



universität
wien

DISSERTATION

Untersuchungen zur Qualität und Optimierung von Beikostprodukten
für Säuglinge ab dem 6. Lebensmonat

angestrebter akademischer Grad

Doktor der Naturwissenschaften (Dr^a. rer.nat.)

Verfasserin / Verfasser: Mag^a. Agnes Regina Hertel
Matrikel-Nummer: 9803226
Dissertationsgebiet: Ernährungswissenschaften
Betreuer: o. Univ.-Prof. Dr. I. Elmadfa

Wien, am 02. April 2010

Danksagung

Herrn o. Univ.-Prof. Dr. Ibrahim Elmadfa für die Bereitstellung des interessanten Dissertationsthemas, die Möglichkeit mit seiner Unterstützung am Department zu promovieren, sowie die Gelegenheit, 3 Jahre als technische Assistentin am Institut zu arbeiten.

Dr. Petra Rust, die mich in jeder Phase der Dissertation begleitet wie auch unterstützt hat und sich trotz ausgefülltem timetable immer Zeit für mich genommen hat.

Ao. Univ. Prof. Dr. Karl-Heinz Wagner, der für jeden ein offenes Ohr hat und auch mir während meiner Zeit im Labor oftmals bei der Lösung von Problemstellungen weitergeholfen hat.

Markus Spannbruckner, mit dem ich am liebsten im Labor zusammen gearbeitet und bereits „tausend & einen Tag“ im Labor verbracht habe. Die Tage an der Uni waren geprägt von gegenseitigem sich Ergänzen und Motivieren. Mein labortechnisches Wissen verdanke ich zum Großteil ihm.

Gheorghe Mare, der mir oft den „Spiegel vor Augen“ gehalten hat und mich gelehrt hat Dinge aus dem richtige Blickwinkel zu sehen. Der mir öfters Helfer in der Not war und ohne den meine Zeit auf der Uni nur halb so humorvoll gewesen wäre.

Mag. Irene Tramp, Mag. Sonja Kanzler, Mag. Verena Hasenegger, Dr. Elisabeth Fabian und Mag. Doris Freistetter um nur einige meiner lieben Kollegen und Freunde auf der Uni zu nennen. Ihr seid mir während dieser Zeit zu einer Art Ersatzfamilie geworden. Der fachliche aber auch persönliche Austausch mit euch hat mein Leben positiv geprägt.

Meinen Eltern für die Ermöglichung der Dissertation. Dass sie alle Probleme und Schwierigkeiten, die in den letzten Jahren mein Leben gestreift haben, mitgetragen haben. Für ihr immer währendes offenes Ohr und die helfenden Hände, wenn meine zu schwach waren. Ohne euch hätte ich es nicht geschafft.

Wolfgang Kadiofsky, der mein Leben positiv geprägt hat und mir viele Jahre lang gezeigt hat was es heißt, ein treuer und selbstloser Freund zu sein...in guten wie auch schlechten Zeiten. Du bist in meinen Erinnerungen lebendig. Danke.

Meinen lieben Eltern

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----|
| INHALTSVERZEICHNIS..... | I |
| TABELLENVERZEICHNIS..... | V |
| ABBILDUNGSVERZEICHNIS..... | IX |
| ABKÜRZUNGEN..... | XII |
| | |
| 1 EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG..... | 1 |
| 2 LITERATURÜBERSICHT..... | 3 |
| 2.1 Säuglingsernährung im Wandel der Zeit..... | 3 |
| 2.1.1 20. Jahrhundert..... | 3 |
| 2.1.2 21. Jahrhundert..... | 5 |
| 2.2 Für das 1. Lebensjahr relevante Nährstoffe..... | 6 |
| 2.2.1 Ernährungsphysiologischer Hintergrund..... | 6 |
| 2.2.2 Nährstoffbedarf und Zufuhrempfehlungen für Säuglinge im 1. Lebensjahr..... | 9 |
| 2.2.3 Tolerable upper intake level (UL)..... | 10 |
| 2.3 Empfehlung der Säuglingsernährung basierend auf der Lebensmittelauswahl... | 12 |
| 2.3.1 Der Ernährungsplan für das 1. Lebensjahr..... | 12 |
| 2.3.1.1 Milchernährung..... | 13 |
| 2.3.1.2 Beikost..... | 13 |
| 2.3.1.2.1 Selbstzubereitung und/oder industriell hergestellte Beikost..... | 14 |
| 2.3.1.2.2 Nährstoff-Supplemente im 1.-3. Lebensjahr..... | 15 |
| 2.3.1.2.3 Beikostmahlzeiten als Quelle für limitierende Nährstoffe ab dem 6. Lebensmonat..... | 15 |
| 2.3.1.2.4 Allergenes Potential von Lebensmitteln..... | 18 |
| 2.3.1.3 Familienkost – optimierte Mischkost „Optimix“..... | 19 |
| 2.4 Getreidebeikostprodukte auf (Kuh)milchbasis..... | 19 |
| 2.4.1 Ausgewählte Getreidearten und Pseudocerealien..... | 20 |
| 2.4.2 Kuhmilch im 1. Lebensjahr..... | 21 |
| 2.4.2.1 Problematische Nährstoffe in der Kuhmilch..... | 22 |
| 2.5 Gesetzlicher Hintergrund..... | 23 |
| 2.5.1 Beikosternährung..... | 23 |
| 2.5.1.1 Richtlinie 2006/125/EG..... | 23 |
| 2.5.1.2 Anreicherung von Nährstoffen & Kennzeichnung..... | 25 |
| 2.5.2 Gesetzlicher Hintergrund der Kindermilch..... | 26 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.5.2.1 | Nährstoffanreicherung..... | 26 |
| 3 | MATERIAL UND METHODEN..... | 27 |
| 3.1 | Überblick über das Studiendesign | 27 |
| 3.2 | Untersuchungsmaterial | 28 |
| 3.2.1 | Getreidebeikostprodukte ab dem 6. Lebensmonat | 28 |
| 3.2.2 | Kinder-Vollmilch ab dem 12. Lebensmonat | 29 |
| 3.3 | Aufbereitung der Proben | 29 |
| 3.4 | Chemikalien und Standardsubstanzen | 31 |
| 3.4.1 | Photometrische Konzentrationsbestimmung..... | 33 |
| 3.5 | Bestimmung von Brennwert und Hauptnährstoffen | 35 |
| 3.5.1 | Physikalischer Brennwert..... | 35 |
| 3.5.2 | Physiologischer Brennwert..... | 36 |
| 3.5.3 | Gesamtproteingehalt..... | 37 |
| 3.5.4 | Fettgehalt | 38 |
| 3.5.5 | Fettsäuremuster | 40 |
| 3.5.6 | Gesamtballaststoffe | 42 |
| 3.5.7 | Kohlenhydrate | 45 |
| 3.5.8 | Trockensubstanzgehalt..... | 45 |
| 3.5.9 | Wassergehalt | 46 |
| 3.5.10 | Glührückstand (Asche)..... | 46 |
| 3.6 | Fettlösliche Vitamine | 48 |
| 3.6.1 | Vitamin D ₃ | 48 |
| 3.6.2 | Vitamin E..... | 51 |
| 3.6.3 | Vitamin A..... | 54 |
| 3.6.4 | Carotinoide..... | 56 |
| 3.7 | Wasserlösliche Vitamine | 59 |
| 3.7.1 | Thiamin (Vitamin B ₁) | 59 |
| 3.7.2 | Riboflavin (Vitamin B ₂) | 61 |
| 3.7.3 | Pyridoxin & Pyridoxal (Vitamin B ₆) & Folsäure | 63 |
| 3.8 | Mineral- und Spurenelemente | 67 |
| 3.8.1 | Extraktherstellung | 67 |
| 3.8.2 | Mineralstoffanalyse mittels Flammenatomabsorptionsspektrometrie (FAAS)... | 69 |
| 3.9 | Qualitätssicherung | 70 |
| 3.9.1 | Variationskoeffizient (Präzision)..... | 70 |
| 3.9.2 | Wiederfindung (Richtigkeit)..... | 70 |
| 3.9.3 | Nachweisgrenze..... | 71 |
| 3.10 | Statistische Auswertung..... | 73 |
| 4 | ERGEBNISSE UND DISKUSSION..... | 74 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 4.1 | Optimieren von Getreidebeikost auf Milchbasis | 74 |
| 4.1.1 | Auslobung der Getreidesorten..... | 75 |
| 4.1.1.1 | Amaranth | 75 |
| 4.1.1.2 | Hafer(mehl)..... | 75 |
| 4.1.1.3 | Reis(mehl) | 75 |
| 4.1.2 | Nährstoffanreicherung | 76 |
| 4.1.2.1 | Technologischer Hintergrund & chemische Form der Nährstoffe..... | 76 |
| 4.1.2.2 | Anreicherung von Getreide-Beikost..... | 76 |
| 4.2 | Einfluss der Getreideart auf den Nährwert des Breis | 81 |
| 4.2.1 | Schwankung der Rohstoffe im Nährstoffgehalt | 81 |
| 4.2.2 | Amaranth-Weizen Getreidebeikost (Rohprodukt)..... | 82 |
| 4.2.3 | Hafer Getreidebeikost (Rohprodukt)..... | 85 |
| 4.2.4 | Reis Getreidebeikost (Rohprodukt) | 87 |
| 4.3 | Verzehrfertige Milch-Getreide-Beikost im Blickwinkel von Wissenschaft und Gesetz | 90 |
| 4.3.1 | Makronährstoffe | 90 |
| 4.3.1.1 | Energie & Energiedichte | 90 |
| 4.3.1.2 | Protein | 91 |
| 4.3.1.3 | Fett..... | 94 |
| 4.3.1.3.1 | Fettsäuremuster..... | 95 |
| 4.3.1.4 | Kohlenhydrate..... | 97 |
| 4.3.2 | Vitamine..... | 100 |
| 4.3.2.1 | Vitamin B ₁ | 101 |
| 4.3.2.2 | Vitamin B ₂ | 102 |
| 4.3.2.3 | Vitamin B ₆ | 103 |
| 4.3.2.4 | Synthetische Folsäure (Pteroylmonoglutaminsäure, PGA) | 105 |
| 4.3.2.5 | Vitamin D | 106 |
| 4.3.2.6 | Vitamin E | 107 |
| 4.3.2.7 | Vitamin A | 108 |
| 4.3.3 | Mineralstoffe und Spurenelemente..... | 111 |
| 4.3.3.1 | Calcium..... | 112 |
| 4.3.3.2 | Magnesium | 113 |
| 4.3.3.3 | Eisen..... | 114 |
| 4.3.3.4 | Zink..... | 115 |
| 4.4 | Unterschiede im Nährstoffgehalt eines Milch-Getreide-Breis in Abhängigkeit von der Zubereitung (Milchart) | 118 |
| 4.4.1 | Säuglingsmilch..... | 118 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4.4.2 | Kuhmilch | 118 |
| 4.4.3 | Vollmilch- und Folgemilchbrei im Vergleich | 119 |
| 4.4.3.1 | Makronährstoffe | 120 |
| 4.4.3.2 | Mikronährstoffe | 120 |
| 4.5 | Einflussnahme von äußeren Umständen auf den Nährstoffgehalt von Getreide-Beikost | 121 |
| 4.5.1 | Veränderter Nährstoffgehalt im Rohprodukt durch Produktmanipulation und -lagerung | 123 |
| 4.5.1.1 | Theoretisch kalkulierte Nährstoffgehalte im Vergleich mit den laborchemisch ermittelten Nährstoffgehalten der Rohprodukte während ihrer Mindesthaltbarkeit (WMH)..... | 123 |
| 4.5.1.2 | Analytisch ermittelte Nährstoffverluste im Rohprodukt am Ende der Mindesthaltbarkeit (EMH) bedingt durch Produktlagerung..... | 125 |
| 4.5.2 | Kalkulierte Verluste der technologisch angereicherten Vitamine im verzehrfertigen Brei | 131 |
| 4.5.3 | Erfüllt die analysierte Getreidebeikost die gesetzlichen Anforderungen? | 132 |
| 4.6 | Kinder-Vollmilch (KVM) ab dem 1. Lebensjahr | 133 |
| 4.6.1 | Produktdesign | 133 |
| 4.6.2 | Haltbarkeit | 133 |
| 4.6.3 | Nährstoffanreicherung..... | 133 |
| 4.6.4 | Pilotprojekt | 134 |
| 4.6.4.1 | Kindervollmilch (KVM) 1 | 134 |
| 4.6.4.2 | Kindervollmilch (KVM) 2..... | 135 |
| 4.6.5 | Chargenvariation & Produktionsverluste | 136 |
| 5 | SCHLUSSBETRACHTUNG..... | 138 |
| 6 | ZUSAMMENFASSUNG | 143 |
| 7 | SUMMARY..... | 145 |
| 8 | LITERATURVERZEICHNIS | 147 |

TABELLENANHANG

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tab. 1: UL für Vitamine und Mineralstoffe: Erwachsene (<17J), Kleinkinder (1-3J) und Säuglinge (0-1J) | 11 |
| Tab. 2: Energie- und Nährstoffgehalte in kommerziellen Beikostmahlzeiten ermittelt im Zuge der DONALD-Studie | 17 |
| Tab. 3: Aus der Nährwerttabelle entnommene Nährwertangaben für verschiedene Getreidearten als ganzes Korn | 21 |
| Tab. 4: Nährstoffangaben pro 100ml bzw. 100g trinkfertige Milch | 22 |
| Tab. 5: Photometrische Konzentrationsbestimmung von Standardsubstanzen | 34 |
| Tab. 6: Richtwerte für die Probeneinwaage beim Säureaufschluss | 39 |
| Tab. 7: Parameter der zur Extraktion verwendeten modifizierten Methode | 40 |
| Tab. 8: Gaschromatographische Bedingungen der Fettsäureanalytik | 42 |
| Tab. 9: Geräteeinstellung der präparativen HPLC zur Aufreinigung der Probe | 49 |
| Tab. 10: Geräteeinstellung der analytischen HPLC zur Quantifizierung des Vitamin D ₃ Gehaltes in der Probe | 50 |
| Tab. 11: Einstellungen an der NP-HPLC zur Vitamin E Bestimmung | 53 |
| Tab. 12: Berechnung der Vitamin E Wirksamkeit..... | 54 |
| Tab. 13: RP-HPLC Einstellungen für die Analyse von Vitamin A..... | 55 |
| Tab. 14: Berechnung der Vitamin A Wirksamkeit..... | 55 |
| Tab. 15: Chromatographische Bedingungen zur Bestimmung von Carotinoiden..... | 57 |
| Tab. 16: Berechnung der Carotinoid Wirksamkeit..... | 57 |
| Tab. 17: Chromatographische Bedingungen zur Bestimmung von Thiamin | 60 |
| Tab. 18: Chromatographische Bedingungen zur Bestimmung von Riboflavin | 62 |
| Tab. 19: Chromatographische Bedingungen zur Bestimmung von Pyridoxal, Pyridoxin & Folat..... | 65 |

| | |
|---|----|
| Tab. 20: Mikrowellenaufschlussprogramm nach Milestone | 68 |
| Tab. 21: Analytische Parameter zur Bestimmung von Calcium, Magnesium, Zink, Eisen und Kalium mittels FAAS..... | 69 |
| Tab. 22: Chemische Form und Konzentration der Anreicherung pro 100g Beikostprodukt | 76 |
| Tab. 23: Berechnete Nährstoffzufuhr über Muttermilch und Beikost eines Säuglings nach dem 5. Monat..... | 79 |
| Tab. 24: Kalkulierter Nährstoffgehalt im Amaranth-Weizen-Rohprodukt und -Brei..... | 80 |
| Tab. 25: Kalkulierter Nährstoffgehalt im Hafer-Rohprodukt und -Brei | 80 |
| Tab. 26: Kalkulierter Nährstoffgehalt im Reis-Rohprodukt und -Brei | 80 |
| Tab. 27: Laborchemisch ermitteltes Nährstoffprofil der Rohprodukte Amaranth-Weizen, Hafer und Reis als unzubereitete Getreidebeikost | 81 |
| Tab. 28: Saisonale Variation im Mineralstoffgehalt..... | 82 |
| Tab. 29: Mittels HPLC ermittelte Vitamin E Homologe in den einzelnen Rohprodukten..... | 84 |
| Tab. 30: Analytierte Hauptnährstoffe in den mit Vollmilch zubereiteten Beikostprodukten..... | 90 |
| Tab. 31: Analytierte Hauptnährstoffe in den mit 1/3 Folgemilch zubereiteten Beikostprodukten..... | 90 |
| Tab. 32: Zusammenhang von Energiedichte und Fett- und Wassergehalt in kohlenhydrathältigen Lebensmitteln am Bsp. des Amaranth-Weizen Beikostprodukts..... | 91 |
| Tab. 33: Proteingehalt und Prozentsatz der Proteine an der Energiezufuhr in der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch.. | 94 |
| Tab. 34: Fettgehalt und Prozentsatz des Fettes an der Energiezufuhr in der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch.. | 95 |
| Tab. 35: Mittelwerte des analysierten Fettsäuremusters im Vollmilchbrei | 96 |
| Tab. 36: Mittelwerte des analysierten Fettsäuremusters im 1/3 Folgemilchbrei | 97 |

| | |
|--|-----|
| Tab. 37: Kohlenhydratdichte und Prozentsatz der Kohlenhydrate an der Energiezufuhr in der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch..... | 98 |
| Tab. 38: Ermittelte wasserlösliche- und fettlösliche Vitamine im Vollmilch-Getreide-Brei..... | 100 |
| Tab. 39: Ermittelte wasserlösliche- und fettlösliche Vitamine im 1/3 Folgemilch-Getreide-Brei | 101 |
| Tab. 40: Thiamingehalt und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch | 102 |
| Tab. 41: Riboflavingehalt und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch | 103 |
| Tab. 42: Pyridoxingehalt und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch | 104 |
| Tab. 43: Vitamin E Homologe in den untersuchten Vollmilch-Breien..... | 107 |
| Tab. 44: Vitamin E Homologe in den untersuchten 1/3 Folgemilch-Breien | 107 |
| Tab. 45: Gehalt an Tocopheroläquivalenten und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch..... | 108 |
| Tab. 46: Ermittelte Mineralstoffe und Spurenelemente im Vollmilch-Getreide-Brei ... | 111 |
| Tab. 47: Ermittelte Mineralstoffe und Spurenelemente im Folgemilch-Getreide-Brei | 111 |
| Tab. 48: Ermittelte Mineralstoffe in zur Breizubereitung verwendeten Voll- und Folgemilch | 112 |
| Tab. 49: Calciumgehalt und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch | 113 |

| | |
|---|-----|
| Tab. 50: Magnesiumgehalt und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch..... | 114 |
| Tab. 51: Eisengehalt und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch..... | 115 |
| Tab. 52: Zinkgehalt und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch..... | 116 |
| Tab. 53: Statistisch ermittelte Unterschiede im Energie- und Nährstoffgehalt der untersuchten Breie in Abhängigkeit der Zubereitung mit Vollmilch (VM) oder Folgemilch (FM) | 119 |
| Tab. 54: Kalkulierter (Soll) und analytisch ermittelter (Ist) Nährstoffgehalt in den Rohprodukten der neuen Produkte Amaranth-Weizen, Hafer und Reis während (WMH) und am Ende der Mindesthaltbarkeit (EMH) | 122 |
| Tab. 55: Kalkulation der Nährstoffanreicherung auf Basis einer 3,5% Vollmilch pro 100ml (Verpackungseinheit)..... | 134 |
| Tab. 56: Ermitteltes Nährstoffprofil der Kindervollmilch (KVM1, KVM2) durch laborchemische Analyse und Vergleich der angereicherten Nährstoffe mit den D-A-CH Empfehlungen..... | 135 |
| Tab. 57: Nährstoffhomogenität in den vier untersuchten Chargen der Kindervollmilch 1&2..... | 136 |
| Tab. 58: Anhand von Nährwerttabelle berechneter Nährstoff Soll-Gehalt der Milch und angereicherte Nährstoffmenge im Vergleich zum analytisch ermittelten Ist-Gehalt..... | 137 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abb. 1: Ableitung des Upper Levels für Nährstoffe | 11 |
| Abb. 2: Der Ernährungsplan für das 1. Lebensjahr, entwickelt vom Forschungs- institut für Kinderernährung (FKE) in Dortmund | 12 |
| Abb. 3: Selbst zubereitete und kommerzielle Beikostmahlzeiten im „Ernährungsplan für das 1. Lebensjahr“ | 14 |
| Abb. 4: Prozentualer Gehalt an Mineralstoffen, Spurenelementen und Vitaminen in den 4 Mahlzeitentypen (Säuglingsmilch & 3 Beikostmahlzeiten) des Ernährungsplans des FKE | 16 |
| Abb. 5: Makronährstoffe in den 4 Mahlzeitentypen des „Ernährungsplans für das 1. Lebensjahr“ des FKE | 25 |
| Abb. 6: Schematische Darstellung des Studiendesigns | 27 |
| Abb. 7: Standard (1) Interner Standard D ₂ , (2) Vitamin D ₃ | 51 |
| Abb. 8: Beispieldiagramm einer Probe (1) Interner Standard D ₂ , (2) Vitamin D ₃ | 51 |
| Abb. 9: Chromatogramm einer Probe (Vitamin E) | 53 |
| Abb. 10: Vitamin E - Mischstandard | 53 |
| Abb. 11: Vitamin A - Mischstandard | 56 |
| Abb. 12: Chromatogramm einer Probe (Vitamin A) | 56 |
| Abb. 13: Carotinoid - Mischstandard | 58 |
| Abb. 14: Chromatogramm einer Probe (Carotinoide) | 58 |
| Abb. 15: Standard (1) Thiamin Hydrochlorid | 61 |
| Abb. 16: Chromatogramm einer Probe (1) Thiamin | 61 |
| Abb. 17: Standard (1) Riboflavin | 63 |
| Abb. 18: Chromatogramm einer Probe (1) Riboflavin | 63 |
| Abb. 19: Mischstandard [FLU] - B Vitamine | 66 |
| Abb. 20: Chromatogramm einer Probe [FLU] (B Vitamine) | 66 |

| | |
|--|-----|
| Abb. 21: Einfluss von 25% Amaranthmehl (H-A-W) auf das Fettsäuremuster (GFS-MFS-PFS) im Vergleich zu 100% Weizengrieß (H-WG) | 83 |
| Abb. 22: Analytisch ermittelte Gehalte an Magnesium- und Calcium (mg/100g) in den Rohprodukten | 89 |
| Abb. 23: Analytisch ermittelte Gehalte an Eisen und Zink (mg/100g) in den Rohprodukten | 89 |
| Abb. 24: Prozentanteil an Protein, Fett und Kohlenhydraten bezogen auf die Energiezufuhr durch die untersuchten Vollmilchbreie | 92 |
| Abb. 25: Prozentanteil an Protein, Fett und Kohlenhydraten bezogen auf die Energiezufuhr durch die untersuchten Folgemilchbreie | 93 |
| Abb. 26: Zufuhr an Hauptnährstoffen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Vollmilch-Brei (n=4) im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%) pro Tag | 99 |
| Abb. 27: Zufuhr an Hauptnährstoffen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Folgemilch-Brei (n=4) im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%) pro Tag | 99 |
| Abb. 28: Zufuhr an wasserlöslichen Vitaminen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Vollmilch-Brei im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%).... | 109 |
| Abb. 29: Zufuhr an fettlöslichen Vitaminen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Vollmilch-Brei (n=4) im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%)..... | 109 |
| Abb. 30: Zufuhr an wasserlöslichen Vitaminen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Folgemilch-Brei (n=4) im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%) | 110 |
| Abb. 31: Zufuhr an fettlöslichen Vitaminen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Folgemilch-Brei (n=4) im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%) | 110 |
| Abb. 32: Zufuhr an Mineralstoffen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Vollmilch-Brei (n=4) im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%) | 117 |

-
- Abb. 33: Zufuhr an Mineralstoffen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Folgemilch-Brei (n=4) im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%)..... 117
- Abb. 34: Verbleibende Konzentrationen an Thiamin und Riboflavin ($\mu\text{g}/100\text{gTS}$) in den neuen Beikostprodukten (n=4) am Ende der deklarierten Mindesthaltbarkeit (EMH) im Vergleich zum Frischprodukt während der Mindesthaltbarkeit..... 126
- Abb. 35: Konzentration von angereichertem Vitamin D₃ und natürlich vorkommenden Retinoläquivalenten (RÄ) ($\mu\text{g}/100\text{g TS}$) in den Produkten (n=4) Amaranth-Weizen und Hafer am Ende der deklarierten Mindesthaltbarkeit (EMH) im Vergleich zum Frischprodukt (FP) (=WMH)..... 128
- Abb. 36: Verbleibende Konzentration an Vitamin E Homolgen ($\mu\text{g}/100\text{g TS}$) in den Produkten (n=4) Amaranth-Weizen und Hafer am Ende der deklarierten Mindesthaltbarkeit (EMH) im Vergleich zum Frischprodukt (FP) (=WMH) .. 130

Abkürzungen

| | |
|-------------------------------|---|
| (F)-AAS | (Flammen)-Atom-Absorptions-Spektrometrie |
| AI | Adequate Intake |
| ASE® | Accelerated Solvent Extractor |
| A-W | Himmeltau Beikostprodukt Amaranth-Weizen (25:75) |
| BHT | Butylhydroxytoluol |
| BRP bzw. RP | Beikost-Roh-Produkt (im Handel erhältliches <u>ungekochtes</u> Beikostprodukt) = Getreidebeikost <u>vor</u> der Zubereitung mit Milch |
| Cholecalciferol | Vitamin D ₃ |
| D-A-CH | Gesellschaften für Ernährung betreffend Deutschland, Österreich und die Schweiz |
| DCM | Dichlormethan |
| E% | Energieprozente |
| EMH | Ende Mindesthaltbarkeit |
| ESL | Extended Shelf Life |
| ESPGH | European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition |
| FÄ | Folatäquivalente |
| FID | Flammenionisationsdetektor |
| FKE | Forschungsinstitut für Kinderernährung |
| FM | Folgemilch |
| H ₂ O ₂ | Wasserstoffperoxid |
| HCl | Salzsäure |
| HKL | Hohlkathodenlampe |
| HNO ₃ | Salpetersäure |
| HPLC | High Pressure Liquid Chromatography |
| IE | internationale Einheit |
| KOH | Kaliumhydroxid |
| NaOH | Natriumhydroxid |
| NIST | National Institute of Standards & Technology |
| NP-HPLC | Normal Phase High Pressure Liquid Chromatography |
| p.A. | zur Analyse |
| PTFE | Polytetrafluorethylen (Handelsname: Teflon) |
| RÄ | Retinoläquivalente |
| RP-HPLC | Reversed Phase High Pressure Liquid Chromatography |
| TÄ | Tocopheroläquivalente |
| TS | Trockensubstanz |
| VK | Variationskoeffizient |
| VM | Vollmilch |
| WMH | Rohprodukt (RP) während der Mindesthaltbarkeit |
| x1 | Kalibrierkonzentration |
| XN | Nachweisgrenze |
| xp | Prüfwert |

1 Einleitung und Fragestellung

Für die geistige und körperliche Entwicklung eines Säuglings ist eine optimale Ernährung von entscheidender Bedeutung. Einem hohen Bedarf an Energie und Nährstoffen für intensives Wachstum, Entwicklung und Differenzierung der Organe steht eine noch nicht voll ausgereifte Organleistung gegenüber (Goriup, 2004).

In keinem anderen Altersabschnitt ändert sich die Ernährung so drastisch wie im 1. Lebensjahr. Mit fortschreitendem Alter des Säuglings reicht die Muttermilch nicht mehr aus, um den Bedarf an Makro- und Mikronährstoffen zu decken. Der Säugling entwickelt die Fähigkeit zu kauen. Das Interesse an weiterer Nahrung neben der gewohnten Milchmahlzeit wächst (ESPGHAN, 2008; Kersting, 2001). Als Beikostalter bezeichnet man jenen Zeitraum, wo in den kindlichen Speiseplan neben (Mutter-)milch schrittweise feste Nahrung eingeführt wird. Als Beikost bezeichnet man somit weitere Nährstoffquellen ergänzend zur (Mutter)milch (WHO, 1998). Nach heutigem Wissensstand ist es nicht evident, dass ein Hinauszögern der Beikosteinführung über das 4. Lebensmonat hinaus eine allergiepräventive Wirkung hat. Daher soll im fünften bis sechsten Lebensmonat bei gestillten wie auch nicht gestillten Säuglingen mit der schrittweisen Einführung der Beikost begonnen werden (Goriup, 2004).

Ergebnisse der Donald Studie des FKE Dortmund zeigen, dass bei kommerzieller Säuglingsernährung insgesamt 71% der Beikostprodukte (96% der Milchbreie) mit 1 bis 19 Nährstoffen angereichert sind. 72% der Milchbreie waren mit mehr als 10 Nährstoffen angereichert. Verglichen mit der Selbstzubereitung wurde festgestellt, dass diese Zusätze oft wenig zielgerichtet sind und zum größten Teil in zu großer Menge zugesetzt werden (Chahda, 1999).

Der Ernährungsplan des FKE Dortmund für das 1. Lebensjahr setzt die aktuellen wissenschaftlichen Daten zum Energie- und Nährstoffbedarf in lebensmittel- und mahlzeitenbezogene Empfehlungen um. Berücksichtigt werden dabei die in Deutschland und auch Österreich landesüblichen Ernährungsgewohnheiten und das vorhandene Angebot an Lebensmitteln (Kersting, 2001).

Zielsetzungen dieser Arbeit

(1) Entwicklung und laborchemische Qualitätsbeurteilung von ernährungsphysiologisch wertvoller Milch-Getreidebeikost

Mit diesem Pilotprojekt soll gezeigt werden, dass eine sorgfältige Auswahl einzelner Getreidesorten bzw. die Verwendung von Getreidemischungen einen Einfluss auf die ernährungsphysiologische Qualität des Endprodukts hat. Die im Getreide natürlich enthaltenen Nährstoffe werden durch *gezielte* Anreicherung mit Vitaminen und Mineralstoffen ergänzt. Durch Zubereitung mit Milch (Vollmilch oder Folgemilch) entsteht eine für den Säugling hochwertige Beikostmahlzeit. Die Anreicherung erfolgt auf Basis des Nährstoffbedarfs von Säuglingen ab dem 6. Lebensmonat nach den für die Nährstoffzufuhr gültigen Empfehlungen (D-A-CH, 2008). Durch die erneute Analyse der Produkte am Ende der Mindesthaltbarkeit (EMH) werden etwaige Lagerverluste quantifiziert. Diese müssen dann dementsprechend vor Einführung der Beikostprodukte in den Handel durch gezielte Mehranreicherung ausgeglichen werden.

(2) Laborchemische Qualitätsbeurteilung von vier Produkten auf Weizengrießbasis der Firma Himmeltau

Vier im Handel erhältliche Beikostprodukte auf Weizengrießbasis der Marke Himmeltau (Firma Maresi GmbH) werden hinsichtlich ihres Nährstoffprofils laborchemisch untersucht und zum Vergleich herangezogen.

(3) Entwicklung und laborchemische Überprüfung einer Kindervollmilch ab dem 1. Lebensjahr

Die ESL Milch ist mit Vitamin D₃, Calcium, Magnesium und Kalium angereichert und wurde speziell für Kinder ab dem 1. Lebensjahr sowie auch für ältere Personen entwickelt. Der Erfolg der Anreicherung wird laborchemisch überprüft.

