5-7jähriger Kinder in Kiel. Aktuelle Ernährungsmedizin 23 (1998): 282-288.
- MERKEN, H. et al.: Measurement of Food Flavonoids by High-Performance Liquid Chromatography: A Review. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48 (2000), 3: 577-599.
- MILLER, C. E.: Chemical Principles of Near Infrared Technology. In: WILLIAMS, P. et al. (Hrsg.): Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries, 2. Auflage, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, USA, 2004.

-
- MILLER, N: J: et al.: The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink. *Food Chemistry* 60 (1997), 3, 331-337.
- MÜLLER, W.-D.: Messung der Fettoxidation und der Porphyrine in Schutzatmosphärenpackungen mit hohem Sauerstoffanteil gegenüber Vakuumverpackungen mit Puten- und Schweinehackfleisch mit darstellender Fluoreszenzspektroskopie. *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach* 45 (2006), 173: 210.
- NETHING, K. et al.: Primärprävention von Folgeerkrankungen des Übergewichts bei Kindern und Jugendlichen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 57 (2006), 2: 42-45.
- OGDEN, C. et al.: The Epidemiology of Obesity. *Gastroenterology* 132 (2007): 2087-2102.
- OH, E.: Untersuchungen über die Anwendung der Nahen-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie in der Fleischanalytik. Dissertation, Berlin, 1989.
- OVASKAINEN, M.-L. et al.: The compilation of food analysis values as a database for dietary studies - the Finnish experience. *Food Chemistry* 57 (1996), 1: 133-136.
- OZAKI, Y. et al.: Spectral Analysis. In: OZAKI, Y. et al. (Hrsg.): *Near-infrared spectroscopy in food science and technology*. Wiley Verlag, Hoboken, 2007.
- PETRIDES, P. E. et al.: Ernährung. In: LÖFFLER G. et al. (Hrsg.): *Biochemie & Pathobiochemie*. 7. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2003a.
- PETRIDES, P. E. et al.: Proteine (Polyaminosäuren). In: LÖFFLER G. et al. (Hrsg.): *Biochemie & Pathobiochemie*. 7. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2003b.
- PITSI, T. et al.: Calculations on the energy and nutrient content of kindergarten menus in Estonia. *Scandinavian Journal of Nutrition* 47 (2003): 188-193.
- POPOV, I. et al.: Photochemiluminescent detection of antiradical activity: II. Testing of nonenzymic water-soluble antioxidants. *Free Radical Biology & Medicine* 17 (1994), 3: 267-271.
- POPOV, I. et al.: Photochemiluminescent detection of antiradical activity. VII. Comparison with a modified method of thermo-initiated free radical generation with chemiluminescent detection. *Luminescence* 20 (2005): 321-325.

- RADTKE, J. et al.: Phenolsäurezufuhr Erwachsener in einem bayerischen Teilkollektiv der Nationalen Verzehrsstudie. Zeitschrift für Ernährungswissenschaft 37 (1998): 190-197.
- REBIEN, M.: Optische Spektroskopie, Lichtstreuung (UV-VIS-NIR Photometrie). URL: http://www.hmi.de/bereiche/SE/SE1/projekte/a_methoden/optisch/optik/aufbau3.gif&imgrefurl=http://www.hmi.de/bereiche/SE/SE1/projekte/a_methoden/optisch/optik/&h=443&w=475&sz=6&hl=de&start=7&tbnid=032WBI1zPzS3M:&tbnh=120&tbnw=129&prev=/images%3Fq%3DNIR-Spektrometer%26gbv%3D2%26hl%3Dde (13.11.2007).
- RECHNER, A.: Einfluss der Verarbeitungstechnik auf die Polyphenole und antioxidative Kapazität von Apfel- und Beerenobstsäften. Dissertation, Giessen, 2000.
- REICHARDT, W. et al.: Der intramuskuläre Fettgehalt, sein Fettsäurenmuster und der Hämpigmentgehalt im Musculus longissimus dorsi von Rindern in Abhängigkeit von Rassetyp, Geschlecht und Mastform. URL: www.tll.de/ainfo/pdf/rind0105.pdf (03.12.2007).
- REINEHR, T. et al.: Long-term follow-up of cardiovascular disease risk factors in children after an obesity intervention. American Journal of Clinical Nutrition 84 (2006): 490-496.
- REINHARDT, T.-C.: Entwicklung und Anwendung von Nah-Infrarotspektroskopischen Methoden für die Bestimmung von Öl-, Protein-, Glucosinolat-, Feuchte- und Fettsäure-Gehalten in intakter Rapssaat. Dissertation, Göttingen, 1992.
- ROHE, M.: Messung von Antioxidantien - Erfassung der antioxidativen Kapazität komplexer Proben mit der Chemilumineszenzmethode. Laborpraxis 9 (2001): 1-6.
- RUDZIK, L.: Infrarotfibel - Infrarotspektroskopie für die Lebensmittel- und Milchindustrie. Behr's Verlag, Hamburg, 1993.
- SACHS, L. et al.: Angewandte Statistik. 12. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2006.
- SAKURAI, K. et al.: Agreement of estimated values with measured values in dietary intakes of minerals - A validation study in Japan. Journal of Food Composition and Analysis 21 (2008): 26-34.

SCHWISTER, K. et al.: Taschenbuch der Chemie. 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 1999.

SEEHOFER, H.: Regierungserklärung zur Ernährungspolitik (10.05.2007). URL: seehofer.schwarzmedia.de/index.php?download=585 (28.11.2007).

SEPP, H. et al.: Children`s nutrient intake at preschool and at home. *Acta Pædiatrica* 90 (2001): 483-491.

SICHERT-HELLERT, W. et al.: German food composition database for dietary evaluations in children and adolescents. *Journal of Food Composition and Analysis* 20 (2007): 63-70.

TILLMANN, P.: Kalibrationsentwicklung für NIRS-Geräte - Eine Einführung. Cuvillier Verlag, Göttingen, 1996.

TOOR, R. K. et al.: Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International* 38 (2005): 487-494.

URBAN, C.: Untersuchungen zur Anwendbarkeit der NIR-Spektrometrie für die Analyse von Lebensmitteln am Beispiel von Fleischerzeugnissen und zubereiteten Mahlzeiten. Dissertation, Bonn, 1996.

VASILOPOULOU, E. et al.: Compatibility of computed and chemically determined macronutrients and energy content of traditional Greek recipes. *Journal of Food Composition and Analysis* 16 (2003): 707-719.

VDLUFA (Hrsg.): VDLUFA-Methodenbuch III. VDLUFA-Verlag Darmstadt, 1983.

VDLUFA (Hrsg.): VDLUFA-Methodenbuch III. VDLUFA-Verlag Darmstadt, 1988.

VDLUFA (Hrsg.): VDLUFA-Methodenbuch III. VDLUFA-Verlag Darmstadt, 1993.

VDLUFA (Hrsg.): VDLUFA-Methodenbuch III. VDLUFA-Verlag Darmstadt, 2001.

VINES, L. et al.: Near-Infrared Reflectance Model for the Rapid Prediction of Total Fat in Cereal Foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 (2005): 1550-1555.

WATZL, B. et al.: Flavonoide. *Ernährungs-Umschau* 48 (2001a), 12: 498-502.

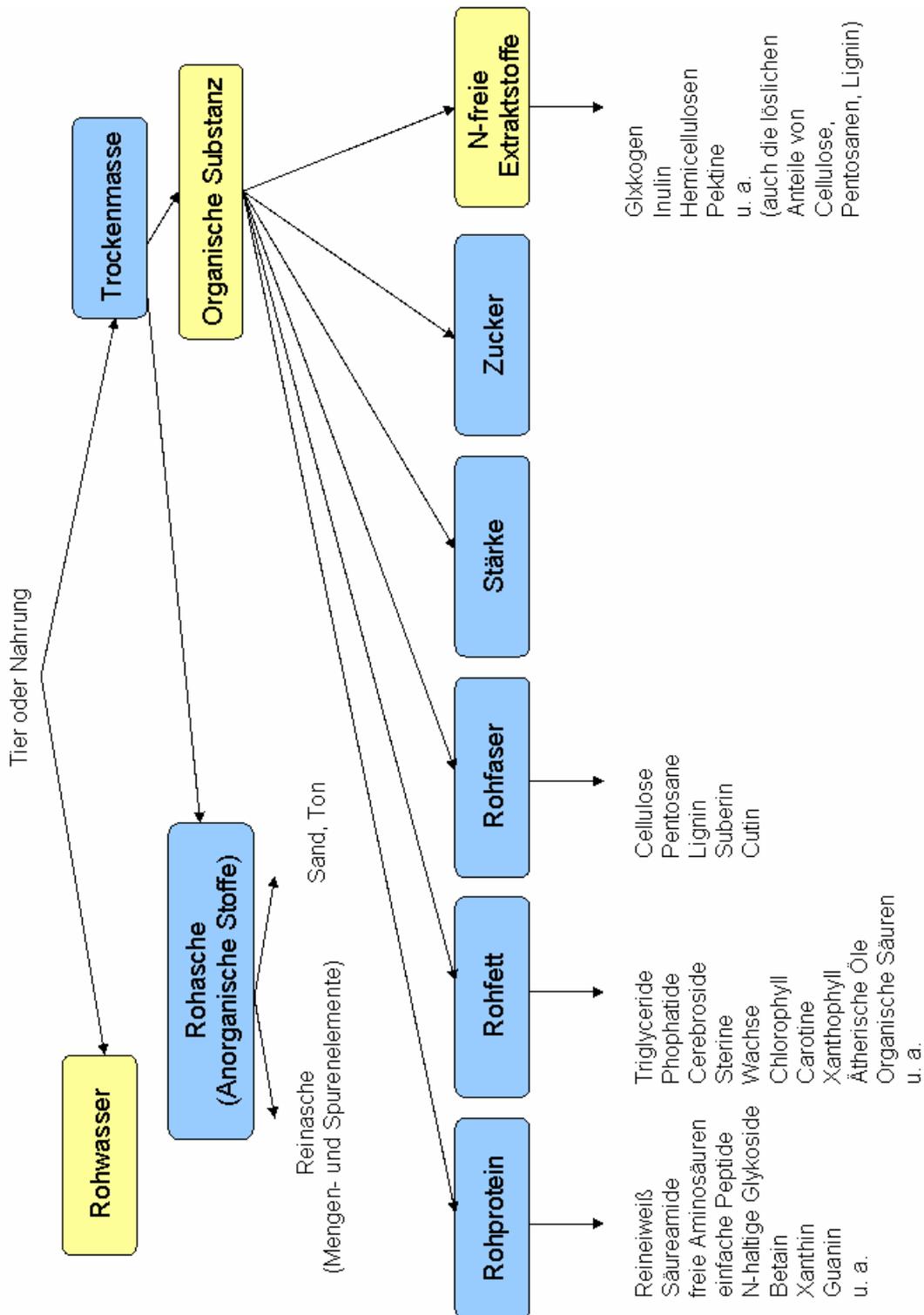
WATZL, B. et al.: Phenolsäuren. *Ernährungs-Umschau* 48 (2001b), 10: 413-416.

-
- WELLE, R. et al.: Near-Infrared Spectroscopy on Chopper to Measure Maize Forage Quality Parameters Online. *Crop Science* 43 (2003): 1407-1413.
- WILLIAMS, P.C.: Implementation of Near-Infrared Technology. In: WILLIAMS, P. et al. (Hrsg.): *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*, 2. Auflage, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, USA, 2004a.
- WILLIAMS, P.C.: Variables Affecting Near-Infrared Spectroscopic Analysis. In: WILLIAMS, P. et al. (Hrsg.): *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*, 2. Auflage, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, USA, 2004b.
- WINKLER, G. et al.: Erfahrungen bei der Kodierung einer Ernährungserhebung mit dem Bundeslebensmittelschlüssel (BLS) 2. *Ernährungs-Umschau* 38 (1991), 1: 12-17.
- ZHANG, D. et al.: Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry* 88 (2004): 503-509.
- ZWIAUER, K. et al.: Markante Unterschiede zwischen Nährwertberechnungen mittels Tabellen und chemischen Nährwertanalysen. *Aktuelle Ernährungsmedizin* 13 (1988): 62-65.

9 Anhang

Anhang 1:

Weender-Analyse (= durch Analyse erfasst; = durch Differenz berechnet) [abgewandelt nach Kirchgessner, 2004]



Anhang 2:

Probennahme-Erfassungsbogen

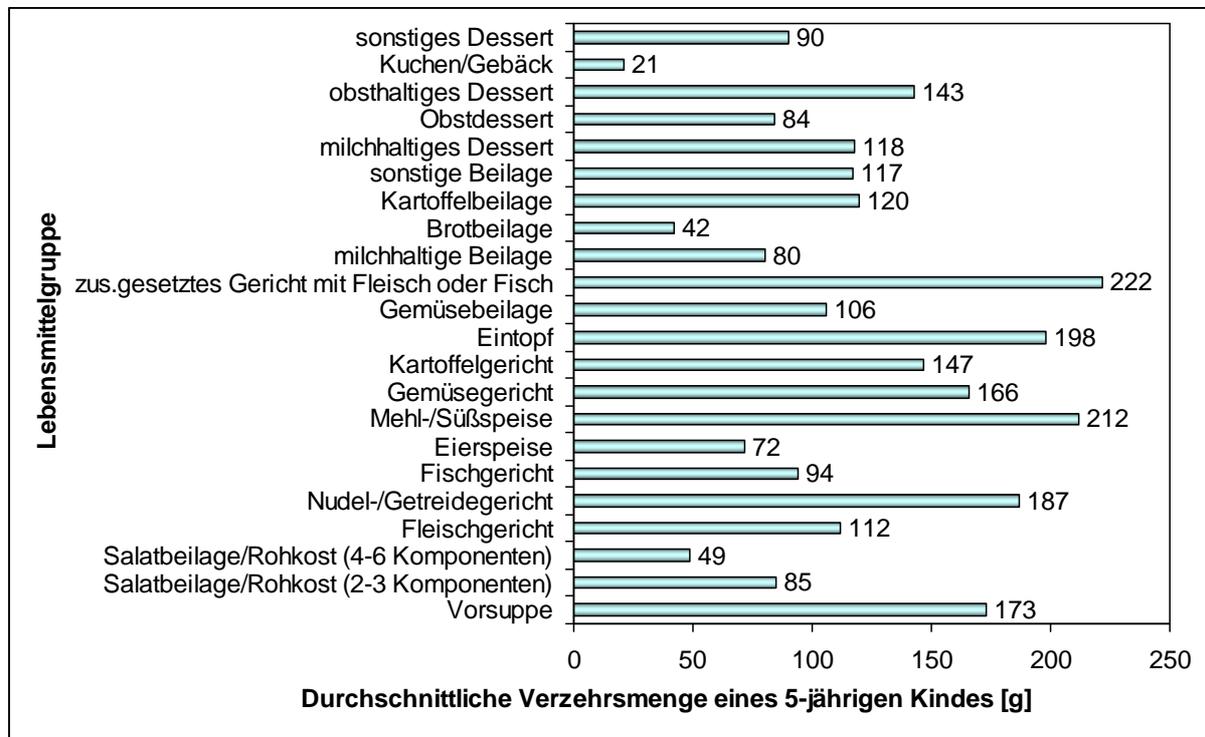
Referenznummer

Datum _____
 Probennehmer _____

Probennahme-Erfassungsbogen				
Komponenten der Mittagsverpflegung	Proben-Temperatur [in °C]	Durchschnittlich verzehrte Menge eines „normalen Essers“ [in g] Alter: _____ Geschlecht: _____	Anzahl der zubereiteten Portionen	Anzahl der nicht ausgegebenen Portionen
Getränk: _____ _____				

Anhang 3:

Verzehrmenge eines fünfjährigen Kindes für verschiedene Lebensmittelgruppen



Anhang 5:

Zutatenliste (Muster)