2 Literaturübersicht

2.1 Säuglingsernährung im Wandel der Zeit

2.1.1 20. Jahrhundert

In der Zeit um 1900 war es üblich, der Säuglingsmilch aus rein technologischen Gründen (reduzierte Milchgerinnung) Getreide zuzusetzen. Dies erübrigte sich mit Aufkommen der Säuglingsmilch in Pulverform (Fomon, 2001).

Adams zeigt auf, dass bis hin zu den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts die Gabe von Beikost erst ab dem 1. Lebensjahr begonnen worden ist, wobei Kartoffeln mit 18 Monaten und gewisses Gemüse erst mit 2 Jahren eingeführt wurde. Gegen Ende der zwanziger Jahre konnte bereits eine frühere Einführung der Beikost verzeichnet werden. So wurde die 1911 geltende Empfehlung in Holt's *„The Disease of Infancy and Childhood“* für das erstmalige Füttern von grünem Gemüse ab 36 Monaten im Jahre 1929 auf das 9. Lebensmonat herabgesetzt (Adams, 1959).

Der Trend zur immer früheren Einführung der Beikost setzte sich bis in die frühen Siebzigerjahre weiter fort (Fomon, 2001). Marriot sprach sich im Jahre 1935 für eine Beikostfütterung ab dem 5. bis 6. Lebensmonat aus (Marriot, 1935). Zwei Jahre später (1937) wurde von Kinderärzten die Gabe von passierten Früchten und Gemüse ab dem 4. bis 6. Lebensmonaten befürwortet (Council on Foods, 1937). Weitaus extremer gestaltete sich die Empfehlung von Sackett, der sich 1953 für die Einführung von Getreidekost bereits ab dem 2. bzw. 3. Lebenstag, von passiertem Gemüse ab dem 10. Lebenstag und Obst ab dem 17. Lebenstag einsetzte (Sackett, 1953). Eine Studie aus den USA in den späten Sechzigern zeigt, dass beinahe 80% aller Säuglinge im Alter von einem Monat Getreide(beikost) erhielten (Harris und Chan, 1969).

1970 bis hin zu den frühen achtziger Jahren wurden in den USA wieder zunehmend mehr Kinder von ihren Müttern gestillt. Dies ging Hand in Hand mit einer späteren Gabe von fester Nahrung im Vergleich zu nicht gestillten Säuglingen (Fomon, 1993; Sarrett et al., 1983).

Gegen Ende des 20. Jahrhunderts ist der Beginn der Beikosteinführung im 1. Lebensmonat von ca. 60% im Jahr 1976 auf ca. 10% gesunken. Es erhielten aber nach

wie vor die meisten Säuglinge vor dem Erreichen des 4. Lebensmonats Beikost (Fomon, 2001).

1986 wurde ein Survey über die Prävalenz von Stillen, Formulanahrung, Kuhmilch und Beikost in 22 europäischen Ländern durchgeführt. Der Zeitpunkt der Beikosteinführung lag zwischen 2 und 4 Lebensmonaten (Ballabriga und Schmidt, 1987).

„The Norwegian Infant Nutrition Survey“ wurde im Jahre 1998 unter Säuglingen im ersten Lebenshalbjahr ausgetragen. Die erhobenen Daten zeigen, dass 21% der Säuglinge vor dem 4. Lebensmonat mit fester oder halbfester Nahrung in Kontakt kamen. Mit 4 Monaten erhielten 47% und mit 6 Monaten 91% der teilnehmenden Säuglinge Beikost (Lande et al., 2003).

Die Studie von (Giovannini et al., 2004), im Zeitraum 1999-2000 durchgeführt, beschäftigte sich mit dem Ernährungsverhalten italienischer Säuglinge im ersten Lebensjahr. 6% der Säuglinge erhielt Beikost vor dem 3. Lebensmonat. Bei 51,3% der Säuglinge fand die Beikosteinführung, wie von internationalen Kommissionen empfohlen, zwischen dem 4. und 6. Lebensmonat statt.

Stellungnahmen diverser (Ernährungs)kommissionen:

- ✓ 1991 spricht sich die Ernährungskommission der österreichischen Gesellschaft für Kinder- und Jugendheilkunde (ÖGKJ) im Komiteebericht erneut dafür aus, dass mit Beikost frühestens ab dem 5. Lebensmonat (Prophylaxe von Nahrungsmittelallergien), spätestens zu Beginn des 7. Lebensmonats (niederer Eisengehalt in Muttermilch) begonnen werden sollte (ÖGKJ, 1992).
- ✓ Die WHO empfiehlt normal gesunde Säuglinge bis zum 4.-6. Lebensmonat exklusiv zu stillen. Danach sollten Säuglinge entweder bis zum 2. Lebensjahr voll oder neben Erhalten von Beikost partiell weiter gestillt werden (WHO, 1991; WHO/UNICEF, 1990).
- ✓ 1998 empfiehlt die „American Academy of Pediatrics“ im Pediatric Nutrition Handbook (4th) (AAP, 1998) die Einführung von Beikost zwischen dem 4. und 6. Lebensmonat, exklusives Stillen für die ersten 4-6 Monate und partielles Stillen bis zum ersten Lebensjahr (Kleinman, 2000).

2.1.2 21. Jahrhundert

Die „Euro-Growth-Studie“ (longitudinale und beobachtende Multicenterstudie) erfasste Kinder während der ersten drei Lebensjahre in 12 europäischen Ländern. Mehr als 50% der Säuglinge konsumierten Beikost bereits mit 3 Monaten (Freeman et al., 2000; Haschke und Van't Hof, 2001).

Die WHO Empfehlung (WHO, 2001) 6 Monate exklusiv zu stillen zeigte 2005 im „UK Infant Feeding Survey (7th)“ bereits seine Wirkung. Der Prozentsatz der Mütter, die Beikost nach dem 4. Monat einführten, sank von 85% (2000) auf 49% (2005). Die Empfehlungen, Beikost erst nach dem 6. Lebensmonat einzuführen, erfüllten aktuell nur 2% (Caswell, 2008).

Die „Infant Feeding Practices Study II“ (IFPS II) fand im Zeitraum 2005-2007 in den USA statt. Während der ersten 3 Monate bekamen mindestens 80% der Säuglinge ausschließlich Muttermilch oder Formulanahrung. Die meisten Säuglinge kamen zwischen dem 4. und 5. Lebensmonat mit Beikost in Berührung. Vom 6. Monat an erhielten mehr als 80% der Säuglinge täglich Beikost (Grummer-Strawn et al., 2008).

Stellungnahmen diverser (Ernährungs)kommissionen:

- ✓ Mit dem „54th World Health Assembly“ im Jahr 2001 (WHO, 2001) korrigierte die WHO den empfohlenen Zeitpunkt zur Beikosteinführung vom 4.-6. Monat zu ausschließlichem Stillen in den ersten 6 Monaten mit anschließendem partiellen Stillen nach der Beikosteinführung ab dem 7. Lebensmonat (PAHO/WHO, 2003). Viele Länder haben seither diese Empfehlung übernommen, während andere Länder wie z.B. das United Kingdom (Davies und O'Hare, 2004) nach wie vor die Einführung von Beikost zwischen dem 4. und 6. Lebensmonat empfehlen (Dewey, 2006).
- ✓ Die American Academy of Pediatrics empfiehlt ausschließliches Stillen in den ersten Lebensmonaten und Teilstillen bis zum Ende des ersten Lebensjahres. Die Beikostgabe kann nach dem 4. Lebensmonat, besser jedoch nach dem 6. Lebensmonat erfolgen (AAP, 2008; Gartner et al., 2005).
- ✓ Die European Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition und die North American Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition als „ESPGHAN Committee on Nutrition“ spricht sich in seinem Positions Paper (2008) klar gegen eine Beikosteinführung vor der 17. Woche aus, wobei

aber nicht länger als zur 26. Woche gewartet werden soll (ESPGHAN, 2008). Die Ernährungskommission der ÖGKJ hat dagegen seit dem Komiteebericht im Jahr 1991 nichts Neues veröffentlicht (ÖGKJ, 1992), jener geht jedoch konform mit der Ansicht der ESPGHAN.

- ✓ Die Ernährungskommission der schweizerischen Gesellschaft für Pädiatrie (EKSGP) kommt zum Schluss, dass die WHO-Empfehlungen von exklusivem Stillen für die ersten 6 Lebensmonate mit Einschränkungen auch in der Schweiz übernommen werden können. Jedoch mit der möglichen individuellen Einführung der Beikost ab dem 5. Lebensmonat (frühestens) und spätestens ab dem 7. Monat (EKSGP, 2008).

Gerade in den industrialisierten Ländern herrscht unter den Wissenschaftlern und zwischen den einzelnen Kommissionen nach wie vor Uneinigkeit (Pali-Schöll et al., 2009; Tarini et al., 2006) über den optimalen Zeitpunkt der Beikosteinführung (Dewey, 2006; Prescott et al., 2008), der (frühen) Gabe von Gluten, dem Umgang mit allergenen Lebensmitteln und der dadurch verbundenen möglichen Entwicklung bzw. Vermeidung von allergischen Erkrankungen (ESPGHAN, 2008; Lack, 2008).

2.2 Für das 1. Lebensjahr relevante Nährstoffe

2.2.1 Ernährungsphysiologischer Hintergrund

Wasserlösliche Vitamine

Thiamin wirkt vorwiegend in seiner biologisch aktiven Form dem Thiaminpyrophosphat (TPP). Als Coenzym wirkt es im Zuge wichtiger Reaktionen wie den Decarboxylierungs- und Transketolasereaktionen im Intermediärstoffwechsel (Biesalski et al., 1995).

Riboflavin ist Teil der Coenzyme Flavinadenindinucleotid (FAD) und Flavinmononucleotid (FMN). Diese spielen als Bestandteile von Dehydrogenasen und Oxidasen eine zentrale Rolle im oxidativen Stoffwechsel (D-A-CH, 2008).

In den Coenzymformen Pyridoxalphosphat (PLP) und Pyridoxaminphosphat (PMP) ist *Vitamin B₆* an zahlreichen enzymatischen Umsetzungen beteiligt. Allen voran im Aminosäurenstoffwechsel und bei der Nucleotidsynthese. Das Vitamin nimmt Einfluss auf viele Gruppenübertragungsreaktionen (Transaminierungen, Decarboxylierungen).

Außerdem werden von Vitamin B₆ Funktionen des Nervensystems, die Immunabwehr und die Hämoglobinsynthese beeinflusst (BfR, 2004a; D-A-CH, 2008; Reynolds und Leklem, 1988; Zemleni, 1997).

Folsäure ist in seiner reduzierten Form als Tetrahydrofolat (THF) wirksam. Die Hauptaufgabe im menschlichen Körper beruht auf der Übertragung von 1-Kohlenstoffeinheiten (Bässler et al., 2002). Im Intermediärstoffwechsel sind verschiedene Folatderivate an der Zellneubildung beteiligt. Betroffen von einem Folatmangel sind daher primär Zellsysteme mit hoher Zellteilungsrate wie z.B. die roten und weißen Blutzellen. Folat steht mit Vitamin B₆ und Vitamin B₁₂ über den Homocysteinestoffwechsel und den damit verbundenen Stoffwechselwegen in enger Verbindung (Bailey et al., 2001; BfR, 2004a; D-A-CH, 2008).

Fettlösliche Vitamine

Beim Schutz gegen Lipidperoxidation kommt den Tocopherolen (*Vitamin E*) eine entscheidende Bedeutung zu. In seiner Funktion wird es von nicht-enzymatischen (z.B. Vitamin C, Beta Carotin) und enzymatischen Systemen (z.B. selenhaltige Glutathionperoxidasen) unterstützt. So beeinflusst Vitamin E die Eicosanoidsynthese, das Immunsystem, das Cholesterin-Phospholipid-Verhältnis in den Membranen und wirkt indirekt auf die Zellatmung (D-A-CH, 2008; Elmadfa und Bosse, 1998).

Vitamin D muss als Vorstufe für hormonartige Wirkstoffe gesehen werden, die in die Regulation des Calcium- und Phosphathaushalts eingreifen (Bässler et al., 2002). Calcitriol ist auf molarer Basis der wirksamste Aktivator der intestinalen Calciumabsorption (Barger-Lux et al., 1995; BfR, 2004a). Zu den weiteren Funktionen zählen die gesteigerte Phosphatabsorption aus dem Darm und die Erhöhung der tubulären Resorption von Calcium. Ferner ist Vitamin D entscheidend beteiligt an der Mineralisation der Knochen, beeinflusst die Differenzierung von Epithelzellen der Haut und wirkt modulierend auf die Aktivität von Zellen des Immunsystems (Merke et al., 1986). Calcitriol beeinflusst die Transkription zahlreicher hormonsensitiver Gene, und nimmt so indirekt an der Steuerung zahlreicher Proteinsynthesereaktionen teil. Für eine optimale Wirkung von Vitamin D und Calcium sollte jeweils eine optimale Zufuhr gewährleistet sein (D-A-CH, 2008; Zittermann et al., 1998).

Vitamin A ist für Wachstum, Immunsystem und Entwicklung von Zellen und Geweben unterschiedlichster Art von essentieller Bedeutung. Als aktiver Metabolit fungiert Retinsäure, die Wachstum und Aufbau von Haut und Schleimhäuten reguliert. Retinal

(Aldehyd) ist bedeutend für den Sehvorgang. Retinol (Vitamin A Alkohol) ist die streng homöostatisch geregelte Transportform im Blut (Biesalski, 1997; D-A-CH, 2008) und Retinylpalmitat die Transportform in der Lymphe. Zu den Carotinoiden mit Provitamin A Charakter zählen α -, β -, γ -Carotin, wobei β -Carotin zweimal so aktiv ist wie die anderen Provitamine. Carotine und Carotinoide wirken antioxidativ, wodurch sie die Oxidation anderer Substanzen verhindern (Elmadfa und Leitzmann, 2004).

Vitamin K₁ wirkt als Coenzym bei der Synthese der biologisch aktiven Form einer Reihe von Proteinen, die ihre Beteiligung vor allem bei der Regulation der Blutgerinnung und der Knochenmineralisierung (Osteocalcin) haben (Biesalski und Grimm, 2002).

Mineralstoffe und Spurenelemente

Calcium-Ionen sind für die Lebensfähigkeit jeder Zelle unerlässlich. Sie üben wichtige Funktionen bei der Knochen- und Zahnbildung, Blutgerinnung, Muskelkontraktion, Herzfunktion, Zellmembranpermeabilität, Aktivierung und Sekretion von Enzymen sowie der Ausschüttung von Hormonen und Neurotransmittern aus (D-A-CH, 2008; Elmadfa und Leitzmann, 2004).

Magnesium ist sowohl an der Mineralisation und am Wachstum des Knochens als auch der Zähne beteiligt und dient der Enzymaktivierung, besonders derjenigen des Energiestoffwechsels (BfR, 2004b; D-A-CH, 2008). Es ist Cofaktor der meisten ATP-abhängigen Enzyme. Magnesium wirkt bei Speicherung und Freisetzung von Hormonen und spielt eine wichtige Rolle bei neuromuskulären Reizübertragungen und Muskelkontraktionen. Ebenfalls hat es Einfluss auf die Blutgerinnung (Elmadfa und Leitzmann, 2004).

Eisen ist ein wichtiger Bestandteil zahlreicher sauerstoff- und elektronenübertragender Wirkgruppen. Proteine mit einer eisenporphyrinhaltigen prosthetischen Gruppe (Hämproteine) gehören zu den wichtigsten eisenhaltigen Verbindungen. Dazu zählen Hämoglobin, Myoglobin und zahlreiche Enzyme wie Cytochrome und Ribonucleotidreduktasen. Eine weitere Rolle spielt es bei der Synthese von Steroidhormonen, Gallensäuren, Neurotransmittern und der Detoxifikation (D-A-CH, 2008; Elmadfa und Leitzmann, 2004; Yip, 2001).

Zink ist erforderlich für Wachstum und Entwicklung, testikuläre Reifung, neurologische Funktion, Wundheilung und Immunabwehr (Christianson, 1991; Coleman, 1992; Vallee

und Auld, 1990). Auf molekularer Ebene erfüllt Zink strukturelle, regulatorische und katalytische Aufgaben bei einer Vielzahl von Enzymen und ist für die Konfiguration nicht-enzymatischer Proteine von Bedeutung (Hambridge et al., 1986; Struhl, 1989; Vallee und Galdes, 1984).

Jod wirkt als Bestandteil der Schilddrüsenhormone Thyroxin (T_4) und Trijodthyronin (T_3). Über die selenhaltigen Jodthyronindejodasen, welche die Umwandlung des Prohormons (T_4) zum aktiven Schilddrüsenhormon T_3 und deren Abbau aktivieren, bestehen Verbindungen zur Selenversorgung (D-A-CH, 2008; EFSA, 2006).

Kalium ist das Hauptkation in der intrazellulären Flüssigkeit. Das Kation ist unerlässlich für eine normale Zellfunktion. Es wirkt im Zuge der neuromuskulären Reizleitung und der Sekretion von Hormonen. Weiters aktiviert es Enzyme und trägt zur Glykogenbildung und Proteinsynthese bei (D-A-CH, 2008; EFSA, 2006; Elmadfa und Leitzmann, 2004).

Fluorid fördert in einer angemessenen Zufuhr, sowohl vor dem Zahndurchbruch als auch danach, die Zahngesundheit (D-A-CH, 2008). Einerseits vermindert Fluorid die Löslichkeit des Zahnschmelzes, andererseits hemmt es die Säurebildung am Zahn durch Verminderung bakterieller Enzymtätigkeit im Zahnbelag (Elmadfa und Leitzmann, 2004).

2.2.2 Nährstoffbedarf und Zufuhrempfehlungen für Säuglinge im 1. Lebensjahr

Die Notwendigkeit der Etablierung von Richtlinien zum Nährstoffbedarf auf Bevölkerungsebene sowie von Populationsgruppen ist nach wie vor ein unumstritten wichtiger Punkt der Ernährungswissenschaften. Die ersten Zufuhrempfehlungen durch Experten sind einige Jahrhunderte alt (Aggett et al., 1997; Pavlovic et al., 2007). Wissenschaftler und Public Health Experten verschiedener Länder haben seither extensiv an Konzepten für Nährstoffbedarf, sowie -empfehlungen gearbeitet und versuchten Richtlinien zu definieren (Prentice et al., 2004).

Bei der Definition des Nährstoffbedarfs für Säuglinge, Kinder und Jugendliche sind einige Besonderheiten zu berücksichtigen (Koletzko et al., 2004). Säuglinge und Kleinkinder benötigen Energie und Nährstoffe nicht nur zur Aufrechterhaltung normaler Körperfunktionen und Körperspeicher, sondern auch zwecks Wachstum und Entwick-

lung. Eine inadäquate tägliche Nährstoffzufuhr kann zu reduziertem Wachstum führen, das wiederum kann negative Effekte auf Gesundheit und Entwicklung zur Folge haben (Prentice et al., 2004).

Die wissenschaftliche Datenbasis von Säuglingen und Kleinkindern ist begrenzt. Referenzwerte entstehen daher oft durch interpolieren von experimentiell ermittelten Daten aus Studien anderer Personengruppen (Aggett et al., 1997), basierend auf der Grundlage durchschnittlicher altersbezogener Daten zum Körpergewicht oder zur Körperoberfläche (Koletzko et al., 2004). Referenzwerte für Säuglinge (6-11 Monate) werden so gewöhnlich durch Interpolation zwischen den Werten für Säuglinge <6 Monate und den Werten (kalkuliert) für 1-3 Jährige abgeleitet (Aggett et al., 1997; Koletzko et al., 2004; SCF, 1993).

Zwischen nicht europäischen Ländern aber auch innerhalb Europas bestehen derzeit, zum Teil basierend auf der limitierten Datenlage, wesentliche Diskrepanzen verschiedener Empfehlungen. Darüber hinaus bedarf es unter anderem einer Harmonisierung bezüglich Definitionen und Terminologie (Koletzko et al., 2004; Pavlovic et al., 2007). Die Tabelle im Anhang I veranschaulicht den Vergleich der DRI (Amerika und Kanada) mit den D-A-CH Referenzwerten (Deutschland, Österreich und Schweiz). Erschwert wird dieser durch die unterschiedliche Einteilung in Altersgruppen und die verwendete Terminologie.

2.2.3 Tolerable upper intake level (UL)

Die Empfehlung der täglichen Nährstoffzufuhr (RDA, Recommended Dietary Allowance bzw. PRI, Population Reference Intake) kennzeichnet die Menge eines Nährstoffs, mit der die Wahrscheinlichkeit einer Unterversorgung in einer Bevölkerungsgruppe nicht mehr als 2,5% beträgt. Es hängt jeweils vom Nährstoff ab, ob eine höhere Zufuhr als der RDA/PRI rasch oder mit größerem Zeitfenster zu einer unerwünschten Wirkung führt (Abb. 1). In der Regel ist der Abstand zwischen RDA und UL groß (z.B. Nicotinamid). Bei gewissen Nährstoffen (z.B. Vitamin A) ist der Abstand zwischen RDA und dem definierten UL gering (BfR, 2004a).

Die SCF (Scientific Committee for Food) versteht unter dem UL (Abb. 1) die höchste tägliche Aufnahmemenge eines Nährstoffs (Tab. 1) (aus allen Quellen), die bei chronischer Zufuhr beim Menschen mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht zu gesundheitlichen Risiken führt (SCF, 2000). Überschreitet man diese Dosis, steigt die

2.3 Empfehlung der Säuglingsernährung basierend auf der Lebensmittelauswahl

2.3.1 Der Ernährungsplan für das 1. Lebensjahr

Das Konzept wurde vom Forschungsinstitut für Kinderernährung in Dortmund (FKE) in Zusammenarbeit mit der Ernährungskommission der Deutschen Gesellschaft für Kinderheilkunde und Jugendmedizin (DGKJ) entwickelt (Kersting et al., 2003).

Unter Berücksichtigung der ernährungs- und entwicklungsphysiologischen Bedürfnisse im 1. Lebensjahr unterscheidet man 3 Altersabschnitte (Abb. 2):

- I. Ausschließliche Milchernährung in den ersten 4-6 Lebensmonaten
- II. Einführung der Beikost im 5.-7. Lebensmonat
- III. Einführung der Familienkost ab dem 10. Lebensmonat

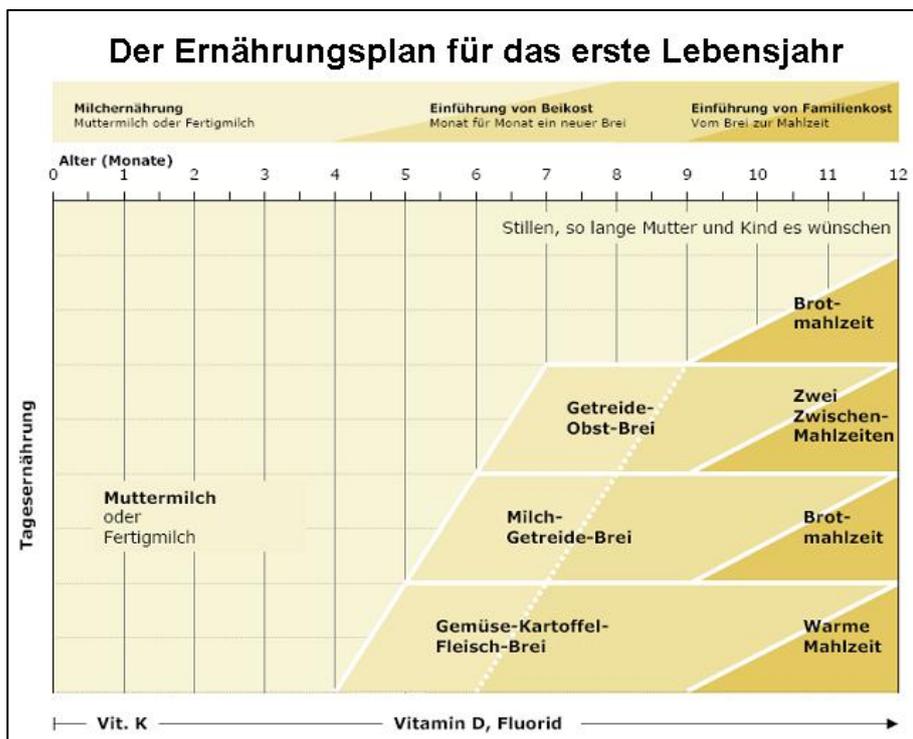


Abb. 2: Der Ernährungsplan für das 1. Lebensjahr, entwickelt vom Forschungsinstitut für Kinderernährung (FKE) in Dortmund (Kersting et al., 2003)

2.3.1.1 Milchernährung

Stillen ist die beste und natürlichste Ernährung für Säuglinge. Die WHO und UNICEF empfehlen in der Resolution aus dem Jahr 2001 ausschließliches Stillen in den ersten sechs Lebensmonaten und partielles Weiterstillen nach Einführung der Beikost. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass es sich hierbei um eine weltweite Populationsempfehlung handelt (WHO, 2001). Das ESPGHAN Committee on Nutrition spricht von ausschließlichem Stillen für ca. 6 Lebensmonate als wünschenswertes Ziel (ESPGHAN, 2008). Wird nicht gestillt, stehen industriell gefertigte Säuglingsanfangsnahrungen (Pre-Nahrung) zur Verfügung. Sie können wie Muttermilch ad libitum gefüttert werden und kommen ihr bezüglich Zusammensetzung am nächsten (Vanura, 2000). Die Zusammensetzung von Formulanahrung ist in einer speziellen EG Richtlinie (EG Richtlinie, 2006b) wie auch in der österreichischen Verordnung für Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung (BGBl, 2008) festgelegt. Mineralstoffe und Spurenelemente aus der Muttermilch sind im Vergleich zu industriell gefertigter Säuglingsmilch besser bioverfügbar und daher generell in geringeren Konzentrationen enthalten (Kersting et al., 2003).

2.3.1.2 Beikost

Der Zeitpunkt der Einführung von fester Nahrung hängt eng mit dem Entwicklungsstatus des Säuglings, nicht aber mit dem Durchbruch der Zähne zusammen (Davies und O'Hare, 2004). Zwischen dem 4. und 5. Lebensmonat erlischt der Saug-Schluck-Reflex des Kindes und dem Säugling ist es möglich, seine Kopfhaltung zu kontrollieren. Eine Fütterung mit dem Löffel ist nun möglich (Kersting et al., 2003). Der Gastrointestinaltrakt ist soweit ausgebildet, dass die durch die Beikost zugeführten Nährstoffe verdaut und absorbiert werden können. Die kindliche Niere passt sich an die erhöhte potentielle renale Molenlast der Beikost an (Davies und O'Hare, 2004).

Im Zuge der Beikosteinführung während des 2. Lebenshalbjahres werden die Milchmahlzeiten schrittweise durch 3 Beikostmahlzeiten bis hin zur Einführung der Familienkost ersetzt. Vorausgesetzt es liegt keine zwingende medizinische Indikation vor, vertritt die Ernährungskommission der österreichischen Gesellschaft für Kinder- und Jugendheilkunde (ÖGKJ) die Ansicht, dass mit Beikostfütterung frühestens nach dem vollendeten 4. Lebensmonat, spätestens aber am Beginn des 7. Lebensmonats begonnen werden sollte. (ÖGKJ, 1992). Dass eine verfrühte Einführung der Beikost vor dem 5. Lebensmonat das Allergierisiko erhöhen kann (Kersting, 2001), wird inzwischen von Expertenseiten kontrovers diskutiert bis widerlegt. Siehe dazu Kapitel 2.3.1.2.4. Zu

späte Beikostgabe kann zu Wachstumsverzögerungen führen (ÖGKJ, 1992), da ausschließliche Milchernährung im 2. Lebenshalbjahr den kindlichen Bedarf an Energie, Protein, Eisen, Zink sowie Vitamin A und -D nur mehr unzureichend decken kann (ESPGHAN, 2008; Kersting et al., 2003). Für die Beikosternährung des Säuglings werden nur wenige aufeinander abgestimmte nährstoffreiche Lebensmittel benötigt. Die verbleibenden Milchmahlzeiten ergeben zusammen mit den Nährstoffprofilen der einzelnen Beikostmahlzeiten eine ernährungsphysiologisch ausgewogene Ernährung für den Säugling. Man spricht vom so genannten Baukastensystem (Kersting, 2001).

2.3.1.2.1 Selbstzubereitung und/oder industriell hergestellte Beikost

Prinzipiell steht es der Mutter frei, ob die Beikost selbst zubereitet wird oder ob auf industriell gefertigte Produkte zur Beikosternährung zurückgegriffen wird. Beides hat Vor- und Nachteile. Ein Vorteil der industriell hergestellten Beikost ist, dass sie praktisch schadstofffrei, saisonal unabhängig und zeitsparend ist. Die Nährstoffanreicherung erfolgt entsprechend dem kindlichen Nährstoffbedarf. Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder zählen zu den diätetischen Lebensmitteln (EG Richtlinie, 2006c; EG Richtlinie, 2006a; Goriup, 2004), für die höhere Qualitätsansprüche gelten als für Lebensmittel des allgemeinen Verzehrs (Alexy und Kersting, 1999).

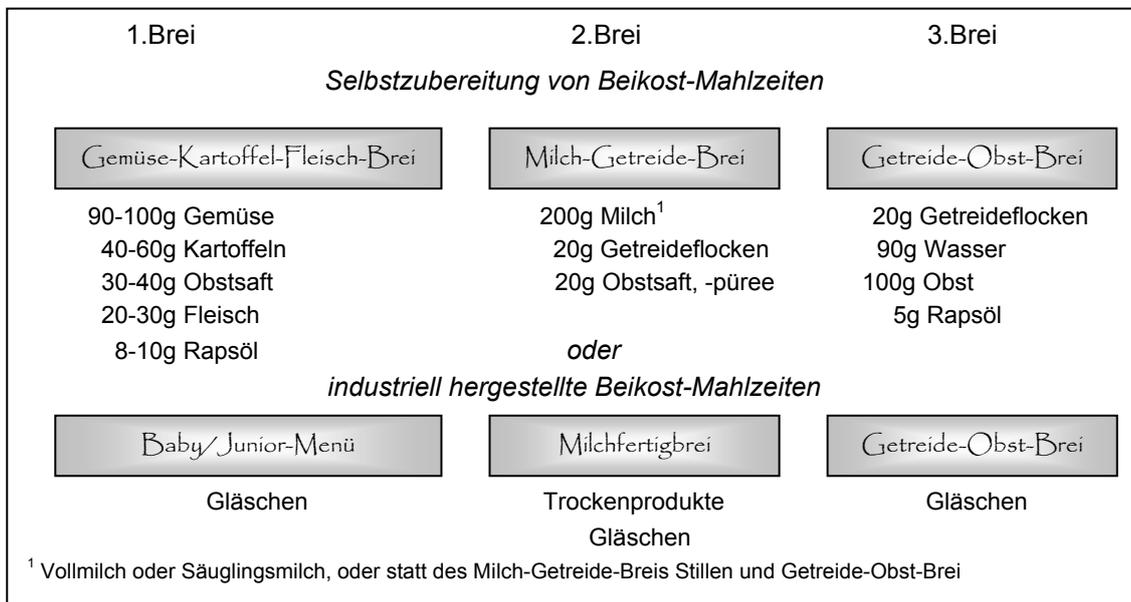


Abb. 3: Selbst zubereitete und kommerzielle Beikostmahlzeiten im „Ernährungsplan für das 1. Lebensjahr“ (Kersting et al., 2003)

Aber auch Lebensmittel für den allgemeinen Verzehr werden in Österreich amtlich überwacht und kontrolliert. Sie sind unbedenklich für die Zubereitung von Beikost im

Haushalt verwendbar (Alexy und Kersting, 1999). Der Vorteil der Selbstzubereitung ist, dass es der Mutter freisteht, welche Zutaten sie verwendet, beschränkt (z.B. Zucker, Salz) oder ablehnt (Abb. 3).

2.3.1.2.2 Nährstoff-Supplemente im 1.-3. Lebensjahr

Für gesunde, reif geborene Säuglinge ist unabhängig von der Art der erhaltenen Milch und Beikost, eine Supplementierung von Vitamin D und Vitamin K üblich. Die ÖGKJ empfiehlt in Übereinkunft mit den D-A-CH Gesellschaften für Ernährung als Rachitisprophylaxe eine tägliche Gabe von 400-500IE Vitamin D₃ (1 Tropfen Oleovit D₃[®] entsprechen 400IE) in den ersten 12 Lebensmonaten und im 2. Lebenswinter (D-A-CH, 2008; Di Paolo und Nydegger, 2008; ÖGKJ, 2008a). Zur Vitamin K Prophylaxe (Vermeidung von Vitamin K Mangelblutungen) hat sich die Gabe von 3mal 2mg Vitamin K (1. Lebenstag, 4.-6. Lebenstag, 4.-6. Lebenswoche) am effektivsten und logistisch am besten durchführbar erwiesen (D-A-CH, 2008; ÖGKJ, 2003). In Deutschland wird in den ersten 3 Lebensjahren eine Fluoridgabe von 0,25mg Fluorid/Tag (bei Wasser <0,3mg Fluorid/l) zur Kariesprophylaxe empfohlen (Kersting, 2001). Das Risiko eines Jodmangels betrifft vor allem Föten und gestillte Säuglinge. Schwangere und Stillende sollten deshalb, bei unzureichender Jodzufuhr über die Ernährung, Jod in Tablettenform (100-200µg/d) supplementieren (DGE, 1998; ÖGKJ, 2008b). Industriell hergestellte Säuglingsanfangsmilch bietet einen ausreichenden Jodgehalt, weil ihr Natrium- und Kaliumjodid zugefügt werden (D-A-CH, 2008).

2.3.1.2.3 Beikostmahlzeiten als Quelle für limitierende Nährstoffe ab dem 6. Lebensmonat

Gemüse-Kartoffel-Fleisch-Brei

Das Neugeborene bringt aufgrund des hohen Hämoglobingehalts des fetalen Blutes und der Eisenaufnahme über die Plazenta Speichereisen mit, von dem es die ersten 4-6 Monate zehrt. Im 2. Lebenshalbjahr steigt der Bedarf an Eisen (mg/kg KG) aufgrund des starken Wachstums und der Entwicklung des Säuglings so hoch an wie nie mehr im späteren Leben. Es besteht ein nennenswerter und gesteigerter Bedarf an Nahrungseisen von etwa 0,8mg absorbiertem Eisen pro Tag (D-A-CH, 2008; Griffin und Abrams, 2001). Neben Eisen wird auch Zink bei exklusivem Stillen zum limitierenden Nährstoff, da der anfänglich sehr hohe Zinkgehalt der Muttermilch mit Erreichen des 5.-6. Lebensmonats rapid abnimmt (Krebs et al., 1995; Krebs et al., 1994). Ab dem 6. Lebensmonat sollte die Zufütterung von fester Nahrung (Beikost) 75-100% des täglichen Bedarfs an Eisen und Zink decken (Parvanta und Knowles, 2004).

Studien zeigen deutlich, dass die Versorgung mit Eisen und Zink am Ende des 6. Lebensmonats nur dann kritisch wird, wenn zuvor exklusiv gestillt oder Säuglingsanfangsmilch ohne Eisenzusatz gefüttert wurde (Kattelman et al., 2001). Die Prävalenz für einen Eisenmangel stieg unter genannten Bedingungen ohne externe Eisenquelle in Form von angereicherter Formulanahrung bzw. eisenhaltiger Beikost (Walter et al., 1993).

Das FKE empfiehlt daher die Einführung der Beikost (nach Gabe von Karotten, Brokkoli oder Kohlrabi als Monoprodukt) mit einem fleischhaltigen Brei (Gemüse-Kartoffel-Fleisch-Brei) zu beginnen. Der Eisenbeitrag aus dieser Mahlzeit beträgt 35% des Tagesbedarfs. Fleisch enthält gut verfügbares (ca. 20%) Hämeisen und Zink. Zubereitet nach dem Rezept des FKE liefert der Brei (Abb. 4), bezogen auf den Tagesbedarf, 34% Protein, 29% Fett, 71% Vitamin A, 61% Vitamin C, 54% Folsäure, 45% Vitamin B₆, 39% Vitamin E und 36% Vitamin B₁ (Alexy und Kersting, 1999; Hambidge und Krebs, 2007; Kersting, 2001; Krebs, 2007) und 22% an Zink.

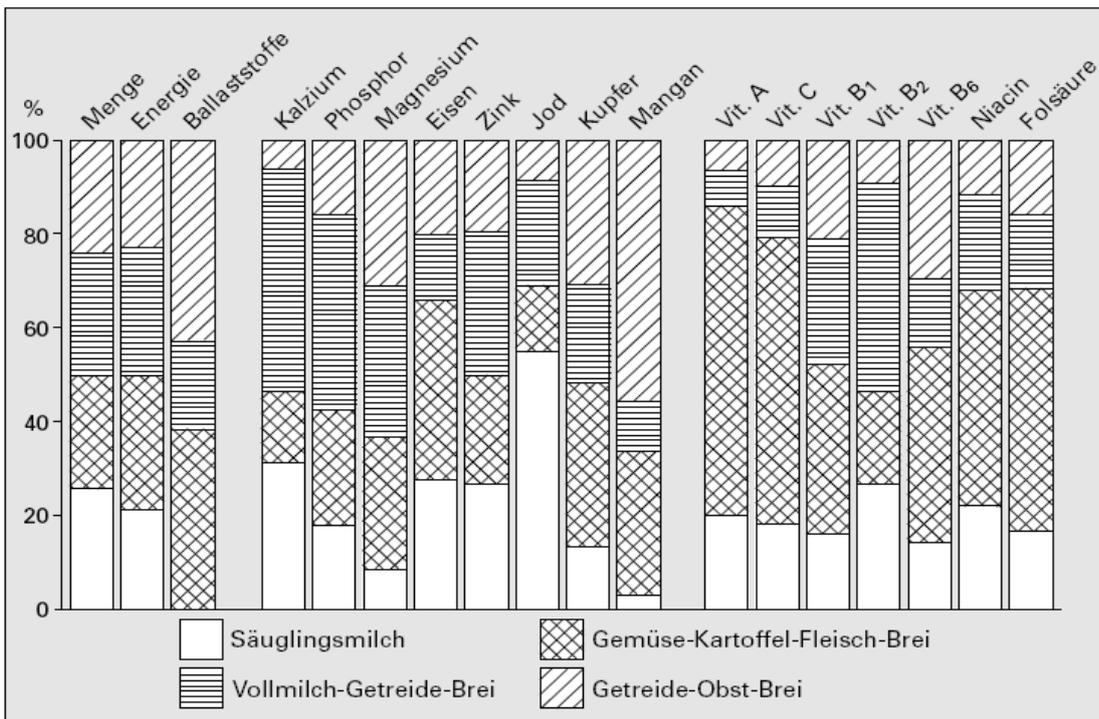


Abb. 4: Prozentualer Gehalt an Mineralstoffen, Spurenelementen und Vitaminen in den 4 Mahlzeitentypen des Ernährungsplans des FKE (Kersting et al., 2003)

(Voll)milch-Getreide-Brei

Die Zubereitung des Milch-Getreide-Breis ist in der Regel mit Vollmilch oder Folgemilch, jeweils in unverdünnter oder verdünnter Form, vorgesehen. Das FKE empfiehlt die Selbstzubereitung des Milch-Getreide-Breis mit Vollmilch (3,5% Fett). Diese stellt von Natur aus eine gute Protein-, Calcium- (Kersting, 2001) und Fettquelle dar. Zubereitet nach dem Rezept des FKE unter Verwendung von mit Jod und Vitamin B₁ angereicherten Getreideflocken liefert der Brei (Abb. 4), bezogen auf den Tagesbedarf, 49% Calcium, 45% Vitamin B₂, 37% Protein und jeweils etwa ¼ der Kohlenhydrat-, Vitamin B₁- und Jodzufuhr (Alexy und Kersting, 1999; Kersting, 2001). Die industrielle, oftmals überhöhte Anreicherung mit bis zu 19 Nährstoffen pro Brei (Kersting et al., 2003), trägt ebenfalls zur Deckung des Vitamin- und Mineralstoffbedarfs des Säuglings bei.

Getreide-Obst-Brei

Den Abschluss der neu eingeführten Mahlzeiten in den kindlichen Speiseplan bildet der Getreide-Obst-Brei. Er ist milchfrei und reich an Vitamin C, was sich positiv auf die Eisenabsorption auswirkt. Zubereitet nach dem Rezept des FKE liefert der Brei (Abb. 4) bezogen auf den Tagesbedarf 46% Mangan, 30% Kupfer, 22% Vitamin B₆, 19% Zink und nur 12% Protein (Alexy und Kersting, 1999) und 4% Jod. Wären die Getreideflocken mit Jod angereichert, würde der Säugling mit einer selbst hergestellten Mahlzeit 25-75% der empfohlenen Tageszufuhr an Jod erhalten. Milchfertigbreie enthalten gewöhnlich einen Zusatz von Jod in Form von Kaliumjodid (Chahda, 1999; Kühne, 1986).

| | Fleischhaltige Breie und Menüs | | Milch-Getreide- Breie | | Getreide-Obst- Breie | |
|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| | (n = 76) | | (n = 107) | | (n = 57) | |
| ¹ Angabe pro Portion | 100g | 220g ¹ | 100g | 240g ¹ | 100g | 215g ¹ |
| Energie (kcal) | 65,0 | 143,0 | 100,8 | 242,0 | 77,7 | 167,0 |
| Protein (g) | 2,8 | 6,2 | 3,0 | 7,2 | 1,1 | 2,4 |
| Fett (g) | 2,5 | 5,5 | 3,0 | 7,2 | 1,3 | 2,8 |
| Kohlenhydrate (g) | 7,7 | 16,9 | 15,2 | 36,5 | 17,4 | 37,4 |

Tab. 2: Energie- und Nährstoffgehalte in kommerziellen Beikostmahlzeiten ermittelt im Zuge der DONALD-Studie (Kersting et al., 2003; Kersting et al., 2000)

Aufgrund des generell geringen Proteinanteils (Tab. 2) im Getreide-Obst-Brei (1,1g/100g) ist er verglichen mit dem Milch-Getreide-Brei (3,0g Protein/100g) entlastend für die Niere, trägt aber trotzdem ergänzend zur Nährstoffzufuhr bei (Kersting et al., 2003).

2.3.1.2.4 Allergenes Potential von Lebensmitteln

Der Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der Einführung von fester Nahrung (Beikost) in den kindlichen Speiseplan und der Ausprägung von atopischer Dermatitis und Asthma wird in der Literatur kontrovers diskutiert (Khakoo und Lack, 2004).

So heißt es einerseits, Beikost soll keinesfalls vor Beginn des 5. Lebensmonats eingeführt werden. Eine verfrühte Einführung wie eine zu große Vielfalt an Lebensmitteln erhöhe das Risiko für Allergien im Kindesalter (Høst et al., 1999; Kersting et al., 2003; Morgan et al., 2004). Andererseits existieren Studien die besagen, dass exklusives Stillen (WHO, 2001) und damit eine verspätete Einführung der Beikost über das 6. Lebensmonat hinaus keinen präventiven Effekt auf die Entstehung von Asthma und Allergien zeigt (Prescott et al., 2008; Thygarajan und Burks, 2008; Zutavern et al., 2006; Zutavern et al., 2004). Experten diskutieren, ob eine verspätete Einführung (nach dem 6. Lebensmonat) das Allergierisiko nicht sogar erhöht statt verringert (Grimshaw und Warner, 2005; Lack, 2008; Poole et al., 2006). Es wird angenommen, dass zwischen dem 4. und 6. Lebensmonat ein günstiges Zeitfenster für die Entwicklung der oralen Toleranz gegenüber Lebensmittelallergenen besteht. Muttermilch scheint in diesem Prozess eine unterstützende Wirkung zu haben (Meyer, 2009; Pali-Schöll et al., 2009; Prescott et al., 2008).

Aufgrund fehlender einheitlicher Aussagen bezüglich der Einführung einzelner Lebensmittel in die Beikost, gibt es immer noch große Unterschiede hinsichtlich der Empfehlungen zwischen den einzelnen Ländern. Während sich die meisten Länder gegen Kuhmilch als Trinkmilch vor dem 1. Lebensjahr aussprechen, befürworten Dänemark, Schweden und Kanada eine unbedenkliche Einführung ab dem 9.-10. Lebensmonat. Ähnlich verhält es sich mit den Empfehlungen für die Gabe von Fisch oder Ei, die von manchen Staaten ab dem 4.-6. Lebensmonat von anderen erst ab dem 9.-12. Lebensmonat ausgesprochen wird (ESPGHAN, 2008). Der Ernährungsplan des FKE enthält außer Milch keine Lebensmittel, die als stark Allergie auslösend gelten (z.B. Ei, Fisch oder Nüsse) (Kersting et al., 2003). Eine Einschränkung der Lebensmittelauswahl wird durch aktuelle Studien nicht mehr untermauert. Es gibt bereits Hinweise, dass sich eine

frühe Auseinandersetzung mit Nahrungsallergenen positiv auf die Immuntoleranz auswirkt (Kersting, 2009; Koletzko et al., 2005).

2.3.1.3 Familienkost – optimierte Mischkost „Optimix“

Ungefähr mit dem 10. Lebensmonat ist der Säugling in seiner Entwicklung soweit fortgeschritten, dass er nach und nach an das Familienessen gewöhnt werden kann. Die vier gleich großen Milch- und Breimahlzeiten der Säuglingsernährung gehen nun in die 3 Hauptmahlzeiten und 2 Zwischenmahlzeiten der Familienkost über (Alexy und Kersting, 1999).

Die optimierte Mischkost, kurz „Optimix“ genannt, ist ein lebensmittel- und mahlzeitenbezogenes Konzept für die Ernährung von Kindern und Jugendlichen. Entwickelt vom FKE für den deutschen Lebensstil schließt das Konzept nahtlos an den „Ernährungsplan für das 1. Lebensjahr“ an. Beim Optimix-Konzept fließen wissenschaftliche Kriterien, aber auch die praktische Seite im Sinne der Umsetzbarkeit in die Mahlzeitengestaltung mit ein (FKE, 2005; Kersting et al., 2003).

2.4 Getreidebeikostprodukte auf (Kuh)milchbasis

Gluten

Reis ist frei von Gluten und wird daher in Amerika üblicherweise als erste Beikost eingeführt. Danach folgt die Gabe von glutenhaltigen Getreidesorten wie Hafer, Gerste, Weizen und Roggen (Guandalini, 2007; Poole et al., 2006). In Pflanzen vorkommende Proteine sind meist Prolamine (z.B. Gliadin, Zein) und Gluteline (z.B. Glutenin, Hordenin). Gluten, das zöliakieauslösende Protein, ist eine Mischung aus Gliadin und Glutenin (Biesalski et al., 1995; Febles et al., 2001). Nach Guandalini (2007) sollte der erste Kontakt des Säuglings mit Gluten zwischen dem 4. und dem 6. Lebensmonat stattfinden. Die Gabe von glutenhaltigem Getreide soll dabei in kleinen Portionen erfolgen (Guandalini, 2007).

Phytinsäure (Phytat)

Phytinsäure trägt mehr als 70% zum Gesamtphosphatgehalt in Getreidekörnern bei. Sie ist in der Lage, Komplexe mit essentiellen Mineralien zu bilden z.B. mit Zink, Calcium und Eisen. Diese sind in komplexierter Form für den Menschen nur mehr schlecht bioverfügbar (Zhou und Erdman Jr, 1995). Zusätzlich ist das von der Phytinsäure stammende Phosphat für den Menschen nicht verfügbar (Febles et al., 2001).

2.4.1 Ausgewählte Getreidearten und Pseudocerealien

Weizen (*Triticum aestivum* L.)

Weizen wurde schon frühzeitig kultiviert und liegt in zahlreichen Formen vor. Vermahlungsprodukte sind Graupen, Grieß und Grützen. Ausgehend vom ganzen Korn (Tab. 3) hängt der Asche- und Vitamingehalt des Mehls mit dem Ausmahlungsgrad des Mehles zusammen (Lieberei et al., 2007). Bezogen auf die Trockenmasse besteht Weißmehl zu 70-80% aus Stärke, 10-15% aus Protein, 1-2% aus Lipiden sowie anderen Komponenten wie Nicht-Stärke Polysacchariden (Shewry et al., 1997).

Amaranth (*Fuchsschwanz*)

Die Amaranthus-Arten, seit ca. 5000 v. Chr. ein wertvolles Nahrungsmittel, sind durch Getreidearten mehr und mehr verdrängt worden. Trotzdem haben diese Pseudocerealien als Wildkräuter bis heute überdauert. Amaranth Körner eignen sich zum Kochen, Rösten, Mahlen und Backen (Lieberei et al., 2007). Das Korn enthält durchschnittlich 15-22% Protein mit 0,34g Lysin pro Gramm Stickstoff, zwischen 58 und 66% Stärke, 3,1-11,5% Lipide und einen Ballaststoffgehalt im Bereich von 9-16% (Betschart et al., 1981; Pedersen et al., 1987). Amaranth ist weiters reich an Mineralstoffen, Thiamin und Riboflavin (Tab. 3) (Souci-Fachmann-Kraut, 2004).

Hafer (*Avena sativa* L.)

Hafer ist als Unkraut aus der eurasischen Urheimat nach Mitteleuropa gelangt und dann erst als sekundäre Kulturpflanze angebaut worden. Aufgrund des Klebermangels zur Brotherstellung nicht geeignet, wird Hafer vorwiegend als Haferflocken eingesetzt. Diese sind leicht verdaulich, haben einen hohen Ballaststoffgehalt (ca. 10%) und finden daher in der Diätetik Verwendung (Lieberei et al., 2007). Das Korn (12% Protein, 7% Lipide, 56% Kohlenhydrate) ist reich an B-Vitaminen und Mineralstoffen, hier allen voran an Eisen (Tab. 3) (Souci-Fachmann-Kraut, 2004).

Reis (*Oryza sativa* L.)

Als Kulturpflanze fungiert *O. sativa* wahrscheinlich seit 3000 v. Chr. mit Ursprung in Indien oder China. Braunreis wird dem Paraboiling-Verfahren unterzogen, wodurch die Vitamine und Mineralstoffe selbst nach dem Trocknen und Polieren im Reiskorn enthalten bleiben. Reis findet neben der Verwendung als Korn auch Einsatz als Grieß, Mehl oder Reisstärke (Lieberei et al., 2007). Die Nährstoffzusammensetzung eines polierten weißen Reiskorns beträgt ca. 7% Protein, 0,6% Lipide und 78% Kohlenhyd-

rate. Reis ist glutenfrei jedoch im Gegensatz zu anderen Getreidearten ärmer an Mineralstoffen und Vitaminen (Tab. 3).

| pro 100g | Amaranth ¹ | Weizen | Hafer ² | Reis ^{3,4} |
|-----------------------------|-----------------------|--------|--------------------|---------------------|
| Energie (kcal) | 365 | 298 | 334 | 344 |
| Eiweiß (g) | 14,6 | 10,9 | 11,7 | 6,8 |
| Fett (g) | 8,8 | 1,8 | 7,1 | 0,6 |
| Kohlenhydrate (g) | 56,8 | 59,5 | 55,7 | 77,8 |
| Ballaststoffe (g) | 7,9 | 13,3 | 9,7 | 1,4 |
| Natrium (mg) | 25 | 8 | 8 | 4 |
| Kalium (mg) | 485 | 380 | 355 | 100 |
| Magnesium (mg) | 310 | 95 | 130 | 30 |
| Calcium (mg) | 215 | 35 | 80 | 6 |
| Eisen (mg) | 9 | 3,2 | 5,8 | 0,85 |
| Zink (mg) | 4 | 2,6 | 3,2 | 0,98 |
| Selen (µg) | k.A. | 2 | 7 | 7 |
| Jodid (µg) | k.A. | 7 | 8 | 2 |
| Vitamin B ₁ (µg) | 800 | 460 | 675 | 60 |
| Vitamin B ₂ (µg) | 190 | 95 | 170 | 30 |
| Vitamin B ₆ (µg) | k.A. | 270 | 960 | 150 |
| Folsäure (µg) | k.A. | 85 | 35 | 11 |
| Gluten | nein | ja | ja | nein |

¹ Fuchsschwanz, ² entspelzt, ³ poliert, ⁴ weißer Reis, k.A. keine Angabe in der Nährwerttabelle

Tab. 3: Aus der Nährwerttabelle entnommene Nährwertangaben für verschiedene Getreidearten als ganzes Korn (Elmadfa et al., 2003; Souci-Fachmann-Kraut, 2004)

2.4.2 Kuhmilch im 1. Lebensjahr

Mit Ausnahme einiger Länder wie Kanada, Schweden und Dänemark wird von den meisten industrialisierten Ländern die Verwendung handelsüblicher Vollmilch als Trinknahrung in den ersten 12 Lebensmonaten nicht empfohlen (ESPGHAN, 2008). Im Zuge des Ernährungsplans des FKE erhält der Säugling im 2. Lebensjahr einen Milch-Getreide-Brei mit ca. 200ml Vollmilch. Ein weiterer Verzehr von Milch- und Milchprodukten (nicht gemeint sind Muttermilch und Säuglingsnahrung) im Säuglingsalter ergibt keine Vorteile, aber es besteht begründete Besorgnis über mögliche Nachteile (DGKJ, 2002/2003). Bei Einführung in die Familienkost gegen Ende des 1. Lebensjahres ist laut Experten gegen Kuhmilch als Trinkmilch im Zuge einer Brotmahlzeit kein gesundheitlicher Einwand bekannt (Kersting, 1997).

2.4.2.1 Problematische Nährstoffe in der Kuhmilch

Die Gabe von Kuhmilch im ersten Lebensjahr wird häufig im Zusammenhang mit einer schlechten Eisenversorgung diskutiert. Diese kann letztlich zu einem schlechten Eisenstatus des Säuglings führen (Haschke, 2002).

| Nährstoff | Muttermilch ¹ | Kuhmilch 3,5% Fett ² | Pre- Milch ³ | Folgemilch ⁴ |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Energie (kcal) | 69 | 65 | 65 | 67 |
| Protein (g) | 1,1 | 3,3 | 1,4 | 1,5 |
| Kohlenhydrate (g) | 7 | 4,7 | 7,8 | 7,9 |
| Fett (g) | 4,0 | 3,6 | 3,1 | 3,3 |
| Ballaststoffe (g) | k.A. | k.A. | k.A. | 0,5 |
| Natrium (mg) | 12 | 45 | 21 | 20 |
| Kalium (mg) | 46 | 140 | 68 | 71 |
| Chlorid (mg) | 40 | 102 | 44 | 46 |
| Calcium (mg) | 29 | 120 | 59 | 61 |
| Phosphor (mg) | 15 | 92 | 33 | 34 |
| Magnesium (mg) | 3,1 | 12 | 4,8 | 5,5 |
| Eisen (mg) | 0,06 | 0,06 | 0,6 | 0,8 |
| Zink (mg) | 0,13 | 0,36 | 0,7 | 0,7 |
| Kupfer (µg) | 35 | 6,5 | 38 | 41 |
| Mangan (µg) | 0,7 | 2,5 | 6,6 | 7 |
| Jod (µg) | 5,1 | 2,7 | 11 | 11 |
| Selen (µg) | 3,3 | k.A. | 2 | 2,1 |
| Fluorid (µg) | 17 | 17 | 21 | 29 |
| Vitamin A (µg) | 71 ⁵ | 28 ⁵ | 64 | 67 |
| Vitamin D (µg) | 0,07 | 0,09 | 1,1 | 1,1 |
| Vitamin E (mg) | 0,35 ⁷ | 0,07 | 0,7 | 0,8 |
| Vitamin K (µg) | 0,48 | 0,32 | 5,2 | 5,3 |
| Thiamin (µg) | 15 | 37 | 62 | 66 |
| Riboflavin (µg) | 38 | 180 | 96 | 102 |
| Vitamin B ₆ (µg) | 14 | 39 | 61 | 64 |
| Vitamin B ₁₂ (µg) | 0,05 | 0,41 | 0,16 | 0,17 |
| Vitamin C (mg) | 6,5 | 1,7 | 10 | 11 |
| Niacin (µg) | 170 ⁶ | 90 ⁶ | 579 | 606 |
| Pantothensäure (µg) | 210 | 35 | 320 | 343 |
| Folsäure (µg) | 8 | 5 | 11,7 | 13 |
| Biotin (µg) | 0,58 | 3,5 | 1,7 | 1,8 |

¹⁺² pro 100g (Souci-Fachmann-Kraut, 2004), ³ pro 100ml Säuglingsanfangsmilch (Humana Anfangs Pre Milch, Verpackungsangabe 2008), ⁴ pro 100ml Folgemilch nach dem 6. Monat (Humana Folgemilch 2, Verpackungsangabe 2008), ⁵ Retinol, ⁶ Nicotinamid, ⁷ Gesamttocopherol

Tab. 4: Nährstoffangaben pro 100ml bzw. 100g trinkfertige Milch

Kuhmilch ist reich an Protein, Calcium und gesättigten Fettsäuren (65-70%) vor allem 14:0, 16:0 und 18:0. Der Gehalt an essentiellen Fettsäuren, Zink, Vitamin C, Niacin und

Eisen ist jedoch gering. Das in Vollmilch (3,5% Fett) enthaltene Eisen (60µg/100ml) ist zudem schlecht bioverfügbar (Fleischer Michaelsen und Hoppe, 2007); Casein und Calcium in der Kuhmilch behindern die Resorption von Nicht-Hämeisen aus anderen Lebensmitteln (DGKJ, 2002/2003; Elmadfa und Leitzmann, 2004; Fleischer Michaelsen, 2000)

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass die Gabe von Kuhmilch bei Säuglingen in manchen Fällen bis hin zum 9. Lebensmonat gastrointestinale Blutungen verursachen kann (Fleischer Michaelsen und Hoppe, 2007). Es kommt hierbei zu okkulten Blutverlusten (Verlust an Eisen) im Stuhl, die mit zunehmendem Alter abnehmen. Die Neigung, auf Kuhmilch mit Blutungen zu reagieren, betrifft 40% der Säuglinge im 4. Lebensmonat und 30% der Babys im 8. Lebensmonat und verschwindet gänzlich mit dem vollendeten ersten Lebensjahr (Ziegler et al., 1999).

Der Gehalt an für das Wachstum wichtigen Nährstoffen wie Protein und einigen Mineralstoffen ist in Kuhmilch dreimal höher als in Muttermilch (Tab. 4). Daraus resultiert eine potentielle renale Molenlast der Kuhmilch von 46mosm/100kcal, die dreifach höher ist als die der Muttermilch (14mosm/100kcal) und zirka doppelt so hoch wie bei Säuglingsmilchnahrungen (20-39mosm/100kcal) und (handels)üblichen Beikostprodukten mit 23mosm/100kcal (Fomon, 2000).

2.5 Gesetzlicher Hintergrund

2.5.1 Beikosternährung

2.5.1.1 Richtlinie 2006/125/EG

Die Richtlinie 96/5/EG der Kommission über Getreidebeikost und andere Beikost für Säuglinge und Kleinkinder wurde erstmals 1996 herausgegeben und bis Ende 2006 mehrfach und in wesentlichen Punkten geändert (EG Richtlinie, 2006a). Die Umsetzung in das österreichische Lebensmittelrecht erfolgte 1998. 1999 wurde die österreichische Beikostverordnung modifiziert (BGBl, 1999).

Einfache Getreideprodukte (Artikel 1/a/i), die mit Milch oder anderen geeigneten nahrhaften Flüssigkeiten zubereitet sind oder zubereitet werden müssen.

Bei einfachen Getreideprodukten gibt es keine Regelung bezüglich des Proteins. Kommt es zu einem Zusatz von Kohlenhydraten in Form von Honig, Glucose, Glucose-

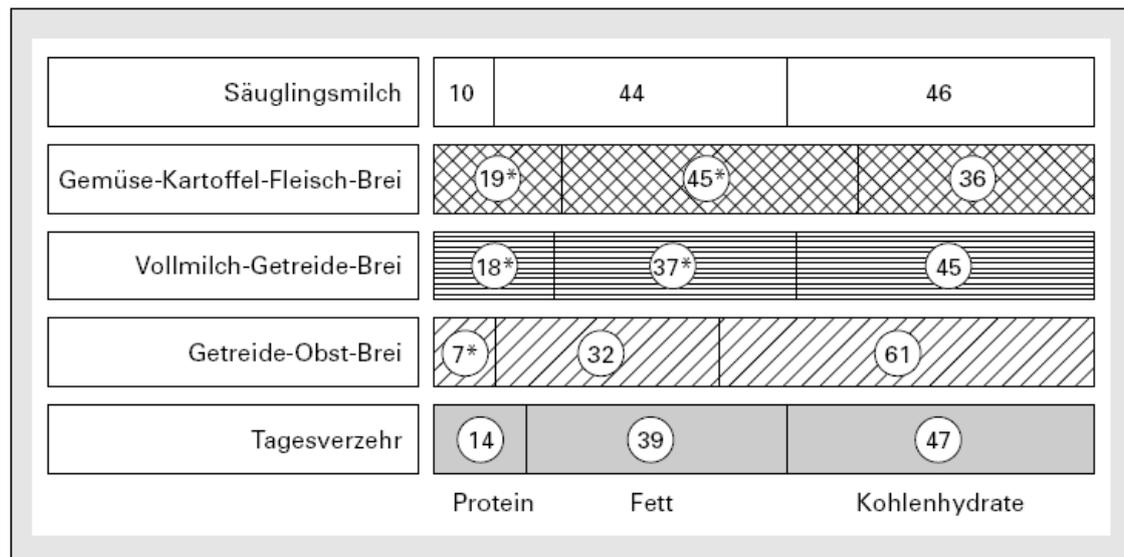
sirup oder Saccharose, dürfen die daraus resultierenden Kohlenhydrate höchstens 7,5g/100kcal, bei Fruktose 3,75g/100kcal betragen. Der Fettgehalt darf maximal 3,3g/100kcal (30E%) ausmachen. Bezüglich der Mineralstoffe gibt es eine Beschränkung für Natrium von höchstens 100mg/100kcal. Der Thiamingehalt von Getreidebeikost ist mit einem Gehalt von mindestens 100µg/100kcal festgelegt (EG Richtlinie, 2006a).

- **Proteinregulierung**

Kersting (2000) zeigt auf, dass die EG Richtlinie für Mahlzeiten in der Beikost generell einen Proteingehalt von mindestens 3g/100kcal (12E%) fordert. Der Getreide-Obst-Brei aber erreicht bei Selbstzubereitung einen Proteinanteil von nur 7E%. Kommerziell erhältliche Getreide-Obst-Breie im Gläschen haben etwa einen Proteinanteil von 5 bis 6E% und werden somit von offizieller Seite statt als Hauptmahlzeit nur als Zwischenmahlzeit gekennzeichnet (Kersting, 2000).