Referenznummer

Datum

Zutaten für das Mittagessen					
Komponente der Mittagsverpflegung (z. B. Vorspeise / Kohlenhydrat- Beilage / Hauptkomponente / Sauce / Gemüse / Salat / Nachspeise)	Anzahl der Kinder- portionen	Zutat	Marke der verwendeten Zutat	Menge [Angaben möglichst in g]	
				ohne Abfall	mit Abfall
<i>Grießbrei</i>	4	Wasser		1000 g	
		Brühwürfel	Maggi Klar Fleischsuppe	20 g	
		Hartweizengrieß	Rosenmilch	60 g	
		Butter, halbfett	Kerrygold	40 g	
		Ei, weißgroß		60 g	X
		Salz (jodiert, fein)		5 g	
		Petersilie (frisch)		1 EL	X
<i>Nudeln</i>	4	Eier-Vollkorn-Nudeln	Birkel	400 g	
		Wasser		2000 g	
		Salz (jodiert, fein)		5 g	
<i>Sauer Bohnene</i>	4	Hackfleisch (Rind / Schwein gemischt)		300 g	
		Zwiebel, groß		55 g	X
		Rapsöl, kaltgepresst	Traubener Ölweichte	20 g	

Komponente der Mittagsverpflegung (z. B. Vorspeise / Kohlenhydrat-Beilage / Hauptkomponente / Sauce / Gemüse / Salat / Nachspeise)	Anzahl der Kinderportionen	Zutat	Marke der verwendeten Zutat	Menge [Angaben möglichst in g]	
				ohne Abfall	mit Abfall
		Tomaten, passiert, TetraPak	Pomota	400 g	
		Salz (jodiert, fluoriert)		5 g	
		Petersilie (frisch)		1 EL	X
		Weizenmehl, Type 405		10 g	
Schokopopschöpfung	4	Pudingsäuber	Dr. Oetker, Original Pudding Schokolade	45 g	
		H-Milch, 1,5% Fett		500 ml	
		Zucker		50 g	
Gerkensalat	4	Gerke mit Schale		500 g	X
		Joghurt, natur, 1,5% Fett	Molkenes Weichkäsephän	4 EL	
		Zitronensaft (frisch)		2 EL	
		Kräuter, gemischt (frisch)		2 EL	X
		Salz (jodiert, fluoriert)		3 g	

Anhang 6:**Anleitung zum Ausfüllen der Zutatenliste**

Lehrstuhl für
Wirtschaftslehre des Haushalts
Konsumforschung / Verbraucherpolitik

Prof. Dr. Georg Karg, Ph.D.

Bioanalytik Weihenstephan

Prof. Dr. Dr. Hans M. Eichinger

Anleitung zum Ausfüllen der Zutatenliste

Um den Nährwert der angebotenen Mittagsverpflegung mit Hilfe von Nährstoffdatenbanken berechnen zu können, benötigen wir detaillierte Rezepturen.

Anbei finden Sie eine Tabelle, in die Sie bitte die einzelnen Komponenten der Mittagsverpflegung (z. B. Vorspeise / Kohlenhydrat-Beilage / Hauptkomponente / Sauce / Gemüse / Salat / Nachspeise), die zu deren Herstellung verwendeten Zutaten, die Marke der verwendeten Zutat sowie die verwendete Menge eintragen können.

Bitte beachten Sie beim Ausfüllen der Zutatenliste folgende Punkte:

- ∅ Tragen Sie bitte alle verwendeten Zutaten ein. Dazu zählen auch Fett zum Anbraten, frische Kräuter, Bindemittel usw.
- ∅ Gewürze brauchen nicht eingetragen werden.
- ∅ Beschreiben Sie die verwendeten Zutaten möglichst genau, z. B.:
 - welchen Fettgehalt hat das Produkt
 - beziehen sich ihre Mengenangaben auf verzehrfertige Zutaten
 - handelt es sich um frische, tiefgekühlte oder Konservenprodukte
 - enthält das Produkt Anreicherungen mit Mineralstoffen etc.
- ∅ Geben Sie bei Fertigprodukten den Namen des Produktes und die Marke des Herstellers mit an.
- ∅ Wiegen Sie die Zutaten, wenn möglich, ab.
Sollte ein genaues Abwiegen der Zutaten nicht möglich sein, finden Sie auf Seite 2 eine kleine Orientierungshilfe zur Abschätzung von Haushaltsmaßen!

Ihre Angaben werden natürlich absolut vertraulich behandelt und anonymisiert wissenschaftlich ausgewertet.

Sollten Fragen auftauchen, rufen Sie uns bitte an oder schreiben Sie eine E-Mail:
Dipl.oec.troph. Bianca Müller: 08161-713124 bzw. bmuller@wzw.tum.de
Dipl.oec.troph. Cornelia Rauscher: 08161-713949 bzw. crauscher@tum.de

Vielen Dank!

Orientierungshilfe für die Umrechnung von haushaltsüblichen Maßen in Mengenangaben in Gramm		
Lebensmittel	Menge in haushaltsüblichen Maßen	Menge in Gramm
Apfel/Pfirsich, essbarer Anteil	1 Stück, klein	90
	1 Stück, mittel	115
	1 Stück, groß	140
Apfelsine, geschält	1 Stück, klein	110
	1 Stück, mittel	145
	1 Stück, groß	180
Aprikose/Kiwi, essbarer Anteil	1 Stück, mittel	45
Bratensauce, Instantpulver	1 TL	3
	1 gehäufter EL	10
	für ¼ l Sauce	25
Brühwürfel	für ½ l Brühe, 1 Würfel klein	4
Butter/Margarine	1 TL	4
	1 EL	10
Creme Fraiche (30% Fett)	1 TL	5
	1 EL	15
Ei, essbarer Anteil	1 Stück, klein	46
	1 Stück, mittel	55
Eisbergsalat, essbarer Anteil	1 Kopf, mittel	280
Kartoffel, essbarer Anteil	1 Stück, klein (eigroß)	60
	1 Stück, mittel	80
	1 Stück, groß	100
Knoblauchzehe	1 Stück	2
Kopfsalat, essbarer Anteil	1 Stück, mittel	85
	1 Stück, groß	170
Kräuter, gemischt	1 TL	2
	1 EL	4
Mayonnaise	1 TL	4
	1 EL	12
Mehl/Grieß	1 TL	3
	1 gehäufter TL	7
	1 EL	10
	1 gehäufter EL	15
Mischbrot, 8-12mm dick	1 Scheibe, klein	30
	1 Scheibe, mittel	45
Möhren, essbarer Anteil	1 Stück, klein	40
	1 Stück, mittel	80
Panade für 1 Schnitzel	Ei	12
	Mehl	3
	Paniermehl	10
Paprikaschote, essbarer Anteil	1 Stück, klein	95
	1 Stück, mittel	155
Reis, Trockengewicht	1 TL	5
	1 EL	15
Salatgurke, essbarer Anteil	1 Stück, klein	280
	1 Stück, mittel	445
Salz/Zucker	1 TL	5
	1 EL	15
Tomate, essbarer Anteil	1 Stück, klein	50
	1 Stück, mittel	60
	1 Stück, groß	75
Tomatenketchup/-mark	1 TL	5
	1 EL	15
Zucchini, essbarer Anteil	1 Stück, mittel	175
Zwiebel, essbarer Anteil	1 Stück, klein	30
	1 Stück, mittel	35
	1 Stück, groß	55

Anhang 7:

Soll-Werte für die Nährstoff-Zufuhr

	Minimalwert	Maximalwert
Energie [kJ]*	1714	2132
Protein [% Energie]**	15	20
Fett [% Energie]**	30	35
SFA [% Fett]**	31	35
MUFA [% Fett]**	34	38
PUFA [% Fett]**	28	32
Kohlenhydrate [% Energie]**	45	50
Ballaststoffe [g/MJ]*	2,6	
Calcium [mg/MJ]*	94	
Eisen [mg/MJ]*	1,4	
Jod [µg/MJ]*	13	
Vitamin C [mg/MJ]*	12	

*im Rahmen des KiTZ-Projektes entwickelt

**in Anlehnung an Empfehlungen der DGE [Deutsche Gesellschaft für Ernährung, 2000b]

Anhang 8:

Durchschnittliche Nahrungsinhaltsstoff-Zufuhr pro Mittagsmahlzeit nach Kindertagesstätte

Kita	n	E [kJ]	E _W ¹ [E%]	F [E%]	SFA [%F]	MUFA [%F]	PUFA [%F]	Trans [%F]	Kon [%F]	n-3/n6 [%F]	KH [E%]	BS [g/MJ]	Ca [mg/MJ]	Fe [mg/MJ]	J [µg/MJ]	VitC [mg/MJ]
1	MW	1925	24,4	35,3	52,8	33,4	13,0	0,8	0,4	0,1	38,8	1,9	97	0,8	10	12
	STABW	881	8,7	15,6	10,4	8,0	8,0	0,3	0,3	0,06	11,1	0,9	78	0,1	7	8
2	MW	1773	25,6	30,3	46,0	35,1	18,0	0,7	0,4	0,2	42,4	2,2	72	1,4	10	9
	STABW	621	9,9	15,1	11,4	4,0	10,8	0,6	0,4	0,14	16,2	0,9	23	0,7	4	15
3	MW	1816	15,9	34,0	39,1	37,4	22,9	0,5	0,2	0,1	47,6	3,1	70	1,3	22	14
	STABW	471	6,9	9,1	16,9	7,4	11,3	0,7	0,2	0,07	6,8	0,6	19	0,9	13	14
4	MW	1208	15,0	27,9	55,7	28,2	14,7	1,0	0,5	0,1	54,7	3,0	141	1,2	19	24
	STABW	569	3,5	12,0	10,0	10,6	8,7	0,7	0,2	0,06	15,7	1,1	58	0,7	12	12
5	MW	1859	20,8	34,4	49,1	32,4	16,7	1,3	0,3	0,2	43,0	2,2	95	1,4	17	11
	STABW	456	9,5	13,8	14,8	10,0	7,2	1,7	0,3	0,10	12,9	0,4	69	0,5	18	6
6	MW	1316	19,8	35,4	42,4	40,4	15,9	0,8	0,4	0,5	43,2	1,9	107	1,2	22	19
	STABW	268	5,7	8,1	10,2	9,7	4,6	0,5	0,3	0,68	11,3	0,7	88	0,5	15	21
7	MW	1310	17,8	43,0	40,1	42,0	17,2	0,6	0,3	0,1	36,7	3,1	146	1,6	39	17
	STABW	506	3,9	10,9	3,1	5,1	5,3	0,3	0,1	0,03	10,8	1,3	107	0,5	34	25
8	MW	1655	22,4	34,4	42,7	38,5	17,9	0,7	0,2	0,1	41,5	2,1	85	1,4	16	44
	STABW	561	4,2	11,6	12,4	6,0	7,1	0,7	0,2	0,06	12,4	0,6	58	0,5	15	34
9	MW	1661	12,6	36,8	54,4	32,2	12,3	0,9	0,4	0,2	47,9	3,2	144	0,8	23	31
	STABW	681	6,0	13,6	8,0	6,6	3,4	0,7	0,3	0,10	14,9	1,2	69	0,5	15	19
10	MW	1622	18,7	26,9	39,5	40,3	19,3	0,8	0,2	0,2	52,5	2,4	91	1,1	19	14
	STABW	479	4,7	8,9	6,0	1,7	5,1	0,6	0,2	0,06	10,6	0,8	23	0,7	17	7
11	MW	1369	16,1	31,6	47,5	35,0	16,3	0,7	0,3	0,1	47,3	2,4	146	1,5	20	9
	STABW	412	3,5	14,9	17,2	8,9	14,2	0,5	0,2	0,08	11,1	1,8	48	0,3	13	8
12	MW	2161	17,4	35,3	40,6	40,4	18,3	0,6	0,3	0,3	45,0	2,9	106	1,4	25	22
	STABW	687	6,8	5,2	11,3	7,0	8,5	0,4	0,2	0,24	9,3	1,0	69	0,5	17	24
13	MW	2066	22,0	35,5	39,3	41,9	17,6	1,0	0,3	0,2	41,3	1,4	92	1,1	19	14
	STABW	384	6,5	12,6	19,2	12,1	7,5	0,9	0,2	0,16	9,1	0,5	39	0,8	22	13
14	MW	1716	19,0	37,9	47,4	35,2	15,2	2,0	0,2	0,3	40,9	2,7	163	0,8	21	28
	STABW	344	3,6	6,3	10,7	3,2	7,5	1,8	0,1	0,11	8,3	0,8	68	0,1	6	23
15	MW	1424	16,2	36,2	58,0	30,5	9,9	0,7	0,8	0,2	45,6	2,6	172	1,2	15	20
	STABW	709	5,8	17,1	7,5	6,2	3,6	0,5	0,9	0,13	21,2	1,2	87	0,5	15	12
16	MW	1733	23,2	33,2	39,6	37,9	21,6	0,6	0,3	0,3	42,0	2,0	104	0,8	40	20
	STABW	489	10,0	7,2	11,0	6,0	8,9	0,3	0,2	0,18	11,9	1,3	59	0,4	23	10
17	MW	1322	25,5	27,8	42,1	38,6	18,4	0,7	0,1	0,2	45,5	1,4	63	0,9	15	21
	STABW	671	9,4	19,4	18,4	11,9	9,9	0,8	0,2	0,12	13,9	0,9	42	0,5	11	23
18	MW	1466	19,4	33,6	46,5	36,6	15,8	0,9	0,2	0,2	45,3	2,2	125	1,0	27	19
	STABW	371	5,2	11,0	16,4	8,1	11,0	0,9	0,3	0,04	11,1	0,8	65	0,4	13	7
19	MW	1426	17,0	29,0	35,6	39,4	23,5	1,1	0,3	0,2	52,3	2,2	131	1,4	29	19
	STABW	265	4,2	5,0	15,8	9,4	8,4	1,1	0,2	0,11	7,1	0,6	63	0,4	8	9
20	MW	1846	16,5	34,5	38,2	36,7	23,8	1,1	0,2	0,2	47,4	1,9	83	1,0	31	16
	STABW	510	3,0	16,1	5,9	11,2	10,7	1,2	0,2	0,12	17,1	0,8	35	0,2	20	9

Kita	n	E [kJ]	EW [E%]	F [E%]	SFA [%F]	MUFA [%F]	PUFA [%F]	Trans [%F]	Kon [%F]	n3/n6 [%F]	KH [E%]	BS [g/MJ]	Ca [mg/MJ]	Fe [mg/MJ]	J [µg/MJ]	Vit C [mg/MJ]	
21	5	MW	1357	16,2	26,6	38,2	38,4	22,8	0,2	0,0	0,2	55,4	2,4	93	1,0	38	20
		STABW	506	4,9	16,0	6,1	7,7	6,6	0,2	0,1	0,12	13,9	1,6	63	0,5	27	12
22	5	MW	1557	15,6	45,9	53,6	29,9	13,2	2,8	0,5	0,3	35,8	3,3	170	1,1	29	19
		STABW	581	8,2	6,5	11,6	8,1	6,8	2,4	0,3	0,15	5,9	1,3	93	0,3	14	10
23	5	MW	1733	11,5	36,4	36,0	45,6	17,3	0,9	0,3	0,2	49,7	2,9	122	0,8	17	13
		STABW	654	3,4	5,0	9,5	8,8	5,2	0,7	0,0	0,13	5,7	1,8	59	0,3	14	5
24	5	MW	1605	20,0	42,2	38,8	40,6	19,1	1,3	0,3	0,2	35,9	2,4	129	1,1	18	14
		STABW	255	6,5	15,0	13,6	7,8	8,5	1,7	0,3	0,10	17,7	1,0	81	0,3	12	5
25	5	MW	2029	16,9	41,9	52,4	31,5	14,8	0,9	0,4	0,1	38,9	2,8	172	1,3	16	14
		STABW	495	2,1	8,7	7,5	4,8	6,6	0,5	0,3	0,04	7,1	0,9	69	0,6	8	10
26	5	MW	1818	16,0	34,6	27,8	37,9	33,5	0,5	0,2	0,0	46,6	3,5	102	1,2	12	20
		STABW	301	3,6	5,1	3,7	5,9	8,8	0,3	0,2	0,01	6,9	0,7	43	0,5	6	9
27	5	MW	1331	12,3	27,0	45,6	28,7	23,6	1,8	0,4	0,7	58,5	2,8	107	1,3	28	16
		STABW	244	3,2	6,1	18,5	15,8	21,8	2,2	0,3	0,88	8,1	1,1	40	0,8	18	29
28	5	MW	1268	17,7	34,8	43,4	38,3	17,5	0,6	0,2	0,3	45,3	2,7	119	1,2	36	13
		STABW	287	4,7	10,9	9,5	4,8	5,7	0,4	0,2	0,15	10,0	0,5	58	0,7	29	8
29	5	MW	1367	20,1	29,3	39,2	31,3	28,3	0,6	0,4	0,1	48,8	2,3	143	1,2	34	26
		STABW	81	4,2	14,8	14,2	4,4	17,4	0,6	0,2	0,04	16,4	0,5	76	0,6	16	12
30	5	MW	2465	14,8	35,3	40,9	41,0	16,9	1,0	0,3	0,2	47,7	2,7	119	1,0	25	6
		STABW	692	3,5	3,0	7,7	4,6	3,1	0,7	0,2	0,08	4,1	0,3	47	0,1	11	3
Gesamt	150	MW	1641	18,2	34,2	43,7	36,5	18,5	0,9	0,3	0,2	45,5	2,5	117	1,1	23	18
		STABW	548	6,5	11,5	12,8	8,5	9,6	1,0	0,3	0,24	12,1	1,0	64	0,5	17	16