- **Fettregulierung**

Die EG Richtlinie legt fest, dass einfache Getreidebeikost, die mit Milch oder anderen nahrhaften Flüssigkeiten zubereitet wird, als verzehrfertiges Produkt einen Fettanteil von maximal 30E% (3,3g/100kcal), dem Mindestfettgehalt von Folgemilch, aufweisen darf. Dies geht zurück auf den SCF Report von 1990 (SCF, 1990), wo festgelegt wurde, dass einfache Getreideprodukte keinen Fettzusatz enthalten sollen. Bei der Übernahme dieser Forderung in die entsprechende EG Richtlinie wurde jedoch übersehen, dass sich die EG Richtlinie auf das verzehrfertig Produkt bezieht, das SCF jedoch von unzubereiteten Getreideflocken ausgegangen ist (Kersting, 2000). Bei Getreideprodukten, denen bereits Milch zugesetzt ist und die mit Wasser oder anderen proteinfreien Flüssigkeiten zubereitet werden, ist ein Fettanteil bis zu 40E% (4,5g/100kcal) erlaubt (EG Richtlinie, 2006a). Ein selbst zubereiteter Vollmilch-Getreide-Brei nach der Empfehlung des FKE liefert pro Mahlzeit einen Fettanteil von 37E% (Abb. 5). Die Empfehlung auf den Packungen von Getreideprodukten den Brei mit Vollmilch (3,5% Fett) zuzubereiten ist somit nicht mehr gesetzeskonform, da hier die erlaubten 30E% Fett überschritten werden. Man findet daher Breirezepte mit verdünnter oder teilentrahmter Milch. Aus der Sicht des Pädiaters ist es aber nach wie vor empfehlenswert, den Brei mit Vollmilch zuzubereiten, da eine Restriktion der Fettzufuhr in den ersten zwei Lebensjahren bei normaler Entwicklung nicht angebracht ist (ESPGHAN, 2008; Koletzko et al., 2001; ÖGKJ, 1992; Olson et al., 1995).



* Richtlinie 2006/125/EG (Beikost), Protein \geq 12, Fett \leq 40 bzw. 30

Abb. 5: Makronährstoffe in den 4 Mahlzeitentypen des „Ernährungsplans für das 1. Lebensjahr“ des FKE, geringfügig modifiziert (Kersting et al., 2003)

- **Vitamin B₁ - Regulierung**

Dass Getreidebeikost einen Mindest-Thiamingehalt von 100 μ g/100kcal aufweisen muss, ist im SCF Report von 1990 festgelegt. Die SCF forderte damals pauschal einen Mindestgehalt von Vitamin B₁ in Getreidebeikost, der dem Gehalt an Thiamin in Vollkorngetreide (93 μ g Vitamin B₁/100kcal) entspricht (Kersting, 2000; SCF, 1990). Quantifiziert als Mindestdichte von 100 μ g Vitamin B₁/100kcal unzubereiteter Getreidebeikost wurde diese Forderung erstmals in die Richtlinie 96/5/EG (EG Richtlinie, 1996) übernommen und ist bis dato in der Richtlinie 2006/125/EG geltend. Die Richtlinie bezieht sich jedoch auf das verzehrfertige Produkt und nicht auf reines Getreide. Da Vollmilch mit 54 μ g Vitamin B₁/100kcal (Souci-Fachmann-Kraut, 2004) ein schlechter Thiamin Lieferant ist, erreicht der Vollmilch-Getreide-Brei nicht die von der EG Richtlinie geforderte Mindestdichte. Neben Fertigmilchbreien, die standardmäßig mit zahlreichen Nährstoffen angereichert sind, sind aufgrund dieser Richtlinie auch die Getreideflocken, die als Basis für die Selbstzubereitung eines (Vollmilch)-Getreide-Breis dienen, mit Vitamin B₁ anzureichern (Kersting, 2000).

2.5.1.2 Anreicherung von Nährstoffen & Kennzeichnung

In der EG Richtlinie sind die zur Anreicherung erlaubten Nährstoffe sowie deren chemische Form und die Höchstmenge an Nährstoff pro 100kcal geregelt. Die Höchstmengen beziehen sich mit Ausnahme von Calcium und Kalium auf das verzehrfertige

Erzeugnis. Dieses wird als solches auf den Markt gebracht oder nach den Anweisungen des Herstellers zubereitet (z.B. Zugabe von Milch zu Getreideflocken). Bei Kalium und Calcium beziehen sich die Höchstmengen auf das verkaufsfertige Erzeugnis (z.B. Getreideflocken) (EG Richtlinie, 2006a) (Anhang II).

2.5.2 Gesetzlicher Hintergrund der Kindermilch

Mit Nährstoffen angereicherte Vollmilch (Kindermilch), die für den allgemeinen Verzehr bestimmt ist, wird im Gegensatz zu Säuglingsanfangsmilch- und Folgemilchprodukten und auch Beikostprodukten nicht zu den diätetischen Lebensmitteln gezählt.

2.5.2.1 Nährstoffanreicherung

Für die „Anreicherung“ nicht diätetischer Lebensmittel mit Vitaminen und Mineralstoffen bestehen in Österreich keine spezifischen gesetzlichen Regelungen. Es gilt das im österreichischen Lebensmittelgesetz (LMSVG) (BGBl, 2006) verankerte „Missbrauchsprinzip“. Die Anreicherung von Lebensmitteln ist erlaubt, solange die in §5 angeführten Anforderungen eingehalten werden. Europaweit wird der Zusatz von Vitaminen, Mineralstoffen und anderen Stoffen zu Lebensmitteln über die EG-Anreicherungsverordnung Nr. 1925/2006 (EG Verordnung, 2006) geregelt. Die zugelassenen chemischen Formen der zur Nährstoffanreicherung erlaubten Nährstoffe findet man im Anhang II in der oben genannten Verordnung aufgelistet.

Laut EG-Konsummilch-Verordnung 2597/97 (EG Verordnung, 1997) steht es den EU Mitgliedsstaaten frei, Konsummilch unter anderem mit aus Milch stammendem Eiweiß, Mineralsalzen oder Vitaminen anzureichern. Höchstmengen wurden bislang noch keine festgelegt (BfR, 2004a). In Österreich ist eine pauschale Milchanreicherung mit oben genannten Nährstoffen derzeit nicht üblich.

3 Material und Methoden

3.1 Überblick über das Studiendesign

Die vorliegende Studie (Abb. 6) ist eine Kooperation der Firma Maresi GmbH und dem Department für Ernährungswissenschaften der Universität Wien. Sie wurde im Zeitraum 2005-2007 durchgeführt.

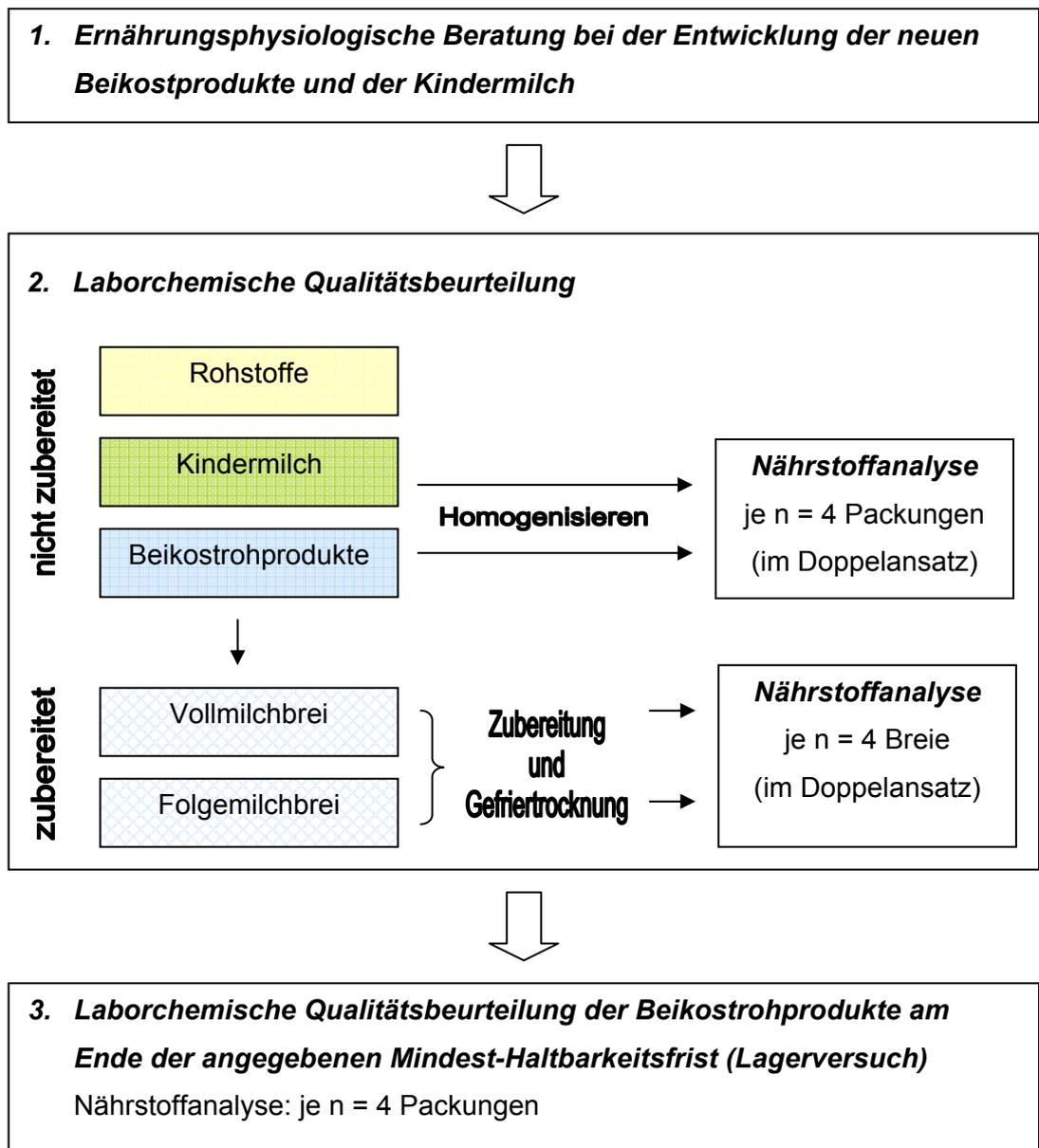


Abb. 6: Schematische Darstellung des Studiendesigns

Ziel dieser Studie ist die Entwicklung von drei neuen Beikostprodukten aus alternativen Getreidesorten (Amaranth, Hafer und Reis) sowie einer Kinder-Vollmilch ab dem zwölften Lebensmonat. Die laborchemische Qualitätsanalyse der Kinder-Vollmilch wie aller Beikostprodukte beginnend bei den Rohstoffen, den Beikostrohprodukten (Getreideflocken) (während und nach Ende der Haltbarkeitsfrist) bis hin zum gekochten Produkt als Vollmilch- bzw. Folgemilchbrei ist ebenfalls Teil der Arbeit (Abb. 6). Ferner werden vier bereits am Markt befindliche Weizengrieß-Produkte der Firma Himmeltau auf ihre Qualität hin untersucht und die erhaltenen Analysenwerte des Rohprodukts als Basis für die Entwicklung des neuen Misch-Produkts Amaranth-Weizen herangezogen.

Aus diesem Projekt gehen zwei Diplomarbeiten (Hasenegger, 2006; Sedlacek, 2006) hervor. Diese Arbeiten beschäftigen sich mit den zur Analyse stehenden Beikostprodukten in roher wie auch zubereiteter Form innerhalb der Mindesthaltbarkeit *exklusive* dem Lagerversuch. Die ermittelten Daten fließen in diese Dissertation mit ein.

3.2 Untersuchungsmaterial

3.2.1 Getreidebeikostprodukte ab dem 6. Lebensmonat

Bei den untersuchten Produkten handelt es sich um vier bereits im Handel erhältliche Getreidebeikostprodukte auf Basis von Weizengrieß der Marke Himmeltau sowie um drei neu entwickelte Produkte mit alternativen Getreidesorten und spezieller Nährstoffanreicherung.

Im Handel erhältliche Beikostprodukte

| Produktname | Matrix | Extras | Anreicherung¹ |
|--------------------------------|------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Himmeltau Bienenhonig | 100% Weizengrieß | Bienenhonig tellerfertig | 1,1mg Thiamin |
| Himmeltau Vanille | 100% Weizengrieß | Vanille tellerfertig | 1,1mg Thiamin |
| Himmeltau Traubenzucker | 100% Weizengrieß | Traubenzucker tellerfertig | 1,1mg Thiamin |
| Himmeltau Feinster Weizengrieß | 100% Weizengrieß | | 1,1mg Thiamin |

¹ Angaben laut Deklaration auf der Verpackung

| <i>Neu entwickelte Beikostprodukte</i> | | | |
|--|-------------------------------------|-----------------------------|--|
| Produktname | Matrix | Extras | Anreicherung/100g |
| Amaranth-Weizen | 25% Amaranthmehl 75% Weizengrieß | tellerfertig | 200mg Calcium 750µg Thiamin 500µg Riboflavin 500µg Pyridoxin 5µg Cholecalciferol |
| Hafer | 100% Hafermehl | Bienenhonig tellerfertig | 200mg Calcium 750µg Thiamin 500µg Riboflavin 500µg Pyridoxin 200µg Folsäure |
| Reis | 100% Reismehl | Bienenhonig tellerfertig | 200mg Calcium 750µg Thiamin 500µg Riboflavin 500µg Pyridoxin |

3.2.2 Kinder-Vollmilch ab dem 12. Lebensmonat

Bei der Kinder-Vollmilch handelt es sich um eine handelsübliche Vollmilch, die jedoch mit für das Kleinkind wichtigen Nährstoffen (Vitamin D₃, Calcium, Magnesium und Kalium) angereichert ist. Durch eine spezielle UHT Erhitzung ist sie unter gekühlten Bedingungen länger haltbar und gilt als ESL-Vollmilch (extended shelf life).

3.3 Aufbereitung der Proben

Stichprobenziehung und Homogenisieren des Probenmaterials

Um eine aussagekräftige Stichprobe zu erhalten, werden 4 Packungen von jedem Beikostprodukt homogenisiert (Büchi-Mixer B-400, Titan-Keramik-Messersatz BÜC-034340) und vakuumverpackt. Der Probenanteil für die Mineralstoff-, Vitamin- und Fettsäurebestimmung wird bei +8°C und -80°C gelagert. Das Probenaliquot für die Hauptnährstoffanalyse hat bis zum Analysezeitpunkt eine Lagertemperatur von +8°C. Bei der Kindermilch werden 4 Packungen zu je 1Liter herangezogen und bis zur Analyse bei -30°C gelagert.

Zubereitung der Vollmilch- und Folgemilchbreie

Bei allen Produkten, mit Ausnahme vom Feinsten Weizengrieß, handelt es sich um tellerfertige Getreidebeikost. Hierbei werden die Getreideflocken mittels technologischem Verfahren so vorbehandelt, dass ein einfaches Einrühren der Flocken in die Milch ausreicht, um einen homogenen Brei zu erhalten. Das typische „Griesbrei-Kochen“ auf der Herdplatte erübrigt sich.

VOLLMILCHBREI

Getreide-Brei tellerfertig

NÖM Vollmilch (3,5% Fett) kurz aufkochen und anschließend auf 50°C abkühlen
200ml in einen Teller überführen und 20g Getreideflocken einrühren

Himmeltau Feinster Weizengrieß

In 200ml kalte Vollmilch werden 15g Grieß eingestreut
Unter ständigem Rühren zum Kochen bringen und 1 Minute kochen lassen

FOLGEMILCHBREI

Herstellung von 92ml HUMANA Folgemilch

84ml Wasser + 14,9g Milchpulver
Das Wasser abkochen, auf 50°C abkühlen und das Milchpulver einrühren

Getreide-Brei tellerfertig

70ml zubereitete Folgemilch mit 140ml Wasser verdünnen und auf 50°C erwärmen
Die 1/3 Folgemilch in einen Teller überführen und 20g Getreideflocken einrühren

Himmeltau Feinster Weizengrieß

In 140ml Wasser werden 15g Grieß eingestreut
Unter ständigem Rühren zum Kochen bringen und 1 Minute kochen lassen
70ml fertig zubereitete heiße Folgemilch zugeben und einrühren

Lagerung und Gefriertrocknung der Breiprobe

Vitamin-, Fettsäure-, Mineral- und Spurenelementbestimmung

Um eine gleichmäßige Verteilung der Nährstoffe im Probensample zu gewährleisten, wurden alle Breiprobe vor Bestimmung der wasserlöslichen- und fettlöslichen Vitamine, der Mineral- und Spurenelemente sowie der Fettsäuren gefriergetrocknet (Gefriertrockner Lyolab B, LSL Secfroid). Dazu wurden die Breiprobe nach dem Kochprozess gewogen, in Aluschalen (ausgelegt mit Frischhaltefolie) gefüllt und mindestens einen Tag bei -80°C gelagert. Bei einer Temperatur von -50°C betrug die Gefriertrocknungsdauer ohne Abdeckung mit Alufolie 7 Tage. Im Anschluss daran wurden die Proben erneut gewogen, mittels Nudelholz homogen zerkleinert, vakuumverpackt und bei -80°C bis zur Analyse gelagert.

Bestimmung der Hauptnährstoffe

Die Breiprobe wurde nach dem Kochvorgang gewogen, vakuumverpackt und bis zum Zeitpunkt der Analyse bei -30°C gelagert. Ein Gefriertrocknen der Probe hat sich für diese Art der Analysen als nicht relevant erwiesen.

3.4 Chemikalien und Standardsubstanzen

• Chemikalien

2-Propanol p.A., Merck 1.09634.2511, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Acetonitril LiChrosolv, Merck 1.00030.2500, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Alphagaz Helium 5.0 > 99,999%, Air Liquide Austria GmbH, AUT-Schwechat

Alphagaz Sauerstoff 1, Air Liquide Austria GmbH, AUT-Schwechat

Alphagaz Stickstoff Plus 4.6 > 99,996%, Air Liquide Austria GmbH, AUT-Schwechat

Ammoniumacetat p.A., Merck 1.01116.1000, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Benzoessäure von garantiertem Brennwert, Riedel-de Haën 33045, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, D-Seelze

Bioquant®-Gesamtballestoffe (Hitze-stabile α -Amylaselsg., Protease-Lsg., Amyloglucosidase-Lsg.), Merck 1.12979.0001, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Borsäure ACS reagent. $\geq 99,5\%$, Riedel-de Haën B0394, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, D-Steinheim

Bortrifluoridmethanol 14%, Sigma B1252, Sigma-Aldrich GmbH, D-Seelze

Butylhydroxytoluol (BHT), Sigma B-1378, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

Calciumchlorid wasserfrei 90% reinst, Riedel de Haën 12018, Sigma-Aldrich GmbH, D-Seelze

Celite® 545, Korngröße 0,02-0,1mm, Merck 1.02693.1000, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Chloroform p.A., Merck 1.02445.2500, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

ClinRep® Komplett-Testkit „Vitamin B₁ im Vollblut“, Recipe® 24000, RECIPE Chemicals + Instruments GmbH, D-München

di-Natriumhydrogenphosphat wasserfrei, Fluka 71640, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

Ethanol LiChrosolv, Merck 1.11727.250, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Ethanol p.A., Merck 1.00983.2511, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Kaliumhydroxid puriss. p.A., Riedel de Haën 30603, Sigma-Aldrich GmbH, D-Seelze

Kaliumphosphat monobasisch puriss p.a., Riedel-de Haën 30407, Sigma-Aldrich GmbH, D-Seelze

Kjeldahl-Katalysator nach Wieninger, Riedel-de Haën 36120, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, D-Seelze

L(+)-Ascorbic acid sodium salt, Fluka 11140, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

Magnesiumacetat-4-Hydrat puriss. p.a., Riedel-de Haën 32316, Sigma-Aldrich GmbH, D-Seelze

Methanol LiChrosolv, Merck 1.06007.2500, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Methanol p.A., Merck 1.06009.2500, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Methylenblauhydrat puriss. ≥ 95%, Fluka 28514, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, D-Seelze

Methylrot Indikator, Fluka 32654, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, D-Seelze

n- Hexan LiChrosolv, Merck 1.04391.2500, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Natriumacetat wasserfrei, Fluka 71183, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

Natriumdihydrogenphosphat-Monohydrat, Merck 1.06346.0500, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Natriumhydroxidplättchen puriss., Riedel-de Haën 06203, Sigma-Aldrich GmbH, D-Seelze

Natriumsulfat wasserfrei, Riedel de Haën 13464, Sigma-Aldrich GmbH, D-Seelze

Natronlauge puriss p.a. 32%, Riedel-de Haën 30531, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, D-Seelze

Ortho-Phosphorsäure 85% p.A., Riedel-de Haën 30417, Sigma-Aldrich GmbH, D-Seelze

Petroleumbenzin p.A., Merck 1.01775.6010, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Salpetersäure 65% suprapur ($\delta=1,39$), Merck 1.00441.1000, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Salzsäure p.A. 25%, Riedel-de Haën 30723, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, D-Seelze

Salzsäure Standard-Maßlösung 1mol/l, Riedel-de Haën 35328, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, D-Seelze

Schwefelsäure 95-97%, Fluka 84720, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, D-Seelze

Silicagel, Fluka 72917, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

Siliciumoxide, Riedel-de Haën 18649, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, D-Seelze

Taka Diastase from Aspergillus oryzae (EC 3.2.1.1), Fluka 86247, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

Tertiärer Butyl Methyl Ether Chromasolv, Sigma 34875, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

Tetrahydrofuran, Fluka 87367, Sigma-Aldrich GmbH, D-Seelze

Trichloressigsäure puriss. p.A., Riedel-de Haën 33731, Sigma-Aldrich GmbH, D-Seelze

Trizima® base puriss. p.a. ≥ 99,7% (T), Fluka 93350, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, D-Seelze

Wasser dest. („compact ultrapure water system“ der Fa. Barnstead, Modell EASYpure LF ausgestattet mit einem 5µm Filter)

Wasserstoffperoxid 31% ultrapur, Merck 1.06097.1001, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

- **Standardsubstanzen**

Fettlösliche Vitamine

Ergocalciferol (Vitamin D₂), Fluka 95220, Sigma-Aldrich GmbH, D-Seelze

Cholecalciferol (Vitamin D₃), Fluka 95230, Sigma-Aldrich GmbH, D-Seelze

DL- α -Tocopheryllacetat, Serva 36610, Feinbiochemica GmbH & Co, D-Heidelberg

DL α -Tocopherol, Merck 8283, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

β - Tocopherol, Sigma 46401-U, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

γ-Tocopherol, ein Geschenk von ADM James R. Randall Research Center (Decatur, USA)

δ-Tocopherol, Sigma T-2028, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

α-, β-, γ-, δ-Tocotrienol, Merck CALB613432-Set, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

dl-Tocol, ein Geschenk von der Firma Hoffmann-La Roche (Schweiz)

all-trans-Retinol, Fluka 17772, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

all-trans-Retinol-Palmitat, Sigma R-3375, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

Retinylacetat, Sigma R-4632, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

Xanthophyll (Lutein) from Alfalfa, Fluka 9550, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

Zeaxanthin, Fluka 14681, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

trans Beta-Carotin, Sigma C-9750, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

Wasserlösliche Vitamine

Folsäure synth. (Monoglutamat), Sigma F-7876, Sigma-Aldrich GmbH, AUT-Wien

Riboflavin, Sigma R-4500, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

Thiamin Hydrochlorid, Sigma T-4625, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

Pyridoxin Hydrochlorid, Sigma P-9755, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

Pyridoxal Hydrochlorid, Sigma P-9130, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

Mineralstoffe und Spurenelemente

Zink Titrisol Elementstandardlösung 1g/l, Merck 1.09953.0001, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Magnesium Titrisol Elementstandardlösung 1g/l, Merck 1.09949.0001, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Calcium Titrisol Elementstandardlösung 1g/l, Merck 1.09943.0001, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Eisen Titrisol Elementstandardlösung 1g/l, Merck 1.09972.0001, VWR Int. GmbH, AUT-Wien

Kalium AAS Standard Lösung 1g/l, Fluka 02682, Sigma-Aldrich GmbH, D-Seelze

Fettsäuremuster

Supelco™ 37 Component FAME Mix, Supelco 47885-U, Sigma-Aldrich GmbH, D-Steinheim

3.4.1 Photometrische Konzentrationsbestimmung

Zur exakten Konzentrationsbestimmung müssen Vitaminstammlösungen vor Gebrauch gegen den Leerwert vermessen werden. Die exakte Konzentration der Stammlösung wird mit Hilfe des Lambert-Beerschen Gesetzes und der Faktoren in Tab: 5 errechnet.

Das Vermessen der Stammlösungen erfolgt mittels Halb-Mikro-Quarzglasküvette (Hellma Präzisions-Küvetten SUPARASIL®, d=1cm) im Extinktionsbereich 0,5 - 1,0.

$$c_{\text{Stammlösung}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] = \frac{E \cdot VF}{\epsilon \left[\text{l} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \right] \cdot d \left[\text{cm} \right]} \cdot 1000$$

Ephotometrisch ermittelte Extinktion

VF...Verdünnungsfaktor

ε.....molarer dekadischer Extinktionskoeffizient

d.....Schichtdicke der Küvette

| Substanz | g/Mol | Lösungsmittel | λ [nm] | ε [l·g ⁻¹ ·cm ⁻¹] |
|------------------------|--------|--|--------|--|
| Ergocalciferol | 396,66 | C ₂ H ₅ OH, 5mg BHT/l | 265 | 4,588 |
| Cholecalciferol | 384,65 | C ₂ H ₅ OH, 5mg BHT/l | 265 | 4,55 |
| Tocopherylacetat | 472,74 | Hexan | 245 | 4,8 |
| α-Tocopherol | 430,71 | CH ₃ OH:CH ₂ Cl ₂ = 85:15 | 294 | 7,1 |
| β-Tocopherol | 416,69 | CH ₃ OH:CH ₂ Cl ₂ = 85:15 | 298 | 8,6 |
| γ-Tocopherol | 416,69 | CH ₃ OH:CH ₂ Cl ₂ = 85:15 | 298 | 9,28 |
| δ-Tocopherol | 402,66 | CH ₃ OH:CH ₂ Cl ₂ = 85:15 | 298 | 9,12 |
| Tocol | 388,63 | CH ₃ OH | 299 | 9,67 |
| α-Tocotrienol | 424,67 | CH ₃ OH:CH ₂ Cl ₂ = 85:15 | 292,5 | 9,1 |
| β-Tocotrienol | 410,64 | CH ₃ OH:CH ₂ Cl ₂ = 85:15 | 294 | 8,73 |
| γ-Tocotrienol | 410,64 | CH ₃ OH:CH ₂ Cl ₂ = 85:15 | 296 | 9,05 |
| δ-Tocotrienol | 396,61 | CH ₃ OH:CH ₂ Cl ₂ = 85:15 | 297 | 9,81 |
| Lutein | 568,88 | CH ₂ Cl ₂ | 453 | 254,5 |
| Zeaxanthin | 568,88 | CH ₂ Cl ₂ | 450 | 247,7 |
| Beta-Carotin | 536,88 | Hexan | 450 | 258,7 |
| Retinol | 286,46 | Ethanol | 350 | 183,5 |
| Retinylpalmitat | 524,88 | Hexan | 350 | 183,5 |
| Retinylacetat | 328,49 | Ethanol | 325 | 137,9 |
| Folsäure | 441,40 | 0,1M NaOH (pH 13) | 256 | 60,9 |
| Thiamin-Hydrochlorid | 337,28 | 0,1M HCl | 247 | 42,1 |
| Riboflavin | 376,36 | 2,5M CH ₃ COONa*3H ₂ O | 444 | 32,8 |
| Pyridoxal-Hydrochlorid | 203,60 | 0,1M HCl | 288 | 53,8 |
| Pyridoxin-Hydrochlorid | 205,64 | 0,1M HCl | 291 | 50,8 |

Tab. 5: Photometrische Konzentrationsbestimmung von Standardsubstanzen (Drotleff, 1999; Kehlenbach, 2004; Merck Index, 1989)

3.5 Bestimmung von Brennwert und Hauptnährstoffen

3.5.1 Physikalischer Brennwert

Die Probe wird mittels Kalorimeterbombe im Sauerstoffüberschuss explosionsartig verbrannt. Die dabei entstehende Temperaturänderung ΔT der Kalorimeterflüssigkeit (Wasser) ist der Verbrennungswärme proportional. Die Analyse erfolgte geringfügig modifiziert nach den im Handbuch für Kalorimetrie (Phywe_04403.00) beschriebenen Leitlinien.

Durchführung

Das Kalorimetermantelgefäß wird mit 350ml Wasser (20°C, Magnetrührer) befüllt. Der Zünddraht auf 1mg genau gewogen, in 5 Windungen gelegt und so in der Pressform platziert, dass die Windungen des Drahtes vom Probenmaterial bedeckt werden. Mittels Schraubstock wird das Probenmaterial zu einem Brikett gepresst und nach erneutem Wägen der Kalorimeterbombe befestigt. Diese wird mit 10bar Sauerstoff gefüllt, in das Kalorimetermantelgefäß eingehängt und die Verbrennung mittels Zündgerät gestartet. Nach 2 Minuten wird die Temperaturänderung des Wassers mittels Temperaturfühler erfasst. Die Temperaturänderung der Kalorimeterflüssigkeit ist der Verbrennungswärme proportional. Zur Bestimmung des Kalorimeterwertes der Kalorimeterbombe wird zu Beginn eine dreifache Messung mittels Benzoesäure durchgeführt.

Brennwertbestimmung

| | |
|----------------------------|---------------------|
| Kalorimetermantelgefäß | 350ml Wasser (20°C) |
| Pressling bzw. Benzoesäure | 0,2-0,4g |
| Zünddraht | 10cm |

Quantitative Auswertung

- **Kalibriermessung**

Mittels Kalibriermessung kann mit Hilfe folgender Formel die Wärmekapazität des Kalorimetersystems (C) bestimmt werden.

$$C = \frac{H_b \cdot m_p}{\Delta T}$$

H_b ...Brennwert der Benzoesäure, dieser beträgt bei 20°C 26473J/g

- **Berechnung der Verbrennungswärme**

Als Berechnungsgrundlage zur Ermittlung der Verbrennungswärme dient schließlich die thermodynamische Formel.

$$H = \frac{C \cdot \Delta T}{m_p}$$

H ...Brennwert der Probensubstanz

C ...Wärmekapazität des Kalorimetersystems [J/g]

ΔT ...Temperaturänderung bei der Verbrennung [K]

m_p ...Masse der Probensubstanz ohne Zünddraht [g]

3.5.2 Physiologischer Brennwert

Der physiologische Brennwert wird rechnerisch durch Multiplikation mittels der von ATWATER angegebener Faktoren berechnet. Dabei wird der Gehalt an Nährstoff (Kohlenhydrate, Fett, Protein, Alkohol) in Gramm mit dem entsprechenden ATWATER-Faktor in kJ oder kcal multipliziert. 1kcal entspricht 4,186kJ (Elmadfa und Leitzmann, 2004).

| Nährstoff | Physikalischer Brennwert | Physiologischer Brennwert | Atwater Faktor |
|-----------|--------------------------|---------------------------|------------------|
| Stärke | 17,5kJ/g - 4,2kcal/g | 17,3kJ/g - 4,1kcal/g | 17kJ/g - 4kcal/g |
| Glucose | 15,6kJ/g - 3,7kcal/g | 15,4kJ/g - 3,7kcal/g | 17kJ/g - 4kcal/g |
| Fett | 39,1kJ/g - 9,3kcal/g | 37,1kJ/g - 8,9kcal/g | 38kJ/g - 9kcal/g |
| Protein | 22,9kJ/g - 5,5kcal/g | 15,9kJ/g - 3,8kcal/g | 17kJ/g - 4kcal/g |
| Alkohol | 29,8kJ/g - 7,1kcal/g | 29,8kJ/g - 7,1kcal/g | 29kJ/g - 7kcal/g |

Berechnung des physiologischen Brennwertes in pro 100g Lebensmittel:

$$\begin{aligned}
 \text{physiol. BW [kcal/100g]} &= (g\text{Protein}/100g \times 4) + (g \text{ Fett}/100g \times 9) + (g \text{ KH}/100g \times 4) \\
 \text{physiol. BW [kJ/100g]} &= (g\text{Protein}/100g \times 17) + (g \text{ Fett}/100g \times 38) + (g \text{ KH}/100g \times 17)
 \end{aligned}$$

physiol. BW...physiologischer Blindwert

Der physiologische Brennwert wird in dieser Arbeit zur Berechnung des prozentualen Anteils von Protein, Fett und Kohlenhydrate an der Gesamtenergie (Energieprozent, E%) wie zur Ermittlung der Nährstoffdichte eines Lebensmittel herangezogen.