Anhang 9:

Abhängigkeit der durchschnittlichen Energie- und Nährstoff-Gehalte pro Mittagsmahlzeit von der Kita (WS = Warmverpflegungssystem, FS = Frischkostsystem, MS = Mischküchensystem)

Untersuchungsparameter	Zwischen Kitas innerhalb WS		Zwischen Kitas innerhalb FS		Zwischen Kitas innerhalb MS			
	Signifikanz ^a	Wert	Signifikanz ^a	Wert	Signifikanz ^a	Wert		
Energie [kJ]	*	0,018	**	0,003	ns	0,200	ns	0,311
Protein [E%]	**	0,008	ns	0,227	*	0,045	*	0,034
Fett [E%]	ns	0,646	*	0,022	ns	0,659	ns	0,945
SFA [% Fett]	*	0,034	ns	0,668	**	0,004	ns	0,315
MUFA [% Fett]	ns	0,071	ns	0,215	ns	0,120	ns	0,414
PUFA [% Fett]	ns	0,117	ns	0,710	*	0,024	ns	0,479
Trans-Fettsäuren [% Fett]	ns	0,170	ns	0,331	ns	0,942	ns	0,650
Konjugierte Fettsäuren [% Fett]	ns	0,279	ns	0,471	ns	0,461	ns	0,403
n3-Fettsäuren [% Fett]	ns	0,369	ns	0,629	ns	0,474	ns	0,410
n6-Fettsäuren [% Fett]	**	0,007	ns	0,206	**	0,008	ns	0,585
Kohlenhydrate [E%]	ns	0,317	**	0,007	ns	0,603	ns	0,836
Ballaststoffe [g/MJ]	ns	0,098	*	0,032	ns	0,352	ns	0,260
Calcium [mg/MJ]	ns	0,244	ns	0,254	ns	0,371	ns	0,652
Eisen [mg/MJ]	ns	0,610	ns	0,919	ns	0,437	ns	0,206
Jod [µg/MJ]	ns	0,142	ns	0,886	*	0,040	ns	0,297
Vitamin C [mg/MJ]	ns	0,246	ns	0,743	ns	0,383	ns	0,133

^aSignifikanzniveau bestimmt mittels der univariaten Varianzanalyse und dem Zwischensubjektfaktor Kindertagesstätte

Anhang 10:

Durchschnittliche Nahrungsinhaltsstoff-Zufuhr pro Mittagsmahlzeit nach Träger

Träger	n	E [kJ]	EW [E%]	F [E%]	SFA [%F]	MUFA [%F]	PUFA [%F]	Trans [%F]	Kon [%F]	n3 [%F]	n6 [%F]	KH [E%]	BS [g/MJ]	Ca [mg/MJ]	Fe [mg/MJ]	J [µg/MJ]	VfC [mg/MJ]	
Kirche	9	MW	1648	19,6	34,1	42,9	38,1	18,3	0,8	0,3	2,7	15,4	44,6	2,2	102	1,1	20,5	14
		STABW	298	3,5	4,4	6,1	3,6	3,7	0,2	0,0	0,9	3,3	5,1	0,6	38	0,2	7,2	3
Stadt	7	MW	1749	18,4	34,5	44,4	35,9	18,3	1,0	0,3	3,7	14,7	45,2	2,3	102	1,1	23,9	20
		STABW	253	4,6	3,9	6,8	5,5	4,2	0,5	0,0	3,5	2,6	6,4	0,4	24	0,2	8,6	10
Wohlfahrts- verband	6	MW	1491	15,9	36,5	45,1	36,8	18,4	1,2	0,3	2,8	15,7	45,5	2,7	148	1,0	24,3	20
		STABW	222	2,8	6,4	8,1	5,3	6,5	0,7	0,2	1,3	6,1	6,5	0,5	33	0,2	8,9	5
Sonstiger	8	MW	1626	17,9	36,5	43,1	38,2	17,6	0,8	0,3	2,3	15,3	43,1	2,5	121	1,1	20,5	15
		STABW	427	3,2	4,8	8,8	3,5	7,1	0,3	0,1	1,3	7,3	6,6	0,6	15	0,2	8,6	6
Gesamt	30	MW	1634	18,1	35,3	43,7	37,4	18,1	0,9	0,3	2,8	15,3	44,5	2,4	116	1,1	22,0	17
		STABW	312	3,7	4,7	7,1	4,3	5,2	0,5	0,1	1,9	4,9	5,8	0,5	33	0,2	8,0	7

Anhang 11:

Abhängigkeit der durchschnittlichen Energie- und Nährstoff-Gehalte pro
Mittagsmahlzeit vom Träger

Untersuchungsparameter	Signifikanz^a	Wert
Energie [kJ]	ns	0,548
Protein [E%]	ns	0,299
Fett [E%]	ns	0,665
SFA [% Fett]	ns	0,921
MUFA [% Fett]	ns	0,706
PUFA [% Fett]	ns	0,991
Trans-Fettsäuren [% Fett]	ns	0,391
Konjugierte Fettsäuren [% Fett]	ns	0,981
n3-Fettsäuren [% Fett]	ns	0,551
n6-Fettsäuren [% Fett]	ns	0,985
Kohlenhydrate [E%]	ns	0,883
Ballaststoffe [g/MJ]	ns	0,387
Calcium [mg/MJ]	*	0,025
Eisen [mg/MJ]	ns	0,383
Jod [µg/MJ]	ns	0,698
Vitamin C [mg/MJ]	ns	0,142

^aSignifikanzniveau bestimmt mittels der univariaten Varianzanalyse und dem Zwischensubjektfaktor Träger

Anhang 12:

Durchschnittliche Nahrungsinhaltsstoff-Zufuhr pro Mittagsmahlzeit nach
Verpflegungssystem (WS = Warmverpflegungssystem, FS = Frischkostsystem,
MS = Mischküchensystem)

Verpflegungssystem	n	E [kJ]	Ew [E%]	F [E%]	SFA [%F]	MUFA [%F]	PUFA [%F]	Trans [%F]	Kon [%F]	n3 [%F]	n6 [%F]	KH [E%]	BS [g/MJ]	Ca [mg/ MJ]	Fe [mg/ MJ]	J [µg/ MJ]	Vit C [mg/ MJ]
WS	10	1694	17,3	35,2	41,6	37,7	19,2	1,2	0,3	4,1	15,1	45,5	2,5	116	1,1	22,9	15
		356	3,1	6,2	5,7	4,8	4,0	0,5	0,1	2,6	3,6	7,5	0,6	30	0,2	3,8	5
FS	10	1549	18,5	35,9	47,1	35,8	17,2	0,7	0,3	1,6	15,4	43,2	2,5	133	1,2	19,8	16
		312	3,4	4,9	8,0	3,0	7,5	0,2	0,1	0,7	7,5	5,5	0,5	35	0,2	10,2	6
MS	10	1659	18,5	34,8	42,3	38,5	18,1	0,8	0,3	2,8	15,3	44,8	2,3	99	1,0	23,4	19
		278	4,6	3,1	6,8	4,8	3,6	0,5	0,1	1,0	2,7	4,6	0,5	27	0,2	9,0	9
Gesamt	30	1634	18,1	35,3	43,7	37,4	18,1	0,9	0,3	2,8	15,3	44,5	2,4	116	1,1	22,0	17
		312	3,7	4,7	7,1	4,3	5,2	0,5	0,1	1,9	4,9	5,8	0,5	33	0,2	8,0	7

Anhang 13:

Abhängigkeit der durchschnittlichen Energie- und Nährstoff-Gehalte pro
Mittagsmahlzeit vom Verpflegungssystem

Untersuchungsparameter	Signifikanz^a	Wert
Energie [kJ]	ns	0,573
Protein [E%]	ns	0,714
Fett [E%]	ns	0,883
SFA [% Fett]	ns	0,176
MUFA [% Fett]	ns	0,360
PUFA [% Fett]	ns	0,702
Trans-Fettsäuren [% Fett]	*	0,033
Konjugierte Fettsäuren [% Fett]	ns	0,097
n3-Fettsäuren [% Fett]	**	0,009
n6-Fettsäuren [% Fett]	ns	0,990
Kohlenhydrate [E%]	ns	0,678
Ballaststoffe [g/MJ]	ns	0,714
Calcium [mg/MJ]	ns	0,070
Eisen [mg/MJ]	ns	0,500
Jod [µg/MJ]	ns	0,573
Vitamin C [mg/MJ]	ns	0,473

^aSignifikanzniveau bestimmt mittels der univariaten Varianzanalyse und dem Zwischensubjektfaktor Verpflegungssystem

Anhang 14:

Durchschnittliche Nahrungsinhaltsstoff-Zufuhr pro Mittagsmahlzeit innerhalb der Verpflegungssysteme (WS = Warmverpflegungssystem, FS = Frischkostsystem, MS = Mischküchensystem)

WS	n	E [kJ]	EW [E%]	F [E%]	SFA [%F]	MUFA [%F]	PUFA [%F]	Trans [%F]	Kon [%F]	n3 [%F]	n6 [%F]	KH [E%]	BS [g/MJ]	Ca [mg/MJ]	Fe [mg/MJ]	J [µg/MJ]	VitC [mg/MJ]
1	MW	1621	17,2	30,0	38,1	39,0	21,9	0,8	0,2	3,0	18,9	50,8	2,6	97	1,3	23,3	16
	STABW	420	5,1	7,9	12,9	6,6	8,2	0,8	0,2	1,8	7,1	8,0	0,7	45	0,7	13,1	10
2	MW	1316	19,8	35,4	42,4	40,4	15,9	0,8	0,4	4,5	11,5	43,2	1,9	107	1,2	21,6	19
	STABW	268	5,7	8,1	10,2	9,7	4,6	0,5	0,3	5,5	3,4	11,3	0,7	88	0,5	14,9	21
3	MW	1709	17,1	31,2	42,4	35,3	20,6	1,4	0,3	7,0	13,7	49,9	2,1	100	1,2	23,4	15
	STABW	500	7,0	10,4	18,1	15,0	15,7	1,6	0,3	12,4	5,8	12,2	1,1	38	0,8	19,4	21
4	MW	2465	14,8	35,3	40,9	41,0	16,9	1,0	0,3	3,1	13,8	47,7	2,7	119	1,0	25,1	6
	STABW	692	3,5	3,0	7,7	4,6	3,1	0,7	0,2	1,3	2,3	4,1	0,3	47	0,1	11,4	3
5	MW	1716	19,0	37,9	47,4	35,2	15,2	2,0	0,2	3,1	12,1	40,9	2,7	163	0,8	21,3	28
	STABW	344	3,6	6,3	10,7	3,2	7,5	1,8	0,1	2,0	5,9	8,3	0,8	68	0,1	6,3	23
6	MW	1581	17,8	44,0	46,2	35,2	16,2	2,1	0,4	2,8	13,4	35,9	2,8	149	1,1	23,4	16
	STABW	424	7,3	11,1	14,2	9,4	7,9	2,1	0,3	1,6	7,0	12,4	1,2	85	0,3	13,8	8
Gesamt	MW	1694	17,5	34,9	42,2	37,5	18,7	1,3	0,3	3,9	14,8	45,6	2,5	118	1,1	23,2	16
	STABW	513	5,7	9,9	13,4	9,2	9,5	1,4	0,2	5,9	6,4	11,2	1,0	63	0,5	13,6	15

FS	n	E [kJ]	EW [E%]	F [E%]	SFA [%F]	MUFA [%F]	PUFA [%F]	Trans [%F]	Kon [%F]	n3 [%F]	n6 [%F]	KH [E%]	BS [g/MJ]	Ca [mg/MJ]	Fe [mg/MJ]	J [µg/MJ]	VitC [mg/MJ]
Eltern kochen	MW	1450	18,4	34,5	49,0	34,6	15,3	0,8	0,4	1,5	13,7	44,4	2,6	132	1,3	22,1	16
	STABW	633	6,2	13,6	12,0	9,2	9,0	0,5	0,2	1,1	8,3	13,5	1,3	73	0,5	21,0	15
Vollküche	MW	1650	19,0	34,3	45,0	33,8	20,1	0,7	0,4	1,7	18,2	44,6	2,6	131	1,2	18,9	18
	STABW	498	6,2	12,3	14,0	5,9	12,7	0,6	0,5	1,5	12,4	13,3	0,9	69	0,5	13,6	11
Gesamt	MW	1570	18,8	34,4	46,6	34,1	18,2	0,7	0,4	1,7	16,4	44,5	2,6	131	1,2	20,2	17
	STABW	559	6,1	12,7	13,3	7,4	11,5	0,5	0,4	1,3	11,1	13,2	1,1	70	0,5	16,8	13

MS	n	E [kJ]	EW [E%]	F [E%]	SFA [%F]	MUFA [%F]	PUFA [%F]	Trans [%F]	Kon [%F]	n3 [%F]	n6 [%F]	KH [E%]	BS [g/MJ]	Ca [mg/MJ]	Fe [mg/MJ]	J [µg/MJ]	VitC [mg/MJ]
1	MW	1751	19,1	33,6	46,5	35,9	16,4	0,9	0,3	2,3	14,1	45,4	2,4	102	1,1	20,1	21
	STABW	658	8,9	13,3	13,8	9,2	7,5	1,0	0,3	1,7	7,2	12,0	1,1	65	0,5	14,6	19
2	MW	1694	22,8	33,8	41,2	38,2	19,8	0,6	0,3	3,0	16,7	41,8	2,0	95	1,1	28,2	32
	STABW	498	7,3	9,1	11,2	5,7	7,8	0,5	0,2	2,4	7,3	11,4	0,9	56	0,5	22,5	27
3	MW	1551	15,5	33,1	39,0	39,7	20,4	0,7	0,2	3,4	17,0	49,5	2,5	105	1,0	30,3	15
	STABW	528	4,5	12,4	7,8	8,5	7,4	0,8	0,2	1,9	7,0	12,1	1,3	53	0,4	22,5	9
Gesamt	MW	1659	18,4	33,4	42,4	37,9	18,7	0,8	0,2	2,9	15,8	46,3	2,4	101	1,1	25,8	21
	STABW	574	7,4	12,0	11,5	8,3	7,6	0,8	0,2	1,9	7,1	12,0	1,1	58	0,5	19,9	19

Anhang 15:

Abhängigkeit der durchschnittlichen Energie- und Nährstoff-Gehalte pro
Mittagsmahlzeit innerhalb des Warmverpflegungssystems

Untersuchungsparameter	Signifikanz ^a	Wert
Energie [kJ]	**	0,006
Protein [E%]	ns	0,802
Fett [E%]	**	0,009
SFA [% Fett]	ns	0,698
MUFA [% Fett]	ns	0,704
PUFA [% Fett]	ns	0,548
Trans-Fettsäuren [% Fett]	ns	0,247
Konjugierte Fettsäuren [% Fett]	ns	0,426
n3-Fettsäuren [% Fett]	ns	0,610
n6-Fettsäuren [% Fett]	ns	0,094
Kohlenhydrate [E%]	*	0,012
Ballaststoffe [g/MJ]	ns	0,302
Calcium [mg/MJ]	ns	0,172
Eisen [mg/MJ]	ns	0,680
Jod [µg/MJ]	ns	0,999
Vitamin C [mg/MJ]	ns	0,347