3.5.3 Gesamtproteingehalt

Bei der Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl (AS§64, 2007) wird die zu untersuchende Probe mit konzentrierter Schwefelsäure unter Zusatz eines Katalysators (Metallsalze/-oxide) oxidativ aufgeschlossen. Aus dem entstandenen Ammoniumsulfat wird der nach Alkalizusatz freigesetzte Ammoniak mit Hilfe einer Wasserdampfdestillation in eine borsäurehaltige Vorlage übergetrieben und mit einer Salzsäure-Maßlösung titrimetrisch bestimmt. Der Proteingehalt der Probe wird unter Berücksichtigung des durchschnittlichen Stickstoffanteils der vorliegenden Proteinart errechnet (Matissek et al., 1992).

Reagenzien

2% Borsäurelösung (w/w)

20g Borsäure werden in 980g destilliertem Wasser gelöst.

Tashiro-Indikator

100ml einer Lösung von 0,03% Methylrot in 70Vol% Ethanol werden mit 15ml einer 0,1% wässrigen Methylenblau-Lösung vermischt.

Durchführung

- **Aufschluss**

1,5g gut homogenisierte Probe wird auf ± 1 mg in einem stickstofffreien Wägeschiffchen eingewogen und in einen Kjeldahlkolben übergeführt. Nach Zusatz von je einer Katalysatortablette und 20ml konzentrierter Schwefelsäure wird der Ansatz für 50min in einer BÜCHI-Aufschlussapparatur gekocht. Zur Überprüfung der Chemikalien wird ein Blindwert mitgeführt. Nach 15 Minuten langem Abkühlen des klaren Aufschlusses werden die Proben mit ca. 80ml Wasser versetzt.

- **Destillation**

Nach Zusatz von 32%iger Natronlauge im Überschuss (ca. 100ml) wird 6 Minuten lang eine Wasserdampfdestillation durchgeführt. Das Kühlerrohr der Destillationsapparatur muss dabei in die Borsäurevorlage (ca. 40ml Borsäure-Indikator-Gemisch) eintauchen. Die Farbe des Tashiro-Mischindikators schlägt im Basischen von rosa/lila auf grün um.

- **Titration**

Der Titer der 0,1mol/l Salzsäure mittels Tris(hydroxyl-methyl)-aminomethan (Trizima[®] base) überprüft. Nach dem Destillationsschritt wird die Borsäurevorlage (inkl. Probe) bis zum Umschlagspunkt (farblos) titriert.

Quantitative Auswertung

- **Berechnung des Stickstoffgehalts**

$$N [\%] = \frac{(a - b) \cdot \left(\frac{1,4008}{1000} \right)}{E} \cdot 100$$

a ...Verbrauch an 0,1mol/l HCl bei der Probenanalyse

b ...Verbrauch an 0,1mol/l HCl bei der Blindwertanalyse

1,4008 ...Molare Masse von N₂ beträgt 14,008g

E ...Einwaage [g]

- **Berechnung des Proteingehalts**

$$P [\%] = N [\%] \cdot F$$

F ...Faktor zur Proteinberechnung in Lebensmitteln

6,25 ...bei Gemüse, Obst- und Getreideprodukten

6,38 ...bei Milch und Milchprodukten

3.5.4 Fettgehalt

Da Lipide im Lebensmittel zum Teil chemisch oder adsorptiv gebunden sind, erfolgt zu Beginn der Bestimmung ein Säureaufschluss nach der modifizierten Methode von Weibull-Stoldt (AS§35, 1988). Dabei wird die homogenisierte und gegebenenfalls gefriergetrocknete Probe mit Salzsäure aufgeschlossen und das Fett durch Filtration abgetrennt. Der Filterrückstand wird mit heißem Wasser neutral gewaschen und getrocknet (Matissek et al., 1992). Anschließend wird das Fett mittels Accelerated Solvent Extractor (ASE[®] 100) nach einer modifizierten Methode von Dionex (Dionex, 2004) extrahiert. Nach Abdampfen des Lösungsmittels wird der getrocknete Extraktionsrückstand ausgewogen (Wagner et al., 2008b).

Durchführung

Während der ganzen Analyse müssen Handschuhe getragen werden.

- **Säureaufschluss nach der Methode von Weibull-Stoldt**

Die Probeneinwaage richtet sich nach dem zu erwartenden Fettgehalt (Tab. 6).

5g gefriergetrocknete Probe bzw. 10g Getreideflocken werden je auf ± 1 mg genau in einem 600ml Becherglas eingewogen.

| <i>Fettgehalt in [%]</i> | <i>Einwaage in [g]</i> |
|--------------------------|------------------------|
| <1 | 100 |
| 1 - 5 | 50 - 20 |
| 5 - 20 | 20 - 5 |
| >20 | 5 - 3 |

Tab. 6: Richtwerte für die Probeneinwaage beim Säureaufschluss (Matissek et al., 1992)

Jede Probeneinwaage wird mit einem Magnetrührer (statt Siedesteinchen), 100ml Wasser dest. und 100ml 25%iger Salzsäure versetzt. Die mit einem Uhrglas bedeckten Bechergläser werden auf einer Heizplatte bei 250°C erhitzt (Magnetrührfunktion 300U/min). Sobald der Inhalt der Bechergläser zu sieden beginnt, wird 60min lang bei konstanter Temperatur gekocht. Um einen Siedeverzug zu vermeiden wird das verdampfende Wasser laufend durch heißes Wasser ersetzt. Am Ende des Kochvorganges werden 100ml heißes Wasser hinzugefügt. Der Magnetrührer wird mit heißem Wasser und Watte gereinigt (Watte zählte zur Probe).

- **Filtration**

Ein 1000ml Erlenmeyerkolben mit Trichter und Faltenfilter (Schleicher&Schuell Ø240mm, 597½)) wird vorbereitet. Der Filter wird mit Wasser dest. angefeuchtet, um die Gefahr eines Risses zu vermindern. Die Aufschlusslösung wird vorsichtig über den Filter in den Erlenmeyerkolben überführt. Im Falle eines Filterrisses, muss der Inhalt des Kolbens erneut filtriert werden. Der Filter wird so lange mit heißem Wasser gewaschen, bis das Filtrat neutral ist (Indikatorpapier!). Trocknet der Filter zwischendurch ein, kann es bei erneutem Übergießen mit heißem Wasser zu einem Fettverlust kommen. Alle Gegenstände, die mit dem Filtrat in Berührung kommen, werden ebenfalls mit Wasser über dem Filter gewaschen. Am Ende des Waschvorganges wird der Filter an der Luft übertrocknet und dann zusammen mit der Watte in einem 100ml Becherglas bei 103°C für 1,5-3 Stunden getrocknet.

- **Fettextraktion mittels Accelerated Solvent Extraction (ASE®)**

Der getrocknete und wasserfreie Filter des Säureaufschlusses wird nun zusammen mit Küchenrolle und Watte (Zellenaufbau beachten) in die Aufschlusszelle überführt. Die Extraktion erfolgt automatisch unter den in Tab. 7 beschriebenen Bedingungen.

Accelerated Solvent Extractor® 100 (Dionex)

| | |
|------------------------------|------------------|
| Zellgröße | 66ml |
| Extraktionsmittel | Petrolether p.A. |
| Extraktionstemperatur | 125°C |
| Druck während der Extraktion | 100bar |
| Lösungsmittelmenge | 100% |
| Purge Time mit Stickstoff | 160s |
| Durchgänge | 2 |

Tab. 7: Parameter der zur Extraktion verwendeten modifizierten Methode

Nach erfolgter Extraktion wird der Inhalt von Sammelflasche und Abfallflasche in einem zuvor gewogenen 250ml Rundkolben vereinigt. Der Petrolether wird mittels Rotavapor (Wasserbad 50°C, Vakuum 450mbar) abgedampft. Danach wird der Rückstand ca. 30 Sekunden lang mit Stickstoff begast und für 15 Minuten bei 100°C getrocknet. Nach dem Abkühlen wird der Rückstand gewogen und somit gravimetrisch erfasst.

Quantitative Auswertung

Der prozentuale Fettgehalt wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$F [\%] = \left[\frac{m_2 - m_1}{E} \right] \cdot 100$$

m_1 ...Masse des leeren, getrockneten Rundkolbens in [g]

m_2 ...Masse des Rundkolbens mit Fett nach der Trocknung in [g]

E ...Probeneinwaage in [g]

3.5.5 Fettsäuremuster

Aus dem Extrakt (Folch et al., 1957) werden die Fettsäuremethylester nach modifizierten Methoden von (AOAC, 2002b; DGF, 2006) hergestellt und mittels Gaschromatographie prozentual ausgewertet. Über den Gesamtfettgehalt des Lebensmittels erhält man die quantitativ enthaltenen Fettsäuren.

Reagenzien

Methanolische Natronlauge

1g NaOH und 3mg BHT werden mit Methanol p.A. auf ein Volumen von 50ml gebracht (zum Lösen ca. 45 Minuten ins Ultraschallbad stellen).

GC System

Hardware: Perkin Elmer Autosystem GC mit Autosampler

Säule: Rtx-2330, 30m, 0.25mm ID, 0.20µm, RK10723, CP-Analytica GmbH, Austria

Vorsäule: Rtx, 5m, 0.25mm ID, RK10043, CP-Analytica GmbH, Austria

Durchführung**• Extrakterstellung**

Die Extrakterstellung für die Fettsäureanalytik erfolgt nach (Folch et al., 1957) unter Ausschluss von direktem Sonnenlicht und ist im Detail unter 3.5.2.3 beschrieben.

• Ölgewinnung

Um die mit Voll- bzw. Folgemilch gekochten Produkte zu bestimmen ist es notwendig, das reine Öl zu gewinnen. Dazu werden je 4ml des Folch-Extraktes in einer Glaseprouvette (mit Schliff und Spitzboden) am Rotavapor (6U/min, Wasserbad 45°C, ca. 200mBar) abgedampft und so das reine Öl gewonnen.

• Verseifung und Veresterung

10µl des reinen Öls der Vollmilch- und Folgemilchbreie werden in ein Pyrexglas (Culture Tube, 16x100 SVL SCR) mit dichtem Schraubdeckel übergeführt. Von dem Extrakt der Getreideflocken werden je 5ml direkt in ein dichtes Pyrexglas pipettiert und anschließend im Wasserbad bei 40°C mit Stickstoff abgedampft. Durch Wägen der Pyrexgläser vor und nach dem Abdampfen kann auf die Menge des im Extrakt enthaltenen Öls rückgeschlossen werden.

Die Proben werden mit 1ml methanolischer Natronlauge versetzt. Nach 10 Minuten im Ultraschallbad werden die Proben 5 Minuten lang bei 100°C gekocht und danach im Eisbad abgekühlt (ca. 5 Minuten lang). Nach der Zugabe von 1ml Bortrifluorid-Methanol zu jedem Probenansatz wird abermals 5 Minuten bei 100°C gekocht und danach erneut im Eisbad abgekühlt (ca. 5 Minuten). Es folgt eine viermalige Extraktion mit je 500µl Hexan. Zwischen jedem Extraktionsschritt wird 5 Minuten lang geschüttelt (700U/min). Die Hexanphase wird gesamt abgenommen und in eine Glaseprouvette übergeführt. Nach Abdampfen der Hexanphase bei 40°C unter Stickstoff wird der Rückstand schließlich in einer definierten Menge Hexan gelöst. Davon werden 2,0µl in den Gaschromatographen injiziert und unter den in Tab. 8 beschriebenen Bedingungen analysiert.

| Gaschromatographische Bedingungen | |
|--|--|
| Injektionsvolumen | 2,0µl |
| Injektionstemperatur | 250°C |
| Split | 1:50 |
| Detektor | Flammenionisationsdetektor (FID), 275°C |
| Trägergas | Helium |
| Ofen | Anfangstemperatur: 90°C Maximaltemperatur: 260°C Analyse mittels entsprechendem Temperaturprogramm |
| Laufzeit | 39,54 min |

Tab. 8: Gaschromatographische Bedingungen der Fettsäureanalytik

Prozentuale Auswertung der Fettsäuren

Ausgewertet wird über Retentionszeit und Peakfläche. Die Identifizierung erfolgt durch Vergleich mit den unter gleichen Bedingungen aufgenommenen Gaschromatogrammen eines 37-Komponenten-Standards (Supelco™ 37 Component FAME Mix). Die prozentuale Zusammensetzung der Fettsäuren in der Probe wird ermittelt, indem man die Fläche der einzelnen Peaks in Relation zur Gesamtfläche aller Peaks setzt (Matissek et al., 1992).

$$FS_i [\%] = \frac{P_i}{\sum_i P_i} \cdot 100$$

FS_i ... Anteil der i -ten Komponente des Fettsäuregemisches

P_i ... zugehörige Peakfläche

3.5.6 Gesamtballaststoffe

Die Gesamtballaststoffe werden nach dem enzymatisch-gravimetrischen Verfahren nach Prosky et al. (1985) erfasst. Um die Stärke im Probenmaterial zu verkleistern und teilweise abzubauen, erfolgt zunächst eine Behandlung mit hitzebeständiger α -Amylase. Anschließend erfolgen eine Proteinverdauung durch Protease und der restliche Stärkeabbau durch Amyloglucosidase. Zur Ausfällung der löslichen Ballaststoffe werden die Proben mit Ethanol versetzt. Der Niederschlag wird filtriert, gewaschen, getrocknet und gewogen. Im Rückstand des ersten Probenansatzes wird der Proteingehalt nach Kjeldahl (siehe 3.5.3), in dem des zweiten Ansatzes die Asche (siehe 3.5.10) ermittelt. Die nach Abzug der Werte für Protein, Asche und Blindlösung

enthaltene Masse der beiden Rückstände entspricht dem Gehalt an Ballaststoffen in der Lebensmittelprobe (AOAC, 2002a; AS§35, 1997).

Reagenzien

Ethanol 78% (v/v)

793ml 95%iger Ethanol mit Wasser dest. ad 1000ml

Phosphatpufferlösung 0,08mol/l, pH 6,0

1,40g wasserfreies Na_2HPO_4 und 9,86g NaH_2PO_4 werden in 700ml destilliertem Wasser gelöst, mittels NaOH auf pH 6 eingestellt und mit destilliertem Wasser ad 1000ml aufgefüllt.

Natronlauge 0,275mol/l

11g NaOH werden mit destilliertem Wasser ad 1000ml aufgefüllt.

Salzsäurelösung 0,325mol/l

47,4ml 25%ige HCl werden mit destilliertem Wasser ad 1000ml aufgefüllt.

Durchführung

• **Gesamtrückstand**

In jeden Glastiegel mit Fritte (= Filtertiegel; Robu® Borosilikatglas 3.3, 50ml, Ø40mm, Porosität 2) werden 0,5g Celite® 545 eingewogen, bis zur Gewichtskonstanz bei 130°C getrocknet und bis zur Verwendung im Exsiccator aufbewahrt.

Am Tag der Analyse werden in zwei Bechergläsern (400ml) jeweils 1g Probe auf $\pm 0,1\text{mg}$ eingewogen und mit 50ml Phosphatpuffer (0,08mol/l, pH 6,0) versetzt. Die Einwaagedifferenz bei Doppelbestimmungen darf nicht größer als 20mg sein. Zwecks Stärkeverkleisterung und zum teilweisen Stärkeabbau werden 50 μl α -Amylase-Lösung hinzugefügt und untergemischt. Danach werden die Bechergläser mit Alu-Folie bedeckt und für 30 Minuten bei 100°C (Wasserbad) inkubiert. Die Inkubationszeit beginnt, wenn der Inhalt der Bechergläser 90°C erreicht hat. Nach Abkühlen auf Raumtemperatur (20°C) wird mittels 0,275mol/l NaOH auf pH 7,5 eingestellt. Vor jeder Enzymzugabe die an den Wänden anhaftenden Teilchen mittels Gummiwischer abkratzen. Nach Zugabe 50 μl Protease-Lösung wird im Schüttelwasserbad bei einer Temperatur von 60°C für 30 Minuten inkubiert. Die Inkubationszeit beginnt erst, wenn die Probe die Inkubationstemperatur erreicht hat. Nach erneutem Abkühlen auf Raumtemperatur wird der pH

Wert durch Zugabe von 0,325mol/l HCl auf pH 4,5 eingestellt. Zwecks restlichem Stärkeabbau erfolgt die Zugabe von 150µl Amyloglucosidase und eine weitere 30 minütige Inkubation bei 60°C.

Zur Fällung der löslichen Ballaststoffe werden anschließend je 280ml Ethanol (95%, 60°C) zugegeben. Zum Absetzen des Niederschlags werden die Proben danach bei Raumtemperatur 60 Minuten stehen gelassen. Um einen gleichmäßigen Belag von Celite® 545 zu erreichen, werden die Filtertiegel gewogen und danach mit 78%igem Ethanol unter Verwendung eines leichten Vakuums (Wasserstrahlpumpe) durchgespült. Anschließend wird der Probenniederschlag mit kleinen Mengen an Ethanol (78%) in die Tiegel überführt. Am Ende des Filtrationsschrittes wird der Rückstand im Filtertiegel einmal mit je 20ml Ethanol (78%) gewaschen und über Nacht im Trockenschrank bei 105°C getrocknet. Nach Abkühlen der Tiegel im Exsiccator werden sie auf 0,1mg genau gewogen. Durch Abzug des Gewichts von Tiegel mit Celite® 545 ergibt sich das Gewicht des Rückstandes.

- **Proteinbestimmung**

Der Rückstand eines Filtertiegels wird in einen Kjeldahlkolben überführt, um daraus das Gesamtprotein (siehe 3.5.3) zu bestimmen.

- **Aschebestimmung**

Der Rückstand des zweiten Tiegels wird bei 525°C im Muffelofen fünf Stunden lang verascht. Nach Abkühlen im Exsiccator wird der Tiegel gewogen. Durch Subtraktion von Glastiegel und Celite® 545 ergibt sich das Gewicht der Asche.

Auswertung

- **Berechnung des Blindwertes**

$$BW = mg R - \frac{\% Protein + \% Asche}{100} \cdot mg R$$

R ...Rückstand [mg]

BW ...Blindwert

- **Berechnung der Gesamtballaststoffe**

$$GB[\%] = \left\{ \frac{mg R - \left[\left(\frac{\% Protein + \% Asche}{100} \right) \cdot mg R \right] - BW}{mg Probe} \right\} \cdot 100$$

GB ...Gesamtballaststoffe [%]

R ...Rückstand [mg]

BW ...Blindwert

3.5.7 Kohlenhydrate

Der Anteil an „Gesamtkohlenhydraten“ in Prozent (g/100g) errechnet sich durch Subtraktion des Wasser-, Protein-, Fett- und Aschegehalts von 100%.

3.5.8 Trockensubstanzgehalt

Unter der Trockensubstanz eines Lebensmittels wird die Summe aller nicht flüchtigen Bestandteile verstanden. Hierzu gehören im Wesentlichen die Lipide, Kohlenhydrate, Proteine, Mineralstoffe und andere (Matissek et al., 1992). Die feuchte Probe wird nach Verreiben mit Seesand im Trockenschrank bei einer Temperatur von 103±2°C bis zur Massekonstanz getrocknet und der Rückstand durch Differenzwägung ermittelt (AS§35, 2004c). Bei trockenen Getreideprodukten wird nur 1,5h lang aber bei 130°C bis zur Massekonstanz getrocknet (Matissek et al., 1992).

Durchführung

Die Glasschalen, Glasstäbe und Seesand werden über Nacht bei 103±2°C getrocknet, im Exsiccator abgekühlt und vor Gebrauch gewogen. Anschließend werden ca. 5g Probe eingewogen und je nach Matrix getrocknet.

- **Direkte Trocknung**

Die Getreiderohprodukte werden im Trockenschrank bei 130°C für 1,5h getrocknet, im Exsiccator abgekühlt und gewogen.

- **Trocknung nach Verreiben mit Siliciumoxiden (Seesand)**

Bei schwer zu trocknenden, eine Oberflächenhaut bildenden Proben ist es zweckmäßig, das Material zur Oberflächenvergrößerung und Auflockerung mit Seesand zu

verreiben. Dazu werden ca. 5g Breiprobe mit 10-30g Seesand mittels Glasstab verrieben und im Trockenschrank bei $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ über Nacht getrocknet, im Exsiccator abgekühlt und gewogen.

Quantitative Auswertung

Der prozentuale Trockensubstanzgehalt errechnet sich wie folgt:

$$T [\%] = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100$$

m_1 ...Leermasse von Glasschälchen (evtl. mit getrocknetem Seesand und Glasstab) in [g]

m_2 ...Masse von Glasschälchen (evtl. mit getrocknetem Seesand und Glasstab) und Probe vor der Trocknung in [g]

m_3 ...Masse von Glasschälchen (evtl. mit getrocknetem Seesand und Glasstab) und Probe nach Trocknung in [g]

$(m_2 - m_1)$ = Probeneinwaage [g]

3.5.9 Wassergehalt

Der Wassergehalt in [%] errechnet sich nach folgender Formel:

$$W [\%] = 100 - T [\%]$$

T [%] ...prozentualer Trockensubstanzgehalt

3.5.10 Glührückstand (Asche)

Der Begriff Glührückstand bzw. Asche bezeichnet den Rückstand, der bei vollständiger Verbrennung (Veraschung) der organischen Bestandteile eines Lebensmittels im Muffelofen bei 550°C entsteht. Nach Abzug etwaiger Verunreinigungen und Kohlepartikel aus unvollständiger Verbrennung korreliert dieser Rückstand (Ermittlung durch Differenzwägung) mit dem Mineralstoffgehalt des Lebensmittels (Matissek et al., 1992).

Methode

Die Analyse der Getreideproben erfolgt nach einer Methode von AOAC (2000). Die Breiprobe werden nach einer modifizierten Methode nach AS§35 (2002) bestimmt.

Durchführung

Die Porzellan-Schmelztiegel werden über Nacht bei 550°C im Muffelofen (Heraeus M 110) ausgeglüht, an der Luft vorgekühlt und dann zum endgültigen Abkühlen in den Exsiccator gestellt und vor Gebrauch gewogen. Die Einwaage der Proben liegt im Bereich zwischen 2-4g und richtete sich nach der zu erwartenden Auswaage, die mindestens 0,5g sein soll. Die Einwaage erfolgt in die zuvor vorgeglühten Porzellantiegel. Feuchte Proben werden danach über Nacht bei 103±1°C vorgetrocknet. Prinzipiell wird über einer Bunsenbrennerflamme solange erhitzt (Probe soll nicht brennen), bis keine Verschwelungsprodukte mehr entweichen und der Inhalt schwach glüht. Die Proben wird danach über Nacht im Muffelofen bei 550°C vollständig verascht, an der Luft vorgekühlt, im Exsiccator abgekühlt und erneut gewogen.

Quantitative Auswertung

Der prozentuale Glührückstand (Aschegehalt) wird wie folgt berechnet:

$$G[\%] = \frac{m_2 - m_1}{E} \cdot 100$$

m_1 ...Masse der leeren vorgeglühten Schale in [g]

m_2 ...Masse von Schale und Probe nach der Veraschung in [g]

E ...Probeneinwaage in [g]

Qualitätskenndaten - Hauptnährstoffe

| | VK (%), n=10 | WF (%) ¹ |
|--------------------------|--------------|---------------------|
| Physik. Brennwert | 2,6 | 89 |
| Gesamtprotein | 3,3 | 107 |
| Gesamtfett | 4,3 | 99 |
| Fettsäuremuster | GFS 10,2 | -- |
| | MFS 5,2 | -- |
| | PFS 5,7 | -- |
| Ballaststoffe | 6,3 | -- |
| Trockensubstanz | 0,1 | 99 |
| Asche | 6,7 | 105 |
| Wassergehalt | 1,0 | -- |

¹ SRM 1846 (Infant Formula)

GFS...gesättigte Fettsäuren (FS), MFS...Monoenfettsäuren, PFS...Polyenfettsäuren

VK...Variationskoeffizient, WF...Wiederfindungsrate

3.6 Fettlösliche Vitamine

3.6.1 Vitamin D₃

Die Bestimmung von Vitamin D₃ erfolgt nach den geringfügig modifizierten Methoden von Perales et al. (2005) und Elmadfa et al. (2006). Die Probe wird über Nacht mit einer methanolischen Kalilauge versetzt, um eine ausreichende Kaltverseifung zu gewährleisten. Es folgt eine anschließende Extraktion mit Hexan und eine Vorreinigung der Probe mittels präparativer HPLC (Normal Phase HPLC, NP-HPLC). Die quantitative Konzentrationsbestimmung von Vitamin D₃ mittels Reversed Phase HPLC (RP-HPLC) erfolgt über Vitamin D₂ als internen Standard.

Reagenzien

60% Kaliumhydroxidlösung (w/w):

600g Kaliumhydroxid werden in 400g destilliertem Wasser gelöst

Methanolische Kaliumhydroxidlösung (v/v)

50ml Ethanol p.A. werden mit 15ml 60% KOH Lösung vereint (frisch herstellen)

Kalibration

Aus den Ursubstanzen Cholecalciferol (Vitamin D₃) und Ergocalciferol (Vitamin D₂) werden jeweils Stocklösungen in der Konzentration 500mg/l in Ethanol mit 0,0005% (5mg/l) butyliertem Hydroxytoluol (BHT) als Oxidationsschutz hergestellt.

Ausgehend von den Stocklösungen wurden folgende Standards erstellt:

Als interner Standard wird Vitamin D₂ gelöst in Ethanol (5mg/l) gewählt. Zur Überprüfung der präparativen HPLC Anlage wird jeweils ein Standard (1mg/l) für Vitamin D₂ und Vitamin D₃ in Hexan hergestellt.

Zur quantitativen Ermittlung des Vitamin D₃ Gehaltes in der Probe wird eine Kalibrationsgerade im Bereich 100µg/l-700µg/l erstellt. Der interne Standard Vitamin D₂ hat die konstante Konzentration von 500µg/l. Lösungsmittel ist Acetonitril.

Probenaufarbeitung

Ca. 5g (±1mg) Probe werden zusammen mit 0,5µg D₂ (interner Standard), 0,25µg D₃ (Addition) und 3g Natriumascorbat (Antioxidans) in ein 250ml dicht verschraubbares Pyrexglas eingewogen.

- **Kaltverseifung**

Zugabe von 60ml methanolischer KOH zum Probenansatz. Die anschließende Kaltverseifung erfolgt unter kontinuierlichem Schütteln (200rpm) über Nacht im Dunkeln bei Raumtemperatur.

- **Flüssig-Flüssig-Extraktion**

Die Extraktion erfolgt durch zweimalige Zugabe von 25ml Hexan. Dazwischen wird jeweils zwei Minuten lang gerüttelt. Um eine optimale Phasentrennung zu gewährleisten, wird die Probe danach mit 100ml destilliertem Wasser und 25ml Ethanol versetzt. Nach weiterem zweiminütigen Rütteln wird die Probe zehn Minuten lang im Dunkeln stehen gelassen. Nach erfolgter Phasentrennung wird die obere Hexan-Phase so weit wie möglich mittels Pipette abgenommen und über einen Faltenfilter (Schleicher&Schuell, Ø110mm, 595½) und wasserfreiem Natriumsulfat in einen 100ml Rundkolben überführt.

- **Aufreinigung der Probe**

Das Extrakt wird bei 40°C mittels Rotationsverdampfer eingedampft (6rpm, 150-170mbar). Der Rückstand wird anschließend in 1ml Hexan aufgenommen und mit Hilfe eines präparativen HPLC Systems aufgereinigt (Tab. 9).

| Präparative HPLC | |
|-------------------------|--|
| Säule | LiChrospher 5µ Sil 60A, 250x 4,6mm , 5µm, Phenomenex |
| Pumpe | Gynkotek High Precision Pump, Model 300C |
| Detektor | Spectra Physics Analytical, UV-1000 |
| Integrator | D-2500, Merck Hitachi |
| Wellenlänge | 265nm |
| Mobile Phase | Hexan 97%, 2-Propanol 3% |
| Flussrate | 1ml/min (isokratisch) |
| Schleifenvolumen | 500µl Loop (manuell) |
| Säulentemperatur | 30°C |

Tab. 9: Geräteeinstellung der präparativen HPLC zur Aufreinigung der Probe

- **Quantitative Vitamin D₃ Bestimmung**

Das Eluat wird in einem konischen Schliff Röhrchen gesammelt und mittels Rotationsverdampfer bei 40°C (6rpm, 200-220mbar) eingedampft. Der Rückstand wird schließlich in 500µl Acetonitril LiChrosolv aufgenommen und mittels analytischem HPLC System (Tab. 10) quantitativ bestimmt.

| Analytische HPLC | |
|---------------------------|---|
| Säule | Aquasil C18 150x 4mm , 5µm Thermo Hypersil Keystone |
| Pumpe | La Chrom, Merck Hitachi L-7100 |
| Detektor | La Chrom, Merck Hitachi L-7400, UV-Detektor |
| Interface | Merck Hitachi, D-7000 |
| Autosampler | La Chrom, Merck Hitachi L-7200 |
| Degaser | Degasys DG-2410 |
| Wellenlänge | 265nm |
| Mobile Phase | Acetonitril-Ammoniumacetat 95% Wasser 2% Methanol 3% 250mg Ammoniumacetat (gelöst in 10ml Wasser)/l Acetonitril |
| Flussrate | 0,8ml/min (isokratisch) |
| Schleifenvolumen | 100µl Cut (Autosampler) |
| Autosamplerkühlung | 10°C |
| Säulentemperatur | 25°C |
| Säule | Aquasil® C18, 150 x 4mm , 5µm Thermo Hypersil Keystone |
| Vorsäule | C18 (ODS, Octadecyl), 4mmLx3mmD, Phenomenex |
| Software | EZChrom Elite Software 3.x |

Tab. 10: Geräteeinstellung der analytischen HPLC zur Quantifizierung des Vitamin D₃ Gehaltes in der Probe

Quantitative Auswertung

Die quantitative Auswertung der Chromatogramme bezüglich ihrer Konzentration an Vitamin D₃ erfolgte über lineare Regression mittels Vitamin D₂ als internem Standard. Als Kontrolle wurde an jedem Analysetag sowohl ein Kontrollstandard (Abb. 7) als auch eine Probe (Abb. 8) bekannter Konzentration mitbestimmt.