^aSignifikanzniveau bestimmt mittels der univariaten Varianzanalyse und dem
Zwischensubjektfaktor Küchenart

Abhängigkeit der durchschnittlichen Energie- und Nährstoff-Gehalte pro
Mittagsmahlzeit innerhalb des Frischkostsystems

Untersuchungsparameter	Signifikanz ^a	Wert
Energie [kJ]	ns	0,220
Protein [E%]	ns	0,700
Fett [E%]	ns	0,968
SFA [% Fett]	ns	0,294
MUFA [% Fett]	ns	0,705
PUFA [% Fett]	ns	0,153
Trans-Fettsäuren [% Fett]	ns	0,734
Konjugierte Fettsäuren [% Fett]	ns	0,919
n3-Fettsäuren [% Fett]	ns	0,580
n6-Fettsäuren [% Fett]	ns	0,164
Kohlenhydrate [E%]	ns	0,956
Ballaststoffe [g/MJ]	ns	0,944
Calcium [mg/MJ]	ns	0,955
Eisen [mg/MJ]	ns	0,658
Jod [µg/MJ]	ns	0,510
Vitamin C [mg/MJ]	ns	0,527

^aSignifikanzniveau bestimmt mittels der univariaten Varianzanalyse und dem
Zwischensubjektfaktor Küchenart

Abhängigkeit der durchschnittlichen Energie- und Nährstoff-Gehalte pro
Mittagsmahlzeit innerhalb des Mischküchensystems

Untersuchungsparameter	Signifikanz^a	Wert
Energie [kJ]	ns	0,542
Protein [E%]	*	0,031
Fett [E%]	ns	0,987
SFA [% Fett]	ns	0,104
MUFA [% Fett]	ns	0,347
PUFA [% Fett]	ns	0,231
Trans-Fettsäuren [% Fett]	ns	0,624
Konjugierte Fettsäuren [% Fett]	ns	0,524
n3-Fettsäuren [% Fett]	ns	0,191
n6-Fettsäuren [% Fett]	ns	0,415
Kohlenhydrate [E%]	ns	0,239
Ballaststoffe [g/MJ]	ns	0,555
Calcium [mg/MJ]	ns	0,909
Eisen [mg/MJ]	ns	0,717
Jod [µg/MJ]	ns	0,248
Vitamin C [mg/MJ]	ns	0,064

^aSignifikanzniveau bestimmt mittels der univariaten Varianzanalyse und dem
Zwischensubjektfaktor Küchenart

Anhang 16:

Anteil von Stärke und Zucker an der Kohlenhydrat-Zufuhr [%]

Kita	Stärke [%]	Zucker [%]
1	66	34
2	68	32
3	59	41
4	63	37
5	62	38
6	77	23
7	86	14
8	76	24
9	68	32
10	64	36
11	67	33
12	58	42
13	64	36
14	49	51
15	64	36
16	71	29
17	93	7
18	64	36
19	61	39
20	55	45
21	68	32
22	69	31
23	71	29
24	73	27
25	62	38
26	62	38
27	59	41
28	79	21
29	67	33
30	68	32

Anhang 17:

Unterschied zwischen referenzanalytisch und nahinfrarotspektroskopisch ermittelten Nährwert-Gehalten

Untersuchungsparameter	Signifikanz ^a	Wert
Protein [g/100g]	ns	0,885
Fett [g/100g]	ns	0,965
Ballaststoffe [g/100g]	ns	0,273
Zucker [g/100g]	ns	0,728
Stärke [g/100g]	ns	0,878
Asche [g/100g]	*	0,020

^aSignifikanzniveau bestimmt mittels t-Test und der Gruppierungsvariable Bestimmungsmethode

Anhang 18:

Korrelation zwischen referenzanalytisch und nahinfrarotspektroskopisch ermittelten Nährwert-Gehalten

Untersuchungsparameter	Korrelation ^a	Wert
Protein [g/100g]	sehr hoch	0,989
Fett [g/100g]	sehr hoch	0,972
Ballaststoffe [g/100g]	gering	0,343
Zucker [g/100g]	hoch	0,895
Stärke [g/100g]	sehr hoch	0,975
Asche [g/100g]	gering	0,431

^aKorrelationskoeffizient bestimmt nach Pearson

Anhang 19:

Unterschied zwischen referenzanalytisch bestimmten und mit DGE-PC berechneten Nährwert-Gehalten

Untersuchungsparameter	alle Speisen		„gut berechenbare Speisen“		„Vergleichsspeisen“	
	Signifikanz ^a	Wert	Signifikanz ^a	Wert	Signifikanz ^a	Wert
Energie	ns	0,398	ns	0,718	ns	0,392
Eiweiß	ns	0,622	ns	0,400	ns	0,874
Fett	ns	0,804	ns	0,388	ns	0,605
SFA	***	0,000	***	0,000	*	0,028
MUFA	*	0,011	ns	0,836	***	0,000
PUFA	***	0,000	***	0,000	***	0,000
n3-Fettsäuren	***	0,000	***	0,001	**	0,002
n6-Fettsäuren	ns	0,084	**	0,010	ns	0,599
Zucker	ns	0,502	ns	0,407	ns	0,897
Stärke	ns	0,133	ns	0,380	ns	0,162
Kohlenhydrate	ns	0,101	ns	0,239	ns	0,251
Ballaststoffe	***	0,000	***	0,000	ns	0,424
Wasser	ns	0,148	ns	0,501	ns	0,149
Asche	***	0,000	ns	0,061	***	0,000
Calcium	ns	0,224	ns	0,291	ns	0,527
Eisen	***	0,000	***	0,000	***	0,000
Jod	***	0,000	ns	0,061	***	0,000
Vitamin C	*	0,020	ns	0,162	***	0,001

^aSignifikanzniveau bestimmt mittels t-Test und der Gruppierungsvariable Bestimmungsmethode

Anhang 20:

Korrelation zwischen referenzanalytisch bestimmten und mit DGE-PC berechneten Nährwert-Gehalten.

Untersuchungsparameter	alle Speisen		„gut berechenbare Speisen“		„Vergleichsspeisen“	
	Korrelation ^a	Wert	Korrelation ^a	Wert	Korrelation ^a	Wert
Energie	hoch	0,864	sehr hoch	0,911	hoch	0,808
Eiweiß	hoch	0,893	sehr hoch	0,916	hoch	0,869
Fett	hoch	0,796	hoch	0,848	hoch	0,728
SFA	gering	0,461	mittel	0,556	gering	0,345
MUFA	gering	0,379	mittel	0,573	sehr gering	0,053
PUFA	gering	0,456	mittel	0,515	gering	0,364
n3-Fettsäuren	sehr gering	0,143	sehr gering	0,122	gering	0,237
n6-Fettsäuren	gering	0,396	mittel	0,527	sehr gering	0,157
Zucker	hoch	0,877	sehr hoch	0,909	hoch	0,849
Stärke	sehr hoch	0,928	sehr hoch	0,964	hoch	0,846
Kohlenhydrate	sehr hoch	0,918	sehr hoch	0,941	hoch	0,885
Ballaststoffe	gering	0,252	gering	0,313	sehr gering	0,178
Wasser	sehr hoch	0,906	sehr hoch	0,935	hoch	0,865
Asche	gering	0,346	gering	0,338	gering	0,398
Calcium	hoch	0,822	hoch	0,856	hoch	0,786
Eisen	gering	0,456	mittel	0,572	gering	0,336
Jod	gering	0,325	gering	0,42	gering	0,204
Vitamin C	hoch	0,858	hoch	0,891	mittel	0,595

^aKorrelationskoeffizient bestimmt nach Pearson

Anhang 21:

Analysenspielräume

Untersuchungsparameter	ermittelter Gehalt	Analysenspielraum*
Eiweiß	weniger als 16,0 %	± 0,4 E
	16,0 % bis 32,0 %	± 2,5 % R
	mehr als 32,0 %	± 0,8 E
Fett	0,4 % bis 10,0 %	± 0,4 E
	mehr als 10,0 % bis 20,0 %	± 4 % R
	mehr als 20,0 %	± 0,8 E
Stärke	weniger als 12,0 %	± 0,6 E
	12,0 % bis 20,0 %	± 5 % R
	mehr als 20,0 %	± 1 E
Zucker	0,5 % bis 25,0 %	± 0,5 E
	mehr als 25,0 % bis 50,0 %	± 2 % R
	mehr als 50,0 %	± 1 E
Wasser	15,0 % und weniger	± 0,3 E
	mehr als 15,0 %	± 2 % R
Ballaststoffe	0,4 % bis 10,0 %	± 0,4 E
	mehr als 10,0 %	± 4 % R
Cacium	0,2 % bis 0,5 %	± 0,05 E
	mehr als 0,5 % bis 5,0 %	± 10 % R
	mehr als 5,0 %	± 0,5 E
Eisen	weniger als 5 mg/kg	± 50 % R
	5 bis 10 mg/kg	± 2,5 E
	mehr als 10 bis 30 mg/kg	± 25 % R
	mehr als 30 bis 50 mg/kg	± 7,5 E
	mehr als 50 mg/kg	± 15 % R
Asche	0,2 % bis 10,0 %	± 0,2 E
	mehr als 10,0 %	± 2 % R

* E = Einheiten absolut, bezogen auf die Speise

% R = % relativ, bezogen auf den ermittelten Gehalt

Anhang 22:

Ermittelte ACW- und Vitamin C-Gehalte in verschiedenen Speisen

Speise	ACW-Gehalt [mg/100g]	Vitamin C-Gehalt [mg/100g]
Banane	9,5	2,8
Kartoffelbrei	7,8	3
Sauerkraut	19,7	0,8
Salzkartoffeln	27,3	19,9
Nudeln mit Tomatensoße	3,7	1,7
Linteneintopf mit Wiener Würstchen	9,7	0
Farmersalat	12,3	0,9
Salzkartoffeln	3,5	0
Nektarinen	44,3	0,6
Kartoffelsuppe	1,4	0
Nudeln mit Tomatensoße	5,5	5,8
Buttergemüse mit Reis	5,7	6,2
Salzkartoffeln	58,6	18,5
Rote Beete Salat	104,1	0
Nudeln mit Tomatensoße	6,8	7,2
Spinat	34,8	9,1
Salzkartoffeln	4,3	1
Äpfel/Trauben	82	0,6
Romasalat	5,8	0,2
Eisbergsalat	12,1	0
Tortellini mit Tomatensoße	2,5	0,7
Kartoffelbrei	8,8	3,1
Spinat	139,2	9,2
Gemüse-Nudel Auflauf	4,4	0
Salzkartoffeln	33	20,5
Rahmgemüse	10,3	5,7
Kartoffelsmileys	11,2	0
Kartoffelbrei	13,6	2,2
Teigtaschen mit Spinatfüllung	1,6	0
Orangen	65,8	60,7
Tomatensalat	20,9	3,8
Nudeln mit Tomatensoße	5	7,2
Birnen	31,8	2,7
Paprika	126,3	121,4
Tortellini mit Tomatensoße	3,8	0
Schwedenspeise	47,1	10,3
Spinat	17,6	4,1
Grießnockerlsuppe	0,3	0
Spinat	23,6	7,5
Salzkartoffeln	6,4	6,3
Rösti und Tomatensoße	17	2,4
Kartoffelbrei	13,4	2,3
Pommes frites mit Ketchup	17,8	9,6
Birnen	6	1,8
Salzkartoffeln	6,1	1

Speise	ACW-Gehalt [mg/100g]	Vitamin C-Gehalt [mg/100g]
Kiwi	64,2	53,3
Karotten	2,3	0,5
Apfelmus	43,2	0
Pommes frites mit Ketchup	28	12,1
Karottengemüse	22,2	0,5
Nudeln mit Tomatensoße	4	3,4
Ananas	66	58,4
Pizza	7	5,2
Feldsalat	62,9	8,3
Feldsalat	80,1	12,7
Kartoffeln	6,8	5,7
Kiwi	61,8	53,3
gemischter Salat	7,8	1,6
Kartoffel-Brokkoli-Gratin	34,7	7,1
Kartoffeln	42,8	5,1
gemischter Salat	32	1
Apfel	21,4	5,2
Spinat	13,5	0
Salzkartoffeln	8,4	0,9
Apfel/Erdbeeren	54,3	13,9
Kartoffeln	12,2	5,4
Apfel/Kiwi/Birne	4,8	2,1
Spinat	26,1	4
Salzkartoffeln	26,4	8,6
Wassermelone	17,9	6,5
Nudeln mit Thunfischsoße	3,4	1,8
Aprikosen	28,6	0,2
Salzkartoffeln	21,1	8,2
Tomatensalat	21,5	18,3
Spinat	45,8	22,3
Salzkartoffeln	9	4,2
Apfelmus	127,5	27,1
Spinat	35	22,3
Salzkartoffeln	25	2,9
gebackene Gemüsestäbchen	7,5	0
Kartoffel-Lauch-Gratin	11,1	7
Pizza Cheese & Onion	9,1	4,7
Kloß mit Soße	17,2	10,6
Karottenecken	11,7	0,2
Wassermelone/Kirschen	36,1	2,7
Spinat	24,4	2,4
Salzkartoffeln	21,4	1,8
Kartoffelbrei	4,3	1,1
Tomate/Mozzarella	12,9	3
Gemüsebratlinge	5,2	0,5
Kopfsalat	13,2	0,1
Aprikosen	15,3	1,2
gebackene Gemüsestäbchen	31,7	7,6
Pichelsteiner Eintopf	22,8	7,4
Rahmgemüse	91,3	16,6
Bohneneintopf	34,6	3,2

Speise	ACW-Gehalt [mg/100g]	Vitamin C-Gehalt [mg/100g]
Maultaschen	4,5	0
Kartoffelbrei	18,4	0,1
Apfel	16,6	0,3
gemischter Salat mit Rettich	148,2	0,8
Schattenmorellen	128,8	0,7
Salzkartoffeln	19,9	17
Spinat	36,1	22,3
Salzkartoffeln	11,7	4,2
Nudeln mit Tomatensoße	11,6	4,1
Spinat	23,4	5,5
Kartoffeln	14,7	8,6
Nektarinen	32,5	1,3
Nudeln mit Gemüsesoße	4	1,4
Kiwi	70,3	67,4
Salat	13,4	0,3
Salat mit Roter Beete	56,7	0,2
Nudelsuppe	1,5	0
Hähnchen mit Reis und Soße	3,1	0
Geflügelburger	4	3,5
Rote Grütze	24,3	0,4
Bruschetta	17	7,4
Hühnerschnitzel	3,1	0
Geschnetzeltes mit Reis	1,9	0,5
Gemüsesuppe	4,3	0
Asiageschnetzeltes mit Reis	8,3	6
Gulasch mit Nudeln	5,1	4,4
Grießnockerlsuppe	0,4	0
gefüllte Paprika	57,5	51,7
Orangenpudding	44,1	30,8
Pangasius mit Soße	8,9	0
Putencurry mit Reis	5,2	2,9
Nudelsuppe	6	2,2
Gemüsesuppe	10,7	2,2
Gemüsesuppe	9,1	1,7
Wiener Würstchen	33	7,5
Geschnetzeltes mit Reis	3,8	3,3
Apfel-Aprikosen-Pudding	32,6	0,8
Kirschjoghurt	30,3	0,4
Gemüsesuppe	4,8	1,3
Erbsensuppe	7,2	4
Asiageschnetzeltes mit Reis	5,2	0
Blaukraut	139,6	2,8
Blaukraut	164,7	8,4
Blaukraut	154,5	7
Blaukraut	176,3	0

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Bianca Müller
Geburtsdatum: 26. Juli 1980
Geburtsort: Lichtenfels
Familienstand: ledig
Staatsangehörigkeit: deutsch

Schulbildung

09.1986 – 07.1990 Grundschule Mainroth
09.1990 – 06.1999 Gymnasium Burgkunstadt
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

Hochschulstudium

10.1999 – 04.2005: Studium der Ökotrophologie an der TU München
Weihenstephan
Abschluss: Dipl.-Ökotrophologin (Univ.)

Promotion

seit April 2005: Promotion an der TU München, Zentralinstitut für
Ernährungs- und Lebensmittelforschung (ZIEL), Abteilung
Bioanalytik