Die Überprüfung auf etwaige Verluste, bedingt durch den Gefriertrocknungsprozess, ergab keinen Unterschied im Gehalt an Vitamin D₃ in der Originalprobe im Vergleich zur gefriergetrockneten Probe.

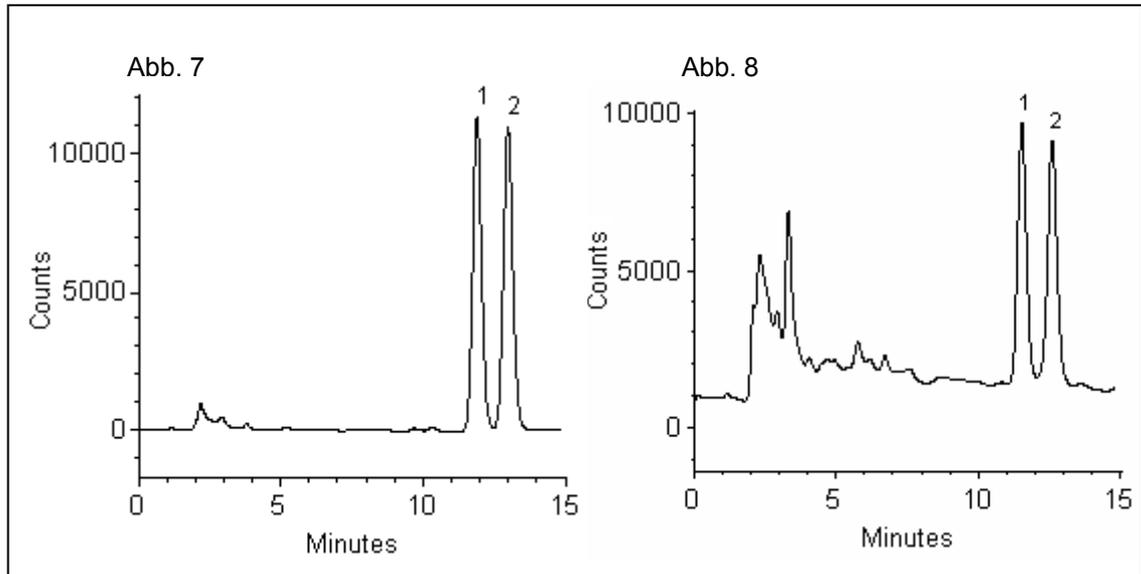


Abb. 7: Standard (1) Interner Standard D₂, (2) Vitamin D₃

Abb. 8: Beispieldiagramm einer Probe (1) Interner Standard D₂, (2) Vitamin D₃

3.6.2 Vitamin E

Nach einer vorhergehenden Extraktion der fettlöslichen Vitamine aus der Probenmatrix nach Folch et al. (1957) mit Zugabe von Tocol als Kontrollstandard erfolgt die quantitative Vitamin E Bestimmung mittels analytischem NP-HPLC System mit Hilfe geringfügig modifizierter Methode nach Kamal-Eldin et al. (2000).

Reagenzien

Folch-Extraktionsmittel (v/v)

Chloroform p.A. und Methanol p.A. werden im Verhältnis 2:1 vermischt. Zugabe von 50mg BHT/1000ml Extraktionsmittel.

0,05M Calciumchloridlösung (w/v)

5,55g wasserfreies Calciumchlorid ad 1000ml Wasser dest.

Probenaufarbeitung

- **Extraktionsmethode nach Folch**

Ca. 1g gefriergetrocknete Breiprobe wird in einem verschließbaren 100ml Pyrexglas (Duran Schott) mit 30ml Extraktionsmittel und 1,5µg dl-Tocol (Kontrollstandard) versetzt. Bei der Analyse der Getreideflocken wird jeweils die doppelte Menge an Einwaage, Extraktionsmittel und dl-Tocol verwendet. Um eine vollständige Benetzung

und Extraktion der Probe durch das Extraktionsmittel zu gewährleisten, wird der dicht verschlossene Probenansatz zuerst eine halbe Stunde gerüttelt (200rpm) und anschließend über Nacht bei 6°C im Dunkeln stehen gelassen.

Am Folgetag wird das Extrakt über einen Faltenfilter (Schleicher&Schuell, Ø150mm, 595½) in einen Scheidetrichter (100ml bzw. 250ml) überführt. Pyrexglas und Filter werden sorgfältig mit Chloroform p.A. gespült, um mögliche Verluste so gering wie möglich zu halten. Je nach Probenansatz werden 6ml bzw. 12ml 0,05M Calciumchlorid zugegeben und 2 Minuten lang geschüttelt. Kommt es zu keiner oder einer unzureichenden Phasentrennung, wird etwas Methanol p.A. mittels Pasteurpipette in die Lipidphase untergespritzt und anschließend $\frac{3}{4}$ der *klaren* Lipidphase über wasserfreies Natriumsulfat (1Spatel) in eine 50ml Messur abgelassen. Die wasserlösliche Phase wird erneut mit 5ml Chloroform versetzt und diesmal nur leicht geschwenkt damit es zu keiner Emulsion kommt. Danach wird die *klare* Lipidphase vollständig in die Messur überführt. Das Endvolumen des Extraktes wird erfasst, in eine dichte Braunglasflasche (Chloroform-Methanol beständig!) geleert und nach Begasen mit Stickstoff bei -30°C bis zur Analyse gelagert.

- **Quantitative Vitamin E Bestimmung mittels NP HPLC System**

Aufgrund der geringen Menge an Tocopherolen und Tocotrienolen in den Proben werden die Extrakte bis zu zwanzigfach aufkonzentriert, in reinem Hexan aufgenommen und mittels RP-HPLC quantitativ bestimmt. Die Eckdaten des NP-HPLC Systems sind in (Tab. 11) zusammengefasst.

Bedingt durch die Probenmatrix war es notwendig, nach mindestens jeder 5. Probe für einen Analyselauf mit 2-Propanol zu spülen. Über Nacht wurde die Säule mit 2-Propanol bei einem Fluss von 0,2ml/min gewaschen. Trotz dieser Maßnahmen erwies sich die Peakauftrennung von γ Tocopherol und β Tocotrienol aufgrund der stärke-reichen Matrix bei fortschreitender Analysedauer als schwierig (Abb. 9).

Quantitative Auswertung

Zur quantitativen Auswertung der Proben wird sowohl für die Tocopherole (Alpha- α -T, Beta- β -T, Gamma- γ -T, Delta- δ -T) wie auch die Tocotrienole (α -T, β -T, γ -T, δ -T) ein Kalibrationsbereich (extern) von 0,05mg/l-5mg/l gewählt (Abb. 10).

| Analytische HPLC | |
|---------------------------|--|
| Pumpe | Merck Hitachi, Kolbenpumpe L-7110 |
| Detektor | Merck Hitachi L-4250, UV-VIS-Detektor |
| Interface | SS420X (analog) |
| Autosampler | La Chrom, Merck Hitachi L-7200 |
| Wellenlänge | 295nm |
| Mobile Phase | n-Hexan 900 Teile Tertiärer Butyl Methyl Ether 100 Teile Tetrahydrofuran 10 Teile Methanol 1 Teil |
| Flussrate | 1,0ml/min (isokratisch) |
| Schleifenvolumen | 100µl Loop (Autosampler) |
| Autosamplerkühlung | 10°C |
| Säulentemperatur | 15°C |
| Säule | LiChrospher® NH ₂ 100, 250 x 4mm , 5µm VDS Optilab |
| Vorsäule | LiChrospher® NH ₂ 100, 5µm, Merck |
| Software | D 7000 HSM |

Tab. 11: Einstellungen an der NP-HPLC zur Vitamin E Bestimmung

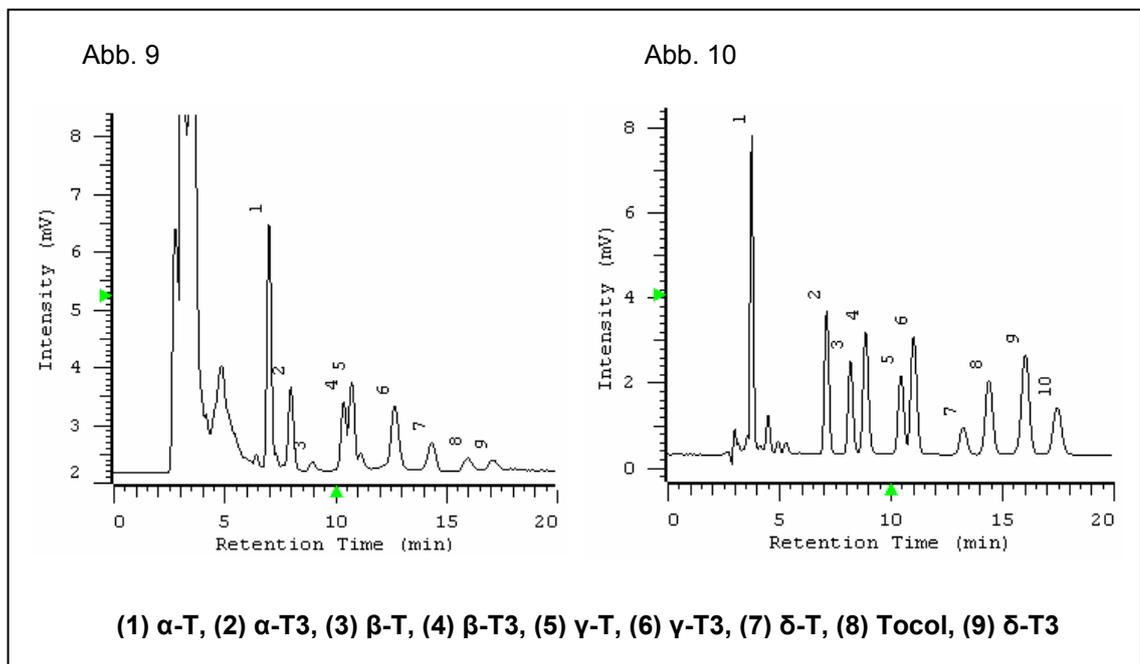


Abb. 9: Chromatogramm einer Probe (Vitamin E)

Abb. 10: Vitamin E - Mischstandard

Anmerkung:

Die durch den Probenaufarbeitungsprozess, dem Gefriertrocknungs- und dem Extraktionsschritt entstandenen Verluste an Vitamin E wurden über dl-Tocol als Kontrollstandard relativiert. Dies war möglich, da dl-Tocol aufgrund seiner Struktur den gleichen physikalisch-chemischen Einflüssen unterliegt wie die Vitamin E Homologe (Funk et al., 1992).

Vitamin E Wirksamkeit

1mg α -Tocopherol (D- α -Tocopherol) = 1,49 IE

1 IE = 0,67mg RRR- α -Tocopherol = 1mg all-rac- α -Tocopherylacetat

1mg RRR- α -Tocopherol (D- α -Tocopherol)-Äquivalent entsprechen:

| | |
|--------|---|
| 1mg | RRR- α -Tocopherol (D- α -Tocopherol) |
| 2mg | RRR- β -Tocopherol (D- β -Tocopherol) |
| 4mg | RRR- γ -Tocopherol (D- γ -Tocopherol) |
| 100mg | RRR- δ -Tocopherol (D- δ -Tocopherol) |
| 3,3mg | RRR- α -Tocotrienol (D- α -Tocotrienol) |
| 1,49mg | all-rac- α -Tocopherylacetat (D,L- α -Tocopherylacetat) |

Tab. 12: Berechnung der Vitamin E Wirksamkeit nach D-A-CH (2008)

3.6.3 Vitamin A

Nach einer vorangegangenen Extraktion der fettlöslichen Vitamine aus der Probenmatrix nach Folch et al. (1957) erfolgt die quantitative Vitamin A Bestimmung mittels analytischem RP-HPLC System nach der geringfügig modifizierten Methode von Jakob und Elmadfa (1995).

Probenaufarbeitung

Nach vorhergehender Extraktion von Vitamin A aus der Probenmatrix (3.5.2.3) nach der Methode von Folch et al. (1957) wird 1ml dieses Extraktes entnommen und im Wasserbad (40°C) mittels N₂ abgedampft. Der Rückstand wird in 15 μ l Dichlormethan (DCM) zuerst angelöst und dann schließlich in 90 μ l Methanol:DCM (85:15) aufgenommen. Um ein vollständiges Lösen der Probe im Lösungsmittel zu gewährleisten, ist es notwendig, die Probe ca. 20 Sekunden lang am Vortex zu rütteln. Zwecks Abtrennung etwaiger Matrixpartikel wird schließlich für 2min bei 3000U/min zentrifugiert. 20 μ l vom Überstand werden in die HPLC eingespritzt. Die weiteren Analysebedingungen sind in Tab. 13 zusammengefasst.

HPLC System

| Analytische RP-HPLC | | | | |
|----------------------------|---|---------------|-----|----|
| Pumpe | UltiMate 3000 Pump (Dionex) | | | |
| Detektor | UltiMate 3000 Variable Wavelength Detector (Dionex) | | | |
| Säulenofen | UltiMate 3000 Column Compartment (Dionex) | | | |
| Autosampler | UltiMate 3000 Autosampler (Dionex) | | | |
| Wellenlänge | 325nm | | | |
| Mobile Phase | Methanol (A), Dichlormethan (B) | | | |
| Flussrate | Zeit [min] | Flow [ml/min] | %A | %B |
| | 0 | 0,5 | 100 | 0 |
| | 5 | 0,5 | 100 | 0 |
| | 10 | 1,0 | 90 | 10 |
| | 15 | 1,0 | 50 | 50 |
| | 19 | 1,0 | 50 | 50 |
| | 20 | 1,0 | 100 | 0 |
| | 26 | 1,0 | 100 | 0 |
| | 27 | 0,5 | 100 | 0 |
| Schleifenvolumen | 20µl Cut (Autosampler) | | | |
| Autosamplerkühlung | 22°C | | | |
| Säulentemperatur | 20°C | | | |
| Säule | LiChrospher® 100, RP 18, 5µm, LiChroCart® 250-4 | | | |
| Vorsäule | LiChroCart® 4-4, LiChrospher® 100, RP-18 (5µm) | | | |
| Software | Chromleon Version 6.80 | | | |

Tab. 13: RP-HPLC Einstellungen für die Analyse von Vitamin A**Vitamin A Wirksamkeit**

| | |
|--|----------------------------|
| 0,3µg Retinol = 1 IE | |
| 1mg Retinol-Äquivalent entsprechen: | |
| 1mg | Retinol |
| 1,15mg | all-trans-Retinylnacetat |
| 1,83mg | all-trans-Retinylnpalmitat |

Tab. 14: Berechnung der Vitamin A Wirksamkeit nach D-A-CH (2008)**Quantitative Auswertung**

Für die Kalibration des HPLC Systems werden Mischstandards in den Konzentrationsbereichen 12-120ng/ml für Retinol, 400-4000ng/ml für Retinylnacetat und 90-900ng/ml für Retinylnpalmitat herangezogen (Abb. 11). Die quantitative Auswertung der Proben (Abb. 12) erfolgt über externe lineare Regression.

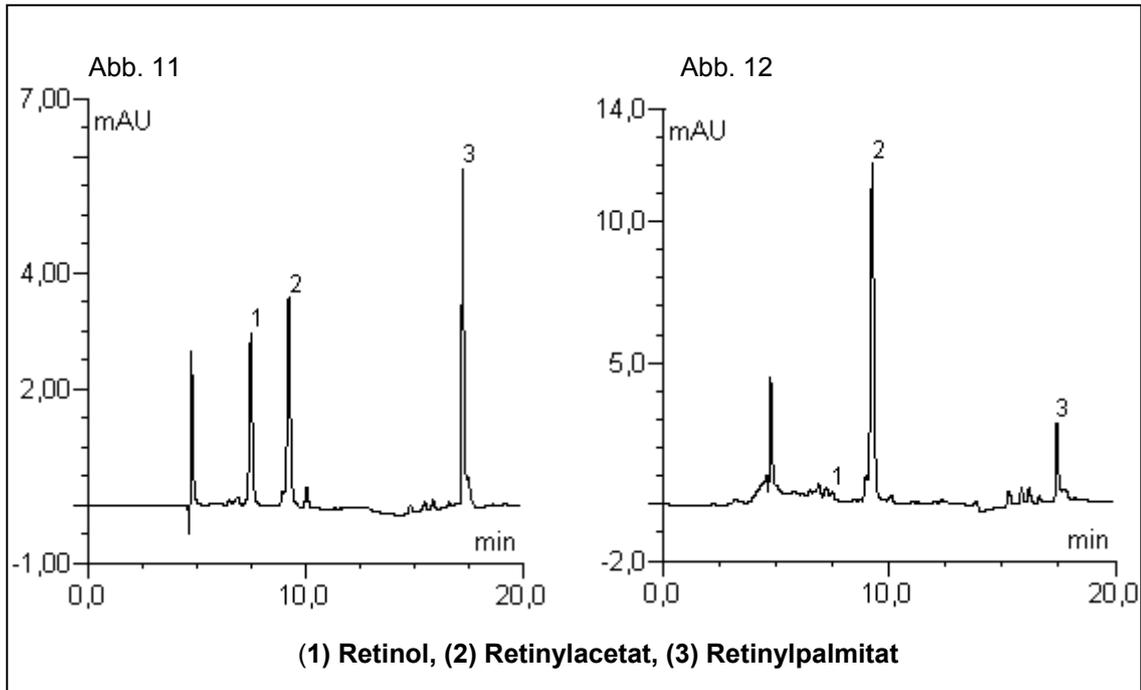


Abb. 11: Vitamin A - Mischstandard

Abb. 12: Chromatogramm einer Probe (Vitamin A)

3.6.4 Carotinoide

Nach Extraktion der fettlöslichen Vitamine aus der Probenmatrix nach Folch et al. (1957) erfolgt die Carotinoid Bestimmung mittels analytischem RP-HPLC System nach Kornsteiner et al. (2006) einer modifizierten Methode von Jakob und Elmadfa (1995).

Probenaufarbeitung

Die Extraktherstellung erfolgt wie unter 3.5.2.3 beschrieben. 3ml dieses Extraktes werden im Wasserbad (40°C) mittels Stickstoff abgedampft und der Rückstand in 30µl Dichlormethan (DCM) zuerst angelöst und in 300µl Methanol aufgenommen. Danach wird 20 Sekunden lang gerüttelt und anschließend für 2min (3000U/min) zentrifugiert. 100µl vom Überstand werden in die HPLC eingespritzt. Die Analysebedingungen sind in Tab. 15 zusammengefasst.

HPLC System

| <i>Analytische RP-HPLC</i> | |
|----------------------------|---|
| Pumpe | Merck Hitachi, Kolbenpumpe L-7110 |
| Detektor | Merck Hitachi L-4250, UV-VIS-Detektor |
| Interface | SS420X (analog) |
| Autosampler | La Chrom, Merck Hitachi L-7200 |
| Wellenlänge | 450nm |
| Mobile Phase | Methanol 85% |
| | Acetonitril 10% |
| | Dichlormethan 5% |
| Flussrate | 0,8ml/min (isokratisch) |
| Schleifenvolumen | 100µl Loop (Autosampler) |
| Autosamplerkühlung | 10°C |
| Säulentemperatur | 20°C |
| Säule | Vydac 201TP5415, RP-C18, 150 x 4,6mm, 5µm |
| Vorsäule | C18 (ODS, Octadecyl), 4mmLx3mmD, Phenomenex |
| Software | EZChrom Elite Software 3.x |

Tab. 15: Chromatographische Bedingungen zur Bestimmung von Carotinoiden**Berechnung der Vitamin A Wirksamkeit von Carotinoiden**

Lutein und Zeaxanthin zählen im Gegensatz zu all-trans-β-Carotin nicht zu den Provitamin-A wirksamen Vitaminen.

0,3µg Retinol = 1 IE

1mg Retinol-Äquivalent entsprechen:

| | |
|------|--|
| 1mg | Retinol |
| 6mg | all-trans-β-Carotin |
| 12mg | α-Carotin, γ-Carotin und β-Cryptoxanthin |

Tab. 16: Berechnung der Carotinoid Wirksamkeit nach D-A-CH (2008)**Quantitative Auswertung**

Der Kalibrationsbereich (Abb. 13) wird wie folgt gewählt: Lutein (0,005-0,77µg/ml), Zeaxanthin (0,005-0,75µg/ml), Beta Carotin (0,027-1,07µg/ml). Die quantitative Auswertung der Proben (Abb. 14) erfolgt über externe lineare Regression.

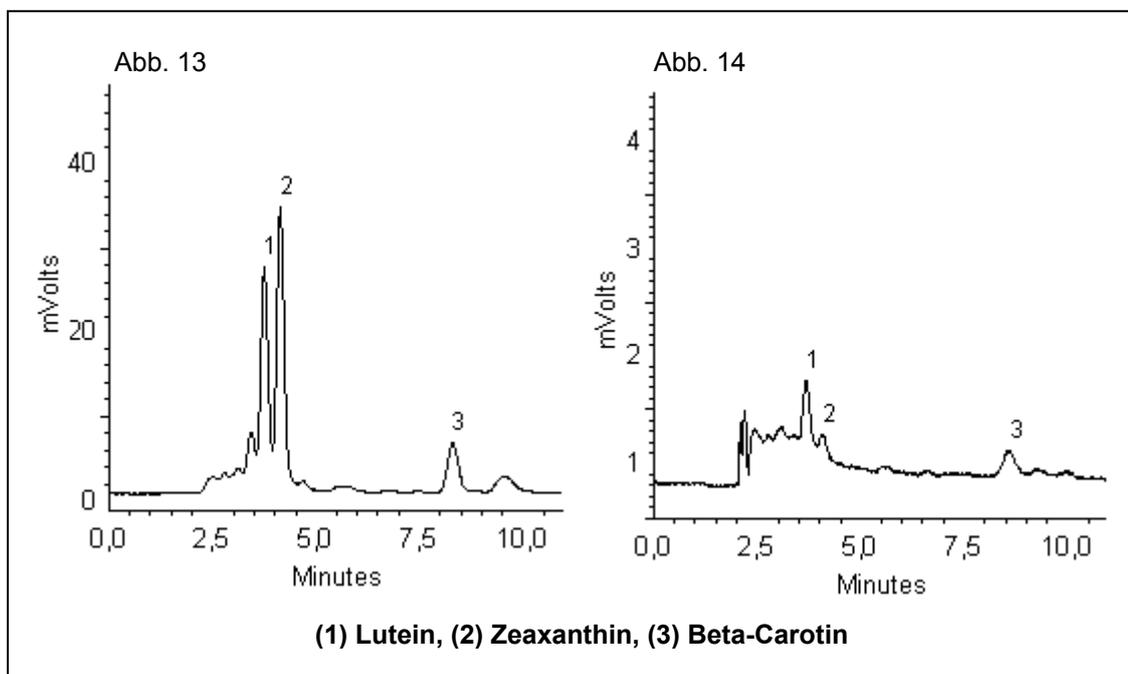


Abb. 13: Carotinoid - Mischstandard

Abb. 14: Chromatogramm einer Probe (Carotinoide)

Qualitätskenndaten – fettlösliche Vitamine

| | VK (%), n=10 | WF (%) ² | NWG (ng/ml) |
|------------------------|------------------|-------------------------|-------------|
| Vitamin D ₃ | | 94 ¹ bzw. 98 | 19 |
| Tocopherylacetat | 2,9 ³ | 102 | 88 |
| α-Tocopherol | 3,6 | 91 | 62 |
| β-Tocopherol | 2,1 | 99 | 180 |
| γ-Tocopherol | 5,0 ⁴ | 100 | 60 |
| δ-Tocopherol | 3,6 | 88 | 117 |
| α-Tocotrienol | 4,5 | 94 | 270 |
| β-Tocotrienol | 2,6 | 100 | 90 |
| γ-Tocotrienol | 6,2 | 83 | 222 |
| δ-Tocotrienol | 5,3 ⁵ | 95 | 120 |
| Lutein | 6,5 | 94 | 5 |
| Zeaxanthin | 5,4 | 92 | 13 |
| Beta-Carotin | 6,7 | 90 | 7 |
| Retinol | 6,2 | 103 | 4 |
| Retinylacetat | 7,8 ³ | 76 | 64 |
| Retinylpalmitat | 8,1 | 82 | 30 |

¹ SRM 1846 (Infant Formula), ² Standardaddition, ³ n=8, ⁴ n=9, ⁵ n=7

VK...Variationskoeffizient, WF...Wiederfindungsrate, NWG...Nachweisgrenze

3.7 Wasserlösliche Vitamine

Bei der Analyse von wasserlöslichen Vitaminen ist generell darauf zu achten, direktes Sonnenlicht zu vermeiden. Die Verwendung von künstlichen, gelben Licht hat sich sehr bewährt.

3.7.1 Thiamin (Vitamin B₁)

Thiamin wird durch saure Hydrolyse nach der geringfügig modifizierten Methode nach AS§35 (2004b) aus dem Lebensmittel extrahiert und anschließend quantitativ fluorimetrisch mittels RP-HPLC nach erfolgter Nachsäulenderivatisierung als Thiochrom bestimmt. Die Analyse erfolgt mittels ClinRep[®] Komplett-Testkit der Firma Recipe[®].

Überprüfung der angewandten Methode

Da der angewandte Testkit leicht zu gebrauchen, jedoch für Blut validiert ist wurde überprüft, ob er auch für die Thiaminbestimmung in Lebensmittel zulässig ist. Dies erfolgte einerseits mittels zertifiziertem Referenzmaterial SRM (CRM) 1846 (Infant Formula - NIST, Gaithersburg) sowie durch eine parallel durchgeführte Analyse mit der geringfügig modifizierten Methode von Viñas et al. (2003). Diese Methode ermöglicht theoretisch eine simultane Bestimmung von neun wasserlöslichen Vitaminen. Jedoch erwiesen sich sowohl Probenvorbereitung als auch die chromatographischen Bedingungen wie Trennschärfe der Peaks und die nötige Nachsäulenderivatisierung für die fluoreszenzspektroskopische Thiaminbestimmung nach AS§35 (2004b) als sehr anspruchsvoll.

Reagenzien

0,1M Schwefelsäure

10,1g H₂SO₄ (97%) (MG=98,08g/Mol) ad 1000ml Wasser dest.

ClinRep[®] Komplett-Testkit der Firma Recipe[®]

(Mobile Phase, Testlösung, Reagenz A, C, D, E, S, N, Analytische Säule)

Probenaufarbeitung

• **Extraktherstellung (saure Hydrolyse)**

Ca. 1-5g (±1mg) homogenisierte (ev. gefriergetrocknete) Probe wird unter Zugabe von 10ml 0,1M H₂SO₄ in hitzestabile, dunkle Glasflaschen eingewogen und vorsichtig geschwenkt. Die mit Alufolie verschlossenen Probengefäße werden zwecks Säurehydrolyse anschließend 30min bei 120°C autoklaviert (Melag Autoklav 23). Die auf

Raumtemperatur abgekühlten Proben werden unter Zugabe von 0,5-1,0M NaOH auf pH 7,0 ($\pm 0,2$) eingestellt. Die homogene Probenlösung wird gleichmäßig in Plastikeprouvetten überführt und 5min bei 3500U/min zentrifugiert. Der Überstand eines Probenextraktes wird über einen Faltenfilter (Schleicher&Schuell, Ø110mm) in ein geeignetes 50ml Gebinde wie z.B. ein Zentrifugenröhrchen (Rotolabo[®]-Zentrifugenröhrchen, PP) überführt (muss *nicht quantitativ* sein) und vereint. Die Probenextrakte werden N₂ begast und zu je 1,2ml in dunklen Cups bei -80°C (max. 2 Monate) bis zur Analyse eingefroren.

HPLC System

| <i>Analytische RP-HPLC</i> | |
|-----------------------------|---|
| Pumpe | La Chrom Merck Hitachi L-7100 |
| Schlauchquetschpumpe | Econo Pump Bio-Rad |
| Detektor | Merck Hitachi F-1050 |
| Integrator | Merck Hitachi D-7500 |
| Wellenlänge | Anregung 376nm, Emission 435nm |
| Mobile Phase | ClinRep [®] - Komplett-Testkitt |
| Flussrate | Mobile Phase 0,8ml/min (isokratisch) Reagenz N 0,2ml/min (isokratisch) |
| Schleifenvolumen | 50µl (Loop) |
| Säulentemperatur | 35°C |
| Säule | ClinRep [®] Analytical Column for Vitamins B ₁ , B ₂ , B ₆ |
| Vorsäule | ClinRep [®] Analytical PreColumn for Vitamins B ₁ , B ₂ , B ₆ |

Tab. 17: Chromatographische Bedingungen zur Bestimmung von Thiamin

- **Vorbereitung zur Thiamin-Bestimmung mittels HPLC**

Arbeitsschema laut Recipe[®]:

Extraktion: 500µl Reagenz A werden in einer Plastikeprouvette vorgelegt, mit 300µl Probenextrakt bzw. Standard versetzt, gemischt (30sek.) und 5 min bei 8000U/min gekühlt (4°C) zentrifugiert. 400µl des Überstandes werden abgenommen und mit 50µl Reagenz S versetzt.

Oxidation: Nach der anschließenden Zugabe von 50µl Reagenz C und 100µl Reagenz D den Eprovetteninhalt ausreichend mischen (30sek.) und die homogene Probenlösung mit 100µl Reagenz E versetzen und erneut mischen.

Der Überstand wird direkt (nach gegebenenfalls nötiger Verdünnung) in der HPLC analysiert (Tab. 17).

Quantitative Auswertung

Die Kalibrationsgerade (Abb. 15) zur quantitativen Auswertung von Thiamin als Thiamin-Hydrochlorid (MG=337,28g/Mol) in der Probe (Abb. 16) über eine externe lineare Regression liegt im Bereich von 100nM-1200nM.



Abb. 15: Standard (1) Thiamin Hydrochlorid



Abb. 16: Chromatogramm einer Probe (1) Thiamin

Umrechnung von Thiaminhydrochlorid und Thiaminmononitrat in reines Thiamin

1mg reines Thiamin (MG=300,8g/Mol) entsprechen:

| | | Multiplikationsfaktor |
|---------|-------------------------------------|-----------------------|
| 1,12mg | Thiaminhydrochlorid (MG=337,3g/Mol) | 0,8918 |
| 1,088mg | Thiaminmononitrat (MG=327,36g/Mol) | 0,9189 |

3.7.2 Riboflavin (Vitamin B₂)

Riboflavin wird durch saure Hydrolyse nach der geringfügig modifizierten Methode (AS§35, 2004a) aus dem Lebensmittel extrahiert, mittels RP-HPLC getrennt und quantitativ fluorimetrisch nach der gering modifizierten Methode von Capo-chichi et al. (2000) bestimmt.

Reagenzien

Mobile Phase (HPLC Laufmittel)

Die Pufferlösung bestehend aus 15mM Magnesiumacetat-4-Hydrat und 10mM Kaliumphosphat monobasisch (KH₂PO₄) wird mittels o-Phosphorsäure auf pH 4,0 eingestellt. Diese Lösung (1000ml) wird gefiltert, anschließend mit 125ml Acetonitril versetzt und ist bei 4°C maximal 2 Tage lang haltbar.

Lösung A

Bestehend aus 15mM Magnesiumacetat-4-Hydrat und 10mM Kaliumphosphat monobasisch (KH_2PO_4). Der pH wird mittels o-Phosphorsäure auf 3,5 eingestellt. Bei 4°C lagern.

Lösung B

100ml von Lösung A mit 100ml Methanol mischen und bei 4°C lagern.

Fällungsreagenz

10%ige Trichloressigsäure-Lösung (TCA) (w/v)

Standardherstellung

Ursubstanz in etwas destilliertem Wasser lösen und unter Lichtschutz kurz erwärmen (50°C), anschließend auf gewünschtes Volumen auffüllen. Bei einer zu hohen Einwaage können Löslichkeitsprobleme auftreten. Die Zugabe von NaOH verbessert die Löslichkeit, jedoch ist Riboflavin auf Dauer im alkalischen Bereich nicht stabil (AS§35, 2004a).

HPLC System

| | <i>Analytische RP-HPLC</i> |
|-------------------------|--|
| Pumpe | La Chrom Merk Hitachi L-7100 |
| Detektor | Merck Hitachi F-1050 |
| Integrator | Merck Hitachi D-7500 |
| Wellenlänge | Anregung 445nm, Emission 530nm |
| Mobile Phase | siehe 3.7.2 (Reagenzien) |
| Flussrate | Mobile Phase 0,8ml/min (isokratisch) |
| Schleifenvolumen | 50µl (Loop) |
| Säulentemperatur | 20°C |
| Säule | Supelcosil™ LC18, 15cm x 3,0mm, 5µm, Supelco |
| Vorsäule | Typ: Valco |

Tab. 18: Chromatographische Bedingungen zur Bestimmung von Riboflavin

Probenaufarbeitung

- **Extraktherstellung (saure Hydrolyse)**

Riboflavin wird aus dem gleichen Extrakt bestimmt, das auch bei Thiamin verwendet wird. Extraktherstellung siehe 3.7.1.

- **Vorbereitung zur Riboflavin-Bestimmung mittels HPLC**

500µl Lösung A werden in einer Plastikeprouvette vorgelegt und mit 500µl Probenextrakt bzw. Standard versetzt. Die homogene Probenlösung wird 15 min bei 65°C im Wasserbad inkubiert. Nach dem raschen Abkühlen (eventuell im Kühlschrank) auf Raumtemperatur wird die Probenlösung mit 250µl TCA bzw. die Standardlösung mit 250µl Wasser dest. versetzt, gemischt und 10min bei 8000U/min gekühlt (4°C) zentrifugiert. 500µl vom Überstand werden mit 500µl Lösung B versetzt und in die HPLC (Tab. 18) (eventuell mit Laufmittel verdünnt) injiziert.

Quantitative Auswertung

Um die Konzentration an Riboflavin (MG=376,36g/Mol) in der Probe (Abb. 18) quantitativ auswerten zu können, wird ein Kalibrationsbereich von 3,13nM-400nM gewählt. Die Auswertung erfolgt über externe lineare Regression (Abb. 17).



Abb. 17: Standard (1) Riboflavin



Abb. 18: Chromatogramm einer Probe (1) Riboflavin

3.7.3 Pyridoxin & Pyridoxal (Vitamin B₆) & Folsäure

Die Methode nach Viñas et al. (2003) basiert auf einer Kombination der sauren Hydrolyse und einer Enzymextraktion, um proteingebundenes und phosphoryliertes Vitamin B₆ freizusetzen. Im Anschluss ist es möglich, Pyridoxal und Pyridoxin sowie auch die synthetische Folsäure (keine Polyglutamate!) mittels RP-HPLC zu quantifizieren.

Reagenzien

Mobile Phase (Laufmittel)

10mM Kaliumdihydrogenphosphatpuffer wird mittels KOH auf pH 6,5 eingestellt. Die Pufferlösung wird gefiltert, mit Helium entgast und muss jeden Tag frisch hergestellt werden, da es leicht zu Algenbildung kommt.

10M Kaliumhydroxidlösung

28g KOH ad 50ml destilliertes Wasser

0,1M Salzsäure

4,58g HCl (MG=36,46g/Mol, 25%ige HCl) ad 1000ml destilliertes Wasser

50%ige Trichloressigsäure (w/v)

150g TCA ad 300ml destilliertes Wasser

1M Natriumacetatlösung

4,1g $C_2H_3NaO_2$ ad 50ml destilliertes Wasser

Probenaufarbeitung

5g Probe (± 1 mg) homogene Probe werden zusammen mit 25ml 0,1M HCl in eine 100ml PE Flasche mit Schraubverschluss eingewogen. Die Probeflaschen kommen für 30sec ins Ultraschallbad und werden anschließend 3min lang mittels Magnetrührer gemischt. Danach wird im Wasserbad (90°C) 30min erhitzt. Es kommt zum Druckaufbau, weshalb die Flaschen nicht dicht verschlossen sein dürfen. Die rasch auf Raumtemperatur abgekühlten Proben werden mit 1M Natriumacetatlösung auf pH 4 eingestellt. Nach der Zugabe von 500mg (± 50 mg) „Taka-Diastase from *Aspergillus oryzae*“ (EC 3.2.1.1) und erneutem Mischen werden die verschlossenen Proben im Rüttelwasserbad bei 50°C für 2 Stunden inkubiert. Zugabe von 5ml 5%iger TCA zu Proteinfällung, mischen und die Proben für 10min ins Wasserbad (90°C) stellen. PE Flaschen dürfen nicht dicht verschlossen sein! Nach dem raschen Abkühlen auf Raumtemperatur werden die Proben mittels 10M Kaliumhydroxidlösung auf pH 6 eingestellt. Danach wird das Probenextrakt quantitativ in einen 50ml Messkolben überführt und mit mobiler Phase bis zur Marke aufgefüllt. Ein homogenes Probenaliquot (ca. 40ml) wird in ein mit Kappe verschließbares 50ml PPCO Zentrifugenröhrchen (Nalgene, Nalge Nunc International) überführt und für 10min bei 10000U/min gekühlt (4°C) zentrifugiert. Der Überstand wird über einen Filter (Schleicher & Schuell, $\varnothing 110$ mm) in ein 50ml Zentrifugenröhrchen überführt. Ein Aliquot des gefilterten Extraktes wird durch einen $0,45\mu\text{m}$ HPLC Spritzenfilter (ProFill 25mm, Nylon, Bruckner Analystechnik) gefiltert und kann danach direkt zur HPLC Analytik eingesetzt (Tab. 19) oder in dunklen Cups zu je 1ml (N_2 begast) bei -80°C gelagert werden.

| Analytisches RP HPLC System | | | | |
|------------------------------------|---|---------------|-----|---------------|
| Pumpe | UltiMate 3000 Pump (Dionex) | | | |
| Detektor-UV | UltiMate 3000 Variable Wavelength Detector (Dionex) | | | |
| Detektor-FLU | RF 2000 Fluorescence Detector (Dionex) | | | |
| Säulenofen | UltiMate 3000 Column Compartment (Dionex) | | | |
| Autosampler | UltiMate 3000 Autosampler (Dionex) | | | |
| Wellenlänge | UV: 326nm (B ₆), 266nm (Folsäure) Fluoreszenz (FLU): Anregung 332nm, Emission 400nm (B ₆) | | | |
| Mobile Phase | (A) 10mM KH ₂ PO ₄ Puffer (pH 6,5) (B) 100% Acetonitril LiChrosolv Gradient für die Detektion von bis zu 9 Vitaminen Pyridoxal: 5min, Pyridoxin: 6min, Folsäure: 17min | | | |
| Flussrate | Gradient: | | | |
| | Zeit [min] | Flow [ml/min] | %A | %B |
| | 00:00 | 1 | 100 | 0 |
| | 08:00 | 1 | 100 | 0 |
| | 23:00 | 1 | 87 | 13 |
| | 30:00 | 1 | 87 | 13 |
| | 33:00 | 1 | 80 | 20 |
| | 40:00 | 1 | 80 | 20 |
| | 42:00 | 1 | 100 | 0 |
| | 57:00 | 1 | 100 | 0 |
| | | | | spülen |
| | | | | equilibrieren |
| Schleifenvolumen | 100µl Cut (Autosampler) | | | |
| Autosampler, -kühlung | 10°C Sample Hight 7 ohne Inlet, 900µl Probe im HPLC Vial | | | |
| Säulentemperatur | 20°C | | | |
| Säule | Discovery RP Amide C16, 15.0cm x 4.0mm, 5µm (Supelco) | | | |
| Vorsäule | C18, 4.0 x 3.0mm (Phenomenex AJ0-4287) oder Discovery RP-Amide C16, 2.0cm x 4.0mm, 5µm (Supelco) | | | |
| Software | Chromeleon Version 6.80 | | | |

Tab. 19: Chromatographische Bedingungen zur Bestimmung von Pyridoxal, Pyridoxin & Folat

Quantitative Auswertung

Die Auswertung für Pyridoxalhydrochlorid (MG=203,63g/Mol), Pyridoxinhydrochlorid (MG=205,6g/Mol) und Folsäure (MG=441,4g/Mol) erfolgt je nach Probe (Abb. 20) über zwei sich ergänzende externe lineare Regressionsgeraden (Abb. 19) im Bereich von 0,05-1,0µg/ml und 1,0-5,0µg/ml.

Anmerkung zum Folat-Standard:

Folsäure löst sich gut im alkalischen Milieu. Ist dort aber nicht stabil.
Lagerlösungen und Standards müssen daher einen pH<7 haben.

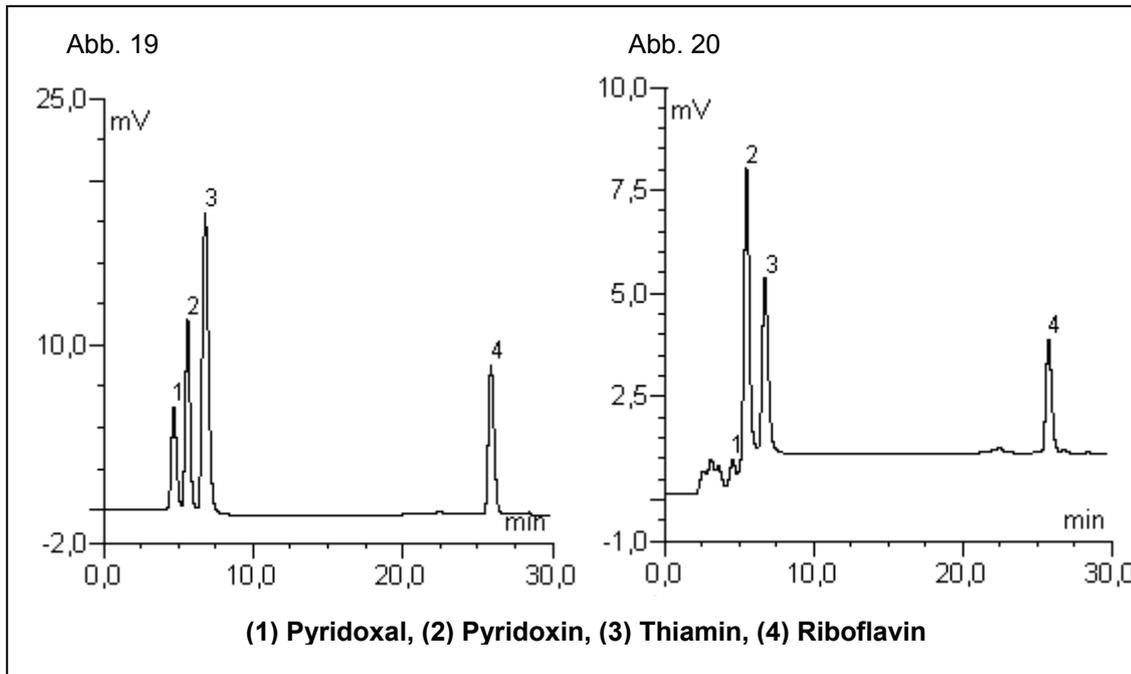


Abb. 19: Mischstandard [FLU] - B Vitamine

Abb. 20: Chromatogramm einer Probe [FLU] (B Vitamine)

Umrechnung von Pyridoxal-, Pyridoxinhydrochlorid und Pyridoxal in Pyridoxin

1mg reinem Pyridoxin (MG=169,18g/Mol) entsprechen:

| | | Multiplikationsfaktor: |
|---------|--|------------------------|
| 1,215mg | Pyridoxinhydrochlorid (MG=205,6g/Mol) | 0,8229 |
| 1,204mg | Pyridoxalhydrochlorid (MG=203,63g/Mol) | 0,8308 |
| 0,988mg | reines Pyridoxal (MG=167,16g/Mol) | 1,0121 |

Qualitätskennndaten – wasserlösliche Vitamine

| | VK (%), n=10 | WF (%) | NWG (ng/ml) |
|------------|------------------|-----------------|-------------|
| Thiamin | 2,2 | 89 | 21 |
| Riboflavin | 4,8 | 85 | 0,5 |
| Pyridoxal | 4,4 | 92 ² | 30 |
| Pyridoxin | 3,0 | 96 ² | 12 |
| Folsäure | 4,8 ⁴ | 83 ³ | 16 |

¹ SRM 1846 (Infant Formula), ² Standardaddition, ³ mit Ascorbinsäure als AO, ⁴ n=9
 VK...Variationskoeffizient, WF...Wiederfindungsrate, NWG...Nachweisgrenze

3.8 Mineral- und Spurenelemente

Der Gehalt an Calcium, Magnesium, Zink und Eisen in Lebensmitteln wird nach einem nasschemischen Aufschluss mittels Atomabsorptionsspektrometrie FAAS (Atomisierung durch Flamme) bestimmt.

3.8.1 Extrakterstellung

Nach erfolgter Spezialreinigung der Laborgefäße nach den modifizierten Methoden von Saracoglu et al. (2007) und Yang et al. (1994) erfolgt der nach AS§35 (2003) modifizierte Säureaufschluss der Proben. Man erhält ein Extrakt aus aufgeschlossener Probe im Säuregemisch, das zur Analyse der Elemente mittels FAAS herangezogen wird.

Mikrowellensystem

| | |
|--------------------|---------------------------|
| Gerät: | MLS 1200 mega (Milestone) |
| Rotor: | HPR-1000/6 |
| Hochdruckbehälter: | HPS-100 aus PTFE (100ml) |
| | Max. Druck: 80-100bar |
| | Max. Temp: 260-320°C |

Arbeiten in der Spurenelementanalytik ohne Reinraum

Die Kontamination mit dem zu bestimmenden Element muss weitestgehend vermieden werden, daher dürfen im Zuge der Probenvorbereitung keine Gegenstände (Messer, Töpfe etc.) aus Edelstahl sondern nur aus Keramik oder Plastik verwendet werden.

Es dürfen nur Chemikalien mit dem höchsten Reinheitsgrad (suprapur/ultrapur) zur Analyse herangezogen werden. Die verwendeten Laborgefäße müssen aus Glas, Plastik oder Teflon sein. Steht kein Trace Clean (MLS GmbH-Milestone) zur Verfügung, muss die Laborware vor Gebrauch mit 6,5%igen HNO₃ suprapur (Saracoglu et al., 2007; Tuzen, 2003) über Nacht (Soylak et al., 2005) gereinigt, danach mit frischem Wasser dest. abgespült, bei 80°C getrocknet und bis zur Analyse staubfrei gelagert (Santelli et al., 2006) werden.

Generalreinigung der Aufschlussbehälter

Da im Labor kein Trace Clean (MLS GmbH-Milestone) zur Verfügung stand wurde wie folgt vorgegangen:

Vor Erstgebrauch ist es notwendig, die Aufschlussbehälter aus Teflon (PTFE) einmalig intensiv zu reinigen. Dazu werden jeweils 4ml 65% Salpetersäure (HNO₃) suprapur und 1ml Wasserstoffperoxid (H₂O₂) ultrapur in jeden PTFE- Behälter eingebracht. Es wird dasselbe Aufschlussprogramm (Tab. 20) durchlaufen wie später bei den Proben. Danach bleiben die Behälter samt Inhalt über Nacht verschlossen stehen. Am Tag darauf werden alle Bestandteile gründlich mit Wasser dest. gereinigt, befüllt und über Nacht verschlossen stehen gelassen. Am 3. Tag werden die Behälter samt Dichtung nochmals mit frischem Wasser dest. gespült, im Trockenschrank bei 80°C getrocknet und bis zur Analyse im staubfreien Raum verschlossen gelagert (Yang et al., 1994; Zunk, 1990).

Probenaufschluss

In jeden Hochdruckbehälter werden 0,5-0,7g (±0,1mg) Grießprobe bzw. 0,3g (±0,1mg) gefriergetrocknete Probe eingewogen und mit 3ml HNO₃ suprapur und 1ml H₂O₂ ultrapur versetzt. Nach Verschließen der PTFE-Mikrowellenaufschlussbehälter werden diese im Probenkarussell verankert und dieses in der Mikrowelle justiert. Der nass-chemische Aufschluss der Proben erfolgt nach dem in Tab. 20 beschriebenen Programm.

| Stufe | Leistung in Watt | Zeit in Minuten |
|--------------|-------------------------|------------------------|
| 1 | 250 W | 00:02:00 |
| 2 | 0 W | 00:00:30 |
| 3 | 250 W | 00:10:00 |
| 4 | 0 W | 00:00:30 |
| 5 | 450 W | 00:05:00 |
| 6 | 0 W | 00:00:30 |
| 7 | 600 W | 00:03:00 |
| 8 | 500 W | 00:02:00 |
| Ventilation | 0 W | 00:05:00 |

Tab. 20: Mikrowellenaufschlussprogramm, modifiziert (Handbuch, MLS GmbH-Milestone)

Nach Ablauf des Aufschlussprogramms werden die Proben im Abzug (giftige Nitrose-gase entweichen) abgekühlt. Danach wird der möglicherweise leicht gelbe aber *klare* Säureaufschluss mittels Pasteurpipette (Plastik) in einen mit Säure gereinigten 5ml Messkolben überführt und mit 0,1% HNO₃ suprapur bis zur Marke aufgefüllt. Die Lagerung der Extrakte erfolgt in dicht verschließbaren und entsprechend gereinigten 5ml Glasgebinden im Dunkeln bei 6°C.

3.8.2 Mineralstoffanalyse mittels Flammenatomabsorptionsspektrometrie (FAAS)

AAS System

Spektrometer: 5100 PC Atomic Absorptions Spectrometer (Perkin Elmer)

Software: AA WinLabTM Version 3.0

Analyse

Vor der Analyse werden die Probenextrakte je nach Konzentration des zu bestimmenden Elementes mit der Blindwertlösung (0,1% HNO₃) verdünnt. Die Applikation in die FAAS erfolgt manuell unter den in Tab. 21 angeführten Bedingungen.

| Parameter | Ca | Mg | Zn | Fe | K |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Wellenlänge [nm] | 422,7 | 285,2 | 213,9 | 248,3 | 766,5 |
| HKL Lampe [mA] | 20 | 20 | 15 | 30 | 12 |
| Spaltbreite [nm] | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,2 | 1,4 |
| Signalmessung | Peakhöhe | Peakhöhe | Peakhöhe | Peakhöhe | Peakhöhe |
| Brenngas | Acetylen | Acetylen | Acetylen | Acetylen | Acetylen |
| Acetylen-Flussrate [l/min] | 3,7 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Oxidans | Luft | Luft | Luft | Luft | Luft |
| Luft-Flussrate [l/min] | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| Zerstäuber | Prallkugel | Prallkugel | Prallkugel | Prallkugel | Prallkugel |
| Atomisierungseinheit | Brenner | Brenner | Brenner | Brenner | Brenner |
| Ansaugvolumen [ml] | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| Readtime [sec.] | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Sensitivity Check [mg/l] | 4,0 | 0,3 | 1,0 | 5,0 | 2,0 |
| Geräteblindwert [%HNO ₃] | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Kalibrationsbereich [mg/l] | 1,0-5,0 | 0,1-0,5 | 0,05-0,5 | 0,2-1,6 | 1,0-5,0 |

*jedes Messergebnis der AAS ist der Mittelwert einer Doppelmessung

Tab. 21: Analytische Parameter zur Bestimmung von Calcium, Magnesium, Zink, Eisen und Kalium mittels FAAS

Auswertung

Die Stocklösungen (1000mg/l) werden mit der Geräteblindwertlösung entsprechend verdünnt. Über die gemessene Absorbance kann mittels externer linearer Regression auf die Konzentration des jeweiligen Elementes rückgeschlossen werden. Als Kontrolle wird nach jeder zwölften Probe ein Standard gemessen und gerätebedingte Abwei-

chungen der Probenwerte, falls nötig, mittels Standard korrigiert. Die Auswertung erfolgt mittels AA WinLab™ Version 3.0.

Qualitätskenndaten – Mineralstoffe

| | VK (%), n=10 | WF (%) ¹ | NWG (ng/ml) |
|------------------|--------------|---------------------|-------------|
| Calcium | 3,8 | 94 | 731 |
| Magnesium | 3,0 | 106 | 18 |
| Zink | 2,7 | 112 | 40 |
| Eisen | 5,1 | 108 | 130 |
| Kalium | 1,9 | 104 | 290 |

¹ SRM 1567a (NIST, Wheat Flour)

VK...Variationskoeffizient, WF...Wiederfindungsrate, NWG...Nachweisgrenze

3.9 Qualitätssicherung

3.9.1 Variationskoeffizient (Präzision)

Die Präzision wird durch eine Mehrfachanalyse einer Realprobe (n=10) überprüft. Aus den einzelnen Analyseergebnissen werden Mittelwert, Standardabweichung und schließlich der Variationskoeffizient ermittelt. Dieser sollte optimal unter 5% liegen jedoch 10% auf keinen Fall überschreiten.

3.9.2 Wiederfindung (Richtigkeit)

Die Wiederfindungsrate ist ein Beurteilungskriterium sowohl für das jeweilige Analyseverfahren als auch für einzelne Verfahrensschritte. Wird bei der Überprüfung einzelner Verfahrensschritte eine Wiederfindungsrate von 100% ermittelt, so ist das betreffende Verfahren frei von konstant- und/oder proportional- systematischen Abweichungen (Funk et al., 1992).

Zur Überprüfung der Richtigkeit wurde mit zertifizierten Referenzmaterialien gearbeitet. Leider war es nicht möglich, auf diese Art den gesamten Analysebereich abzudecken. Aus diesem Grund wurde teilweise auch mittels Standardaddition gearbeitet.

- Zertifiziertes Referenzmaterial

Im Zuge dieser Studie wurde mit zwei zertifizierten **Standard Referenz Materialien** (SRM® 1846 Infant Formula, SRM® 1567a Wheat Flour) des „National Institute of Standards and Technology“ gearbeitet. Diese wurden direkt aus den USA bezogen.

- Aufdotierte (gespikete) Probe

Eine Realprobe wird mit einer definierten Konzentration des zu bestimmenden Elements aufdotiert und analysiert. Im Idealfall enthält die Realprobe zwar die Probenmatrix jedoch nicht das gesuchte Element ($P = 0$). Ist dies nicht möglich, wird die Realprobe einmal mit und einmal ohne Zugabe des Standards analysiert und danach die Differenz ($P_s - P$) gebildet.

$$WFR [\%] = \frac{P_s - P}{s} \cdot 100$$

WFR ...Wiederfindungsrate in [%]

P_s ...Analyseergebnis der aufdotierten Realprobe [$\mu\text{g}/\text{Einwaage}$]

P ...Analyseergebnis der Realprobe [$\mu\text{g}/\text{Einwaage}$]

s ...Addierte Menge des gesuchten Elements [$\mu\text{g}/\text{Einwaage}$]

3.9.3 Nachweisgrenze

Eine quantitative Bestimmung mit Konzentrationsangabe ist erst dann möglich, wenn das Analyseergebnis gleich oder größer als die Nachweisgrenze ist, da erst für dieses Analyseergebnis das geforderte Signifikanzniveau erreicht ist (Sharaf et al., 1986).

Nachweisgrenze ermittelt über die Kalibrierfunktion

Zur Ermittlung der Nachweisgrenze werden solange Kalibrierungen mit immer geringer konzentrierten Standards durchgeführt, bis der berechnete Prüfwert (x_p) annähernd der Kalibrierkonzentration (x_1) des am niedrigsten gewählten Arbeitsbereiches entspricht, sodass die Bedingung $0,5 x_1 \leq x_p < x_1$ erfüllt ist. In diesem Fall wird x_p als Nachweisgrenze (XN) deklariert und es gilt $XN = x_p$ (Funk et al., 1992).

Verfahrenskenndaten der linearen Kalibrierfunktion:

(1) Steigung (Maß für die Empfindlichkeit)

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N [(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})]}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

b ...Steigung der Kalibrierfunktion

x_i ...Konzentration der i -ten Standardprobe

\bar{x} ...Mittelwert der Standardkonzentrationen x_i

y_i ...Messwert der i -ten Standardprobe

\bar{y} ...Mittelwert der Messwerte y_i

(2) Achsenabschnitt

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad a \dots \text{Achsenabschnitt}$$

(3) Reststandardabweichung

Bezeichnet man die Streuung der Messwerte um die Regressionsgerade.

$$s_y = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N - 2} \quad \text{mit} \quad \hat{y}_i = a + bx_i$$

s_y ... Reststandardabweichung

\hat{y}_i ... über die Kalibrierfunktion errechneter Messwert zur Standardkonzentration x_i

N ... Anzahl der Kalibrierstandards

(4) Verfahrensstandardabweichung

Ist das absolute Kalibrationsmaß der Kalibrierung.

$$s_{x_0} = \frac{s_y}{b}$$

s_{x_0} ... Verfahrensstandardabweichung

(5) Relative Verfahrensstandardabweichung (= Verfahrensvariationskoeffizient)

Ist das relative Kalibrationsmaß der Kalibrierung.

$$V_{x_0} (\%) = \frac{s_{x_0}}{\bar{x}} \cdot 100$$

V_{x_0} ... relative Verfahrensstandardabweichung

(6) Hilfswert zur Ermittlung von x_p

$$y_p = a + s_y \cdot t \cdot \sqrt{\frac{1}{N} + 1 + \frac{\bar{x}^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}} \quad y_p \dots \text{Hilfswert zur Ermittlung von } x_p$$

Berechnung der Nachweisgrenze:

$$x_p = 2VB_x (y = y_p)$$

$$x_p = 2 \cdot s_{x_0} \cdot t \cdot \sqrt{\frac{1}{N} + 1 + \frac{(y_p - \bar{y})^2}{b^2 \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}}$$

x_p ... Prüfwert

$VB_x(y)$...Vertrauensbereich (in Konzentrationseinheiten) des Messwertes y

t ...Tabellenwert der einseitigen t -Verteilung: $t(f = N-2; P=95\%)$

f ...Freiheitsgrade

3.10 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS 15.0. Die Prüfung auf Normalverteilung erfolgte mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test (K-S-Test). Zum Vergleich der einzelnen Breie einer Zubereitungsart (Rohprodukt/Vollmilch/Folgemilch) untereinander wurde die Einfaktorielle Anova (Post Hoc Test-Tukey) gewählt. Um eine Aussage zwischen zwei konkreten Getreidebeikostarten (z.B. Hafer und Reis) und einer Zubereitungsart (z.B. Vollmilch) im Hinblick auf die Nährstoffaufnahme zu treffen, wie auch beim Haltbarkeitstest (Nährstoffgehalt am Ende der Mindesthaltbarkeit im Vergleich zum frischen Rohprodukt) wurde der unabhängige T-Test herangezogen. Beim Vergleich der unterschiedlichen Zubereitungsarten (Vollmilch, Folgemilch) der einzelnen Getreidebeikostarten kam der abhängige (gepaarte) T-Test zum Tragen.

| | | |
|----------------------------|-------------|--------------------------|
| <u>Signifikanzniveaus:</u> | $p < 0,001$ | höchst signifikant (***) |
| | $p < 0,01$ | hoch signifikant (**) |
| | $p < 0,05$ | signifikant (*) |

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Optimieren von Getreidebeikost auf Milchbasis

- Nährstoffzusammensetzung der Matrix Beikost

Jede Getreideart zeigt charakteristische Nährstoffzusammensetzungen und -eigenschaften (z.B. glutenhältig, glutenfrei). Diese unterschiedlichen Charakteristika macht man sich in der Beikosternährung zu Nutze. Es werden entweder Monoprodukte produziert (z.B. Reis- und Haferprodukt) oder Mischungen wie z.B. Weizen-Amaranth.

- Gezielte Anreicherung - weniger ist oft mehr

Fehlende, zu geringe oder während der Produktion verlorengegangene Gehalte an Vitaminen und Mineralstoffen werden mittels Anreicherung ausgeglichen. Es wird darauf geachtet, dass die Anreicherung bewusst - qualitativ und quantitativ zielorientiert - zum Wohl des Säuglings erfolgt.

- Rohprodukt als Basis zur kreativen Selbstzubereitung des Breis

Die im Zuge des Pilotprojekts neu entwickelten Beikostprodukte sind technologisch so vorbehandelt, dass der Konsument in das Rohprodukt nur mehr heiße Flüssigkeit (z.B. Milch) einzurühren hat. Durch den industriell erfolgten thermischen Aufschluss der Stärke ist der Brei leicht bekömmlich.

Es wird bewusst auf ein convenientes Fertigprodukt von „Getreide und Milch“ (Breiherstellung durch Zugabe von heißem Wasser) zusammen in einer Packung verzichtet. Somit bleibt die Möglichkeit einer Selbstzubereitung des Milch-Getreide-Breis mit der für den Säugling individuell passenden Milch (Vollmilch, Halbfettmilch, Folgemilch etc.) gegeben. Bewusst verzichtet wurde auf den Zusatz von raffiniertem Zucker, Geschmacksstoffen und auf die Zugabe von Früchten zum Getreide. Ziel ist es nämlich, dass Mütter und Väter bewusst zu frischem Obst wie Banane und Apfel greifen und diese dem Brei zufügen.

4.1.1 Auslobung der Getreidesorten

4.1.1.1 Amaranth

Amaranth als Pseudocerealie ist aufgrund seiner ernährungsphysiologisch wertvollen Nährstoffzusammensetzung (Tab. 3) und dem Fehlen von Gluten als diätetisches Lebensmittel sehr beliebt. Amaranth lässt sich gut mit diversen Getreidesorten mischen, wodurch Lebensmittel mit speziellem Nährstoffprofil entstehen. Für die Herstellung von Amaranthmehl werden ganze Amaranthkörner gemahlen. Amaranth zeigt einen hohen Protein-, Fett- und Mineralstoffgehalt. Auch die meist im Mangel befindliche Aminosäure Lysin ist im Amaranth überdurchschnittlich vorhanden. Das Fettsäurespektrum weist einen hohen Gehalt an den ungesättigten Fettsäuren Linolsäure und α -Linolensäure (50:1) auf (Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Eine Beimischung von Amaranthmehl zum Weizengrieß bietet somit eine wertvolle Ergänzung zur ernährungsphysiologischen Qualität des Produkts.

4.1.1.2 Hafer(mehl)

Das glutenhaltige Haferkorn (Tab. 3) ist ähnlich dem Amaranthkorn reich an leicht verdaubarem Protein und Fett. Hafer ist ein leicht bekömmliches Lebensmittel, und wird in der Säuglings- und Kinderernährung sowie zu diätetischen Zwecken gerne eingesetzt. Das Verhältnis der mehrfach ungesättigten Fettsäuren Linolsäure zu α -Linolensäure beträgt 37:1. Hafer hat neben seinem hohen Ballaststoffgehalt auch einen hohen Anteil an Mineralstoffen (Eisen!) und Vitaminen. Obwohl Amaranth um das 1,6fache mehr an Lysin beinhaltet, ist das Haferkorn mit 550mg Lysin/100g im Vergleich zu Reis und Weizen immer noch eine gute Lysinquelle (Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Bei der Verarbeitung des Haferkorns zu Hafermehl kommt es zu Verlusten im Bereich der Vitamine und Mineralstoffe.

4.1.1.3 Reis(mehl)

Das Reiskorn und -mehl ist im Vergleich zu Amaranth, Hafer und Weizen wesentlich ärmer an Vitaminen und Mineralstoffen (Tab. 3). Es besitzt einen geringen Fett- (0,7g/100g) und Proteingehalt (6,7g/100g), ist daher leicht bekömmlich und findet sich deshalb vermehrt in der Beikosternährung (diätetischen Ernährung) wieder.

4.1.2 Nährstoffanreicherung

Sowohl die Berechnung der adäquaten und zielorientierten Nährstoffanreicherung als auch die Auswahl der Rohstoffe erfolgte durch das Department für Ernährungswissenschaften, Wien. Die Herstellung und Verarbeitung der Produkte sowie die Technologie der Nährstoffanreicherung war Aufgabe der Produktionsfirma.

4.1.2.1 Technologischer Hintergrund & chemische Form der Nährstoffe

Die industrielle Anreicherung erfolgte in Form einer Vitamin-Mineralstoffmischung, die in flüssiger Form auf die Getreidematrix aufgetragen wurde. Im Anschluss wurde das Getreide-Vitamin-Gemisch walzgetrocknet. Je 100g Rohprodukt wurden 750µg Thiamin, 500µg Riboflavin, 500µg Pyridoxin, 200µg synthetische Folsäure, 5µg Cholecalciferol und 200mg Calcium (Tab. 22) zugesetzt. Die zur Anreicherung von Getreidebeikost zugelassenen Nährstoffe (inklusive chemischer Form) sind in der Beikostverordnung (BGBl, 2006) geregelt (siehe Anhang II).

| Anreicherung /100g Rohprodukt | | Beikostprodukte | | |
|-------------------------------|------------------------------------|---|-------------------|---------------------------------------|
| Nährstoff | chemische Form | Hafer 100% Mehl | Reis 100% Mehl | Amaranth-Weizen 25% Mehl:75% Grieß |
| | <i>Applikationsform:</i> | <i>Effektiv für den Säugling wirksam:</i> | | |
| Vitamin B ₁ | Thiaminmononitrat ¹ | 750µg | 750µg | 750µg |
| Vitamin B ₂ | Riboflavin ² | 500µg | 500µg | 500µg |
| Vitamin B ₆ | Pyridoxinhydrochlorid ³ | 500µg | 500µg | 500µg |
| Folsäure | Folsäure ² | 200µg | -- | -- |
| Vitamin D ₃ | Cholecalciferol ² | -- | -- | 5µg |
| Calcium | Calciumcarbonat ⁴ | 200mg | 200mg | 200mg |

Zugabe von Ascorbinsäure (107mg/100g) zum Haferprodukt als Antioxidationschutz

¹ Thiaminmononitrat (83% Thiamin) dh. 905µg Thiaminmononitrat = 750µg Thiamin

² Riboflavin, synthetische Folsäure, Cholecalciferol = 100%

³ Pyridoxinhydrochlorid (82% Pyridoxin) dh. 608µg Pyridoxinhydrochlorid = 500µg Pyridoxin

⁴ Calciumcarbonat (40% Calcium) dh. 500mg Calciumcarbonat = 200mg Calcium

Tab. 22: Chemische Form und Konzentration der Anreicherung pro 100g Beikostprodukt

4.1.2.2 Anreicherung von Getreide-Beikost

Die biologische Anreicherung der Getreidepflanze durch den Züchter ist nicht geeignet, den Nährstoffmangel von Säuglingen und Kindern in benachteiligten Ländern effektiv zu reduzieren. Um den Nährstoffbedarf zu decken, müsste der Säugling aufgrund der geringeren Nährstoffdichte quantitativ größere Mengen an Nahrung aufnehmen, als

ihm anatomisch möglich ist (Lutter und Rivera, 2003). Beikostprodukte sollten daher nährstoffdicht und gezielt mit kritischen Nährstoffen angereichert sein, um als Mahlzeit einen adäquaten Gehalt an Makro- und Mikronährstoffen zu liefern. Die Menge an Nährstoffen, die über die Beikost zugeführt werden muss, hängt direkt von der zugeführten Menge an Muttermilch bzw. Säuglingsanfangsmilch ab und variiert von 0% für Vitamin C bis zu 100% für Eisen (Lutter und Rivera, 2003).

Industriell gefertigte Beikost trägt einen Großteil zur Ernährung des Säuglings bei. Daher ist es von Bedeutung, dass diese Produkte ausreichend Mikronährstoffe enthalten (Melø et al., 2008). Dabei sei zu beachten, dass manche Mineralstoffe wie auch Vitamine in höherer Konzentration ein potentiell Gesundheitsrisiko darstellen können und daher von der EFSA ein Upper Level (Tab. 1) (EFSA, 2006) definiert wurde (Melø et al., 2008). Der schmale Bereich zwischen Empfehlung und dem veranschlagten Upper Level für Vitamin D in der Säuglingsernährung (25µg/Tag) wurde bei der Anreicherung der Kindervollmilch wie auch dem Beikostprodukt Amaranth-Weizen berücksichtigt. So wurde die ursprünglich geplante Zugabe von 10µg Vitamin D₃/100g Rohprodukt im Zuge des Pilotversuchs auf 5µg Vitamin D₃/100g reduziert.

Ergebnisse der Donald Studie zeigen, dass bei kommerzieller Säuglingsernährung insgesamt 71% der Beikostprodukte (96% Milchbreie) mit Nährstoffen angereichert sind. Pro Produkt finden sich zwischen 1 und 19 zugesetzte Nährstoffe. 72% der Milchbreie sind mit mehr als 10 Nährstoffen angereichert. Verglichen mit der Selbstzubereitung wurde festgestellt, dass diese Zusätze oft wenig zielgerichtet und zum größten Teil in zu großer Menge zugesetzt werden (Chahda, 1999).

Cerealien werden routinemäßig meist mit Eisen angereichert. Die Bioverfügbarkeit des Eisens aus Cerealien ist jedoch gering (Haschke und Javaid, 1991). Die Zubereitung der Breimahlzeit mit Milch wirkt sich zusätzlich negativ auf die Bioverfügbarkeit aus (D-A-CH, 2008). Unter Annahme, dass der Säugling nach dem Konzept des FKE als erste Beikost einen Gemüse-Kartoffel-Fleisch-Brei mit gut verfügbarem Häm-Eisen erhält, wurde im Zuge der Produktentwicklung entschieden, die Getreide-Beikost-Produkte entgegen der allgemeinen Gepflogenheit nicht mit Eisen anzureichern. Der Milch-Getreide-Brei wird als eine für den Säugling wichtige Calciumquelle ausgelobt. Um diese Tatsache zu bekräftigen wurden die Rohprodukte Amaranth-Weizen, Hafer und Reis mit 200mg Calcium pro 100g Rohprodukt (Tab. 22) angereichert.

Die Beikostverordnung (BGBl, 1999) schreibt einen Mindestgehalt von 100µg Thiamin/100kcal verzehrfertige Beikost vor. „Brown wheat flour“ enthält 93µg Thiamin/100kcal. Diese für reines Getreide geltende Dichte wurde in die EG Richtlinie 2006/125/EG übernommen. Da die weiteren Breizutaten wie Vollmilch mit 58µg Thiamin/100kcal eine geringere Thiamindichte aufweisen als die meisten Vollkorngetreide, entspricht ein unangereicherter verzehrfertiger Brei nicht der gesetzlichen Forderung (Kersting, 2000). Im Zuge des Projekts wurden alle Rohprodukte mit den wasserlöslichen Vitaminen B₁, -B₂ und -B₆ (Tab. 22) mit dem Ziel angereichert, der gesetzlichen Forderung mit 100µg Thiamin/100kcal gerecht zu werden, ohne dabei unnötig hoch anzureichern.

Dem Haferprodukt wurde zusätzlich synthetische Folsäure zugesetzt, wobei die Berechnung zur Anreicherung unter folgender Annahme geschehen ist: 1µg Folat-Äquivalent (FÄ) = 1µg Nahrungsfolat = 0,5µg synthetische Folsäure (Pteroylmonoglutaminsäure, PGA) (D-A-CH, 2000; FNB, 1998). Seit 2008 verwenden die D-A-CH Gesellschaften (D-A-CH, 2008) für die Berechnung der FÄ-Zufuhr aus angereicherten Lebensmitteln die gleiche Definition wie die USA und Kanada in den Dietary Reference Intakes (DRI), herausgebracht vom Food and Nutrition Board (FNB, 2000b): 1µg FÄ = 1µg Nahrungsfolat = 0,6µg synthetische Folsäure.

Eine der Herausforderungen beim Entwickeln von Beikost ist, dem altersabhängigen Bedarf des wachsenden Säuglings an Nährstoffen gerecht zu werden. Je jünger der Säugling ist, desto höher muss die Nährstoffdichte im Produkt sein, da der Säugling erst mit zunehmendem Alter in der Lage ist, quantitativ mehr Nahrung aufzunehmen. Wird dieses Produkt andererseits von Säuglingen konsumiert, die altersbedingt bereits in der Lage sind mehr zu essen, resultiert daraus eine exzessive Zufuhr des einen oder anderen Nährstoffs. Deshalb ist es wichtig Produkte zu entwickeln, die entweder für ein gezieltes Alter gedacht sind und dementsprechend ausgelobt und gekennzeichnet sind oder einen Zubereitungshinweis bezogen auf das Alter des Säuglings enthalten (Dewey, 2003). Die benötigte Menge an Nährstoffen zugeführt durch die Beikost berechnet sich aus der empfohlenen Tageszufuhr für den jeweiligen Nährstoff minus dem Gehalt des betreffenden Nährstoffs, zugeführt durch den täglichen Muttermilchkonsum des Säuglings (Dewey, 2003; WHO, 1998) in Abhängigkeit von dessen Alter. Als erschwerend erweist sich die Tatsache, dass einige Mikronährstoffe wie Vitamin A, B Vitamine (Folat ausgenommen), Jod und Selen in der Muttermilch vom Ernährungszustand der Mutter abhängen und somit sehr variabel vorkommen (WHO, 1998).

Die Beikostprodukte Amaranth-Weizen, Hafer und Reis wurden als zweite Beikost für einen fünf Monate alten Säugling mit drei verbleibenden (Mutter)milchmahlzeiten konzipiert. Über die Muttermilch nimmt er bereits 210mg Calcium (53%), 108µg Thiamin (27%), 274µg Riboflavin (69%), 101µg Pyridoxin (34%) und 58µg FÄ (73%) auf. Die fehlende Nährstoffmenge auf 100% soll der Säugling über Beikost aufnehmen (Tab. 23). Neben der mit Vitamin D angereicherten Säuglingsnahrung sollte in den ersten zwölf Lebensmonaten zusätzlich eine Rachitisprophylaxe von 10µg Vitamin D/Tag erfolgen, die den Säugling mit diesem Vitamin ausreichend versorgt (DGE, 2003).

| Ernährung im 6. Lebensmonat | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|
| Milchmahlzeiten: 3x | | | | | |
| Beikostmahlzeiten: 2x | | | | | |
| Nährstoff | D-A-CH Empfehlung pro Tag | aus den 3 Milchmahlzeiten ² | % der D-A-CH Empfehlung | aus den 2 Beikostmahlzeiten ³ | % der D-A-CH Empfehlung |
| Calcium (mg) | 400 | 209 | 53 | 190 | 47 |
| Thiamin (µg) | 400 | 108 | 27 | 292 | 73 |
| Riboflavin (µg) | 400 | 274 | 69 | 126 | 31 |
| Pyridoxin (µg) | 300 | 101 | 34 | 199 | 66 |
| Vitamin D (µg) | 10 | 0,053 | 0,5 | 9,95 | 99,5 |
| Folsäure (µgFÄ) | 80 | 58 | 73 | 22 | 27 |

¹ Energiebedarf 700kcal/d (D-A-CH, 2008), ² Muttermilch (Souci-Fachmann-Kraut, 2004), ³ Mahlzeiten (insgesamt 720ml), ³ Differenz aus D-A-CH Empfehlung und Gehalt in Muttermilch

Tab. 23: Berechnete Nährstoffzufuhr über Muttermilch und Beikost eines Säuglings nach dem 5. Monat (Allen, 2003; Köhler und Kersting, 2004)

Eine Portion Amaranth-Weizen-Milchbrei liefert mit Ausnahme von Vitamin D die Menge an Nährstoffen, die eigentlich durch zwei Beikostmahlzeiten zugeführt werden sollten. Aufgrund der verdünnten Folgemilch liefert der berechnete Hafer-Folgemilch-Brei genau wie beim Produkt Amaranth-Weizen theoretisch weniger Nährstoffe als die Vollmilchzubereitung aber bei weitem mehr als theoretisch durch eine Beikostmahlzeit notwendig ist. Mit einer Breimahlzeit wird bereits alles an benötigten Nährstoffen zugeführt. Obwohl der Rohstoff Reis von allen untersuchten Produkten die geringste Nährstoffkonzentration besitzt, liefern die Milchzubereitungen theoretisch ebenfalls mehr Nährstoffe, als der Säugling in seiner Tagesernährung benötigt.

Während die Berechnungen in Tab. 24-26 rein theoretischer Natur sind, entstehen im Verarbeitungsprozess (Rohstoff – Rohprodukt – Lagerung – Zubereitung) Nährstoffverluste, die bei der Nährstoffanreicherung letztendlich berücksichtigt werden müssen.

Amaranth-Weizen-Brei ↔ Beikost ab dem 6. Lebensmonat

| Nährstoff | natürlich enthalten in 20g ¹ A-W | addiert | Summe = 20g A-W Rohprodukt | VM ¹⁺³ 200ml | 1/3 FM ⁴ 200ml | VM Brei Portion ⁵ | FM Brei Portion ⁵ |
|-----------------------------|--|---------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Calcium (mg) | 6,9 | 40 | 47 | 240 | 83 | 287 | 129 |
| Thiamin (µg) | 58 | 150 | 208 | 70 | 70 | 278 | 280 |
| Riboflavin (µg) | 15,5 | 100 | 116 | 360 | 112 | 476 | 230 |
| Pyridoxin (µg) | 12,8 | 100 | 113 | 70 | 98 | 183 | 210 |
| Vitamin D ₃ (µg) | - | 1,0 | 1,0 | 0,2 | 1,4 | 1,2 | 2,4 |

¹ (Elmadfa et al., 2003; Souci-Fachmann-Kraut, 2004), ² angereichertes Rohprodukt (RP) Amaranthmehl : Weizengrieß 25:75, ³ Vollmilch, ⁴ 1/3 Folgemilch, ⁵ 20g add RP + 200ml Milch/Brei Portion

Tab. 24: Kalkulierter Nährstoffgehalt im Amaranth-Weizen-Rohprodukt und -Brei

Hafer-Brei ↔ Beikost ab dem 6. Lebensmonat

| Nährstoff | natürlich enthalten in 20g ¹ Hafermehl | addiert | Summe = 20g Hafer Rohprodukt | VM ¹⁺⁵ 200ml | 1/3 FM ⁶ 200ml | VM Brei Portion ⁷ | FM Brei Portion ⁷ |
|-------------------------|--|-----------------|------------------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Calcium (mg) | 11 | 40 | 51 | 240 | 83 | 291 | 134 |
| Thiamin (µg) | 112 | 150 | 262 | 70 | 70 | 332 | 330 |
| Riboflavin (µg) | 24 | 100 | 124 | 360 | 112 | 484 | 240 |
| Pyridoxin (µg) | 40 | 100 | 140 | 70 | 98 | 210 | 240 |
| Folsäure (µg) (µgFÄ) | - | 68 ⁴ | 68 ⁴ | 10 ³ | 22,6 ⁴ | 126 | 138 |

¹ (Elmadfa et al., 2003; Souci-Fachmann-Kraut, 2004), ² angereichertes Rohprodukt (RP) Hafermehl, ³ Nahrungsfolat, ⁴ mit synthetischer Folsäure angereichert, ⁵ Vollmilch, ⁶ 1/3 Folgemilch, ⁷ 20g add RP + 200ml Milch/Brei Portion

Tab. 25: Kalkulierter Nährstoffgehalt im Hafer-Rohprodukt und -Brei

Reis-Brei ↔ Beikost ab dem 6. Lebensmonat

| Nährstoff | natürlich enthalten in 20g ¹ Reismehl | addiert | Summe = 20g Reis Rohprodukt | VM ¹⁺³ 200ml | 1/3 FM ⁴ 200ml | VM Brei Portion ⁵ | FM Brei Portion ⁵ |
|-----------------|---|---------|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Calcium (mg) | 1,4 | 40 | 41,4 | 240 | 83 | 281 | 124 |
| Thiamin (µg) | 12 | 150 | 162 | 70 | 70 | 232 | 230 |
| Riboflavin (µg) | 6 | 100 | 106 | 360 | 112 | 466 | 220 |
| Pyridoxin (µg) | 40 | 100 | 140 | 70 | 98 | 210 | 240 |

¹ (Elmadfa et al., 2003; Souci-Fachmann-Kraut, 2004), ² angereichertes Rohprodukt (RP) Reismehl, ³ Vollmilch, ⁴ Folgemilch, ⁵ 20g add RP + 200ml Milch/Brei Portion

Tab. 26: Kalkulierter Nährstoffgehalt im Reis-Rohprodukt und -Brei

4.2 Einfluss der Getreideart auf den Nährwert des Breis

| Getreidebeikost (n=4) pro 100g | | | |
|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Nährstoffe | Reis | Hafer | Amaranth-Weizen |
| Energie (kcal) ¹ | 380,08 ± 0,92 | 392,02 ± 3,56 | 389,36 ± 1,42 |
| Protein (g) | 6,45 ± 0,39 | 11,78 ± 0,33 | 11,53 ± 0,48 |
| Fett (g) | 1,42 ± 0,26 | 4,57 ± 0,06 | 3,30 ± 0,17 |
| <i>Fettsäuren</i> | | | |
| % GFS | 47,96 ± 0,95 | 19,38 ± 0,14 | 25,27 ± 0,54 |
| % MFS | 37,41 ± 1,05 | 36,38 ± 0,17 | 26,35 ± 0,38 |
| % PFS | 14,62 ± 0,26 | 44,24 ± 0,25 | 48,37 ± 0,69 |
| Kohlenhydrate (g) ² | 85,39 ± 0,23 | 75,94 ± 1,20 | 78,38 ± 0,26 |
| Ballaststoffe (g) | 3,9 | 8,5 | 6,6 |
| Vitamin B ₁ (µg) | 781,92 ± 9,42 | 1135,87 ± 22,86 | 404,70 ± 47,05 |
| Vitamin B ₂ (µg) | 464,98 ± 12,79 | 614,90 ± 37,30 | 455,63 ± 16,34 |
| Vitamin B ₆ (µg) | 462,72 ± 35,13 | 766,84 ± 20,36 | 503,51 ± 24,49 |
| synth. Folsäure (µg) | - | 228,51 ± 7,27 | - |
| Vitamin A (µgRÄ) | - | 0,86 ± 0,12 | - |
| Vitamin E (µgTÄ) | - | 71,50 ± 8,52 | 51,10 ± 2,78 |
| Vitamin D ₃ (µg) | - | - | 4,84 ± 0,12 |
| Calcium (mg) | 216,63 ± 11,94 | 247,08 ± 1,52 | 244,55 ± 4,05 |
| Magnesium (mg) | 32,56 ± 2,82 | 77,46 ± 0,68 | 69,92 ± 1,79 |
| Zink (mg) | 1,53 ± 0,15 | 2,85 ± 0,55 | 2,27 ± 0,17 |
| Eisen (mg) | 1,25 ± 0,04 | 11,49 ± 0,77 | 5,50 ± 0,14 |

¹ physiologischer Brennwert, ² Gesamtkohlenhydrate

Anhang:
Laborchemisch ermitteltes Nährstoffprofil der 4 Himmeltau Weizengrießprodukte

Tab. 27: Laborchemisch ermitteltes Nährstoffprofil der Rohprodukte Amaranth-Weizen, Hafer und Reis als unzubereitete Getreidebeikost

4.2.1 Schwankung der Rohstoffe im Nährstoffgehalt

Getreideprodukte unterliegen bezüglich des Gehalts an Nährstoffen den saisonalen Schwankungen (Becker et al., 1981). Aus diesem Grund findet sich auf den Packungen von Beikostprodukten immer ein entsprechender Hinweis. Im Zuge der Studie wurden von Seiten der kooperierenden Firma zweimal Rohstoffe zur chemischen Überprüfung geliefert. Da die eine Lieferung im März und die andere im August statt gefunden hatte, handelte es sich bei den Lieferungen mit großer Wahrscheinlichkeit um unterschiedliche Erntetermine. Bereits erwähnte Annahme wurde durch die chemische Analyse, die je nach Lieferdatum einen unterschiedlichen Mineralstoffgehalt im zu untersuch-

enden Getreide ergab, bestätigt (Tab. 28). Die Herstellung der neuen Produkte erfolgte ausschließlich mit Rohstoffen aus der zweiten Lieferung.

| Pro 100g | | <i>Mineralstoffe</i> | | | |
|---------------------|-------------|----------------------|---------|---------|---------|
| Rohstoff | Lieferdatum | Fe (mg) | Ca (mg) | Mg (mg) | Zn (mg) |
| Amaranthmehl | März | 6,0 | 89,6 | 165,1 | 2,8 |
| | August | 9,7 | 94,8 | 198,2 | 4,0 |
| Hafermehl | März | 3,5 | 45,1 | 111,9 | 3,3 |
| | August | 6,0 | 39,1 | 144,6 | 3,2 |
| Reismehl | März | 0,22 | 4,5 | 18,0 | 1,5 |
| | August | 0,28 | 8,1 | 23,3 | 2,6 |

Lieferdatum: März → Ernte 2004, August → Ernte 2005

Tab. 28: Saisonale Variation im Mineralstoffgehalt

4.2.2 Amaranth-Weizen Getreidebeikost (Rohprodukt)

Das Rohprodukt Amaranth-Weizen (A-W) ergibt sich durch Verarbeitung von 75% Weizengrieß und 25% Amaranthmehl. Zugewetzt wurden Thiamin, Riboflavin, Pyridoxin und Calcium (Tab. 23). Die analysierte Nährwertzusammensetzung des Rohprodukts ist der Tab. 27 zu entnehmen. Zum Vergleich der Mischung von Amaranth (25%) und Weizen (75%) mit reinem Weizengrieß (100%) werden im Handel erhältliche Beikostprodukte der Firma Himmeltau aus 100% Weizen (siehe Anhang) herangezogen.

100g des Rohprodukts Amaranth-Weizen liefern $389,4 \pm 1,4$ kcal im Vergleich zu den analysierten Beikostprodukten aus Weizengrieß (inklusive Feinster Weizengrieß) mit $377,9 \pm 13,3$ kcal. Durch den Zusatz von Amaranthmehl zu Weizengrieß im Verhältnis 25:75% ergibt sich ein höchst signifikant ($p < 0,001$) gesteigerter Brennwert des Mischprodukts A-W im Vergleich zum Feinsten Weizengrieß (Grieß ohne Zusatz).

Durch den Zusatz von 25% Amaranthmehl zum Weizengrieß steigt der Proteingehalt in der Getreidemischung ($11,5 \pm 0,5$ g) im Vergleich zu den Produkten Traubenzucker ($9,6 \pm 0,2$ g) und Feinster Weizengrieß ($10,0 \pm 0,4$ g) aus 100% Weizengrieß sowie im Vergleich zum Reisprodukt ($6,5 \pm 0,4$ g) höchst signifikant ($p < 0,001$) an.

Weizengrieß ist mit 0,8g/100g (Souci-Fachmann-Kraut, 2004) ein fettarmes Lebensmittel. Durch Zusatz von 25% Amaranth steigt der Fettgehalt im fertigen Mischrohprodukt um das 4fache an ($3,3 \pm 0,2$ g) pro 100g. Hinsichtlich der Fettsäurezusammensetzung verschiebt sich das prozentuale Verhältnis (GFS:MFS:PFS) von 25:11:64 (Rohprodukte auf Weizengrießbasis, tellerfertig) zu 25:26:49 (Rohprodukt

Amaranth-Weizen). Ein Zusatz von 25% Amaranthmehl (25:30:45) zu 75% Weizengrieß (21:9:70) führt jedoch im Vergleich zu 100% Weizengrieß zu einer Verschiebung des Fettsäuremusters durch einen höchst signifikanten ($p < 0,001$) Anstieg der einfach ungesättigten Fettsäuren (MFS) auf Kosten der Polyenfettsäuren (PFS), deren Status sich dadurch höchst signifikant ($p < 0,001$) erniedrigt (Abb. 21). Im Vergleich zu den neuen Beikostprodukten Reis (15%) und Hafer (44%) weist das Beikostprodukt A-W mit 49% PFS den höchsten Gehalt an PFS auf ($p < 0,001$).

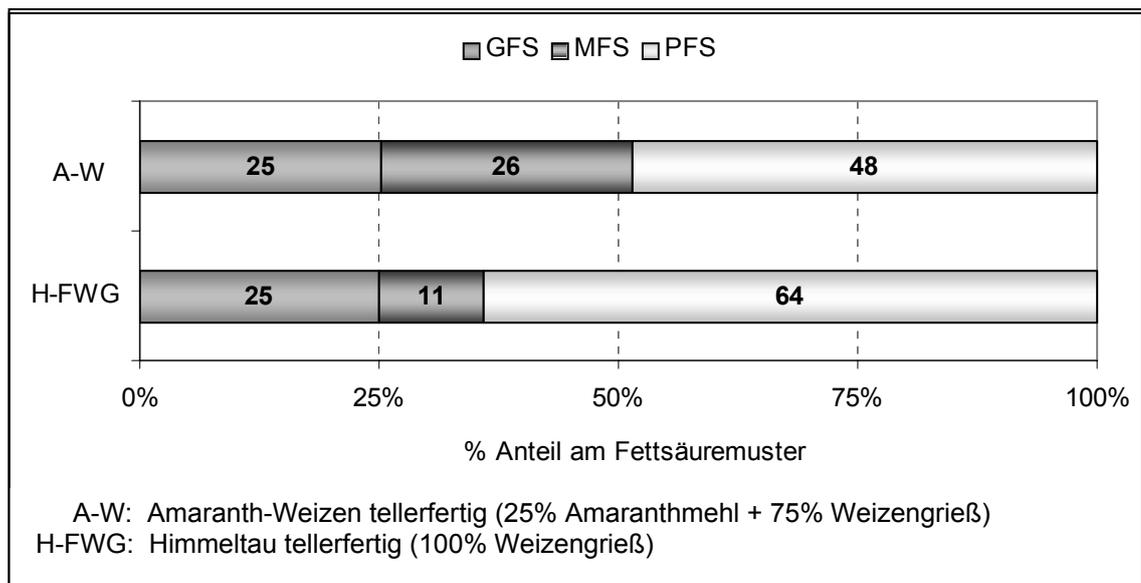


Abb. 21: Einfluss von 25% Amaranthmehl (A-W) auf das Fettsäuremuster (GFS-MFS-PFS) im Vergleich zu 100% Weizengrieß (H-WG)

Bezüglich der Kohlenhydrate sind in 100g Amaranth-Weizen Rohprodukt ($78,4 \pm 0,3g$) um nicht signifikante ($p > 0,05$) 0,7% mehr Kohlenhydrate enthalten als in selber Menge reinem Weizengrieß. Der Vergleich zu den tellerfertigen Rohprodukten (pro 100g) Reis ($85,4 \pm 0,2g$) und Hafer ($75,9 \pm 1,2g$) erweist sich als höchst signifikant ($p < 0,001$) unterschiedlich.

Die Analyse des Rohstoffs Amaranth ergab $21,4\mu g$ Thiamin/100g, die von Weizengrieß $53,5\mu g$ Thiamin/100g. Beide Werte liegen unter dem in der Nährwertabelle (Souci-Fachmann-Kraut, 2004) angegebenen Gehalt an Vitamin B₁ in Amaranthmehl ($800\mu g/100g$) und Weizengrieß ($120\mu g/100g$). Im Zuge der Produktion wurden alle neuen Produkte, so auch das Rohprodukt Amaranth-Weizen (25:75), mit $750\mu g$ Thiamin/100g angereichert. Aufgrund von Verlusten während der Produktion oder wegen des verminderten Nährstoffgehalts in den Rohstoffen enthält es entgegen

jeder theoretischen Berechnung nur $404,7 \pm 47,1 \mu\text{g}$ Vitamin B₁/100g Mischprodukt. Der Thiamingehalt des Amaranth-Weizen-Rohprodukts ist im Vergleich zum Rohprodukt Hafer höchst signifikant ($p > 0,001$) niedriger, im Vergleich zum Reis-Produkt hoch signifikant ($p < 0,05$) niedriger. Der Gehalt an Riboflavin und Pyridoxin in 100g Rohstoff Amaranthmehl ($36,1 \mu\text{g}$ B₂ und $259,6 \mu\text{g}$ B₆) und Weizengrieß ($4,3 \mu\text{g}$ B₂ und $7,8 \mu\text{g}$ B₆) liegt ebenfalls niedriger als von Souci-Fachmann-Kraut (2004) angegeben. 100g Beikostprodukt angereichert mit $500 \mu\text{g}$ Vitamin B₂ und -B₆ enthalten $455,6 \pm 16,3 \mu\text{g}$ Riboflavin und $503,5 \pm 24,5 \mu\text{g}$ Pyridoxin. Bezüglich Riboflavin ist der Gehalt in 100g A-W-Produkt höchst signifikant ($p < 0,001$) niedriger als in 100g Haferrohprodukt ($614,9 \pm 37,3 \mu\text{g}$)- und höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als in 100g unangereichertem Produkt auf Basis Weizengrieß ($13,9 \pm 1,1 \mu\text{g}$).

| $\mu\text{g}/100\text{g}$ (n=4) | | <i>Alpha</i> | | <i>Beta</i> | | <i>Gamma</i> | | <i>Delta</i> | |
|---------------------------------|------------------|--------------|------|-------------|-------|--------------|------|--------------|------|
| Rohprodukt | Acetat | Toc | Toc3 | Toc | Toc3 | Toc | Toc3 | Toc | Toc3 |
| <i>Amaranth-Weizen</i> | - | 10,5 | - | 89,3 | 98,5 | - | - | - | - |
| <i>Hafer</i> | - | 27,8 | 78,2 | 43,9 | 49,1 | - | - | - | - |
| <i>Reis</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Bienenhonig</i> | 100% Weizengrieß | - | - | - | 211,0 | - | - | - | - |
| <i>Vanille</i> | | - | - | - | 184,2 | - | - | - | - |
| <i>Traubenzucker</i> | | - | - | - | - | 131,5 | - | - | - |
| <i>Feinster Weizengrieß</i> | | - | 66,3 | 109,0 | 47,8 | 1608 | - | - | - |

Toc...Tocopherol, Toc3...Tocotrienol

Tab. 29: Mittels HPLC ermittelte Vitamin E Homologe in den einzelnen Rohprodukten

Weizengrieß ist keine gute Vitamin E Quelle, ist aber reich an Beta-Tocotrienol. Amaranth-Weizen (25:75) enthält $10,5 \pm 1,5 \mu\text{g}$ Alpha-Tocopherol, $89,3 \pm 8,1 \mu\text{g}$ Beta-Tocopherol und $98,47 \pm 12,67 \mu\text{g}$ Beta-Tocotrienol bzw. $51,1 \pm 2,8 \mu\text{g}$ TÄ pro 100g Rohprodukt. Höchst signifikant ($p < 0,001$) mehr TÄ als im Amaranth-Weizen Produkt finden sich im Rohprodukt Hafer ($71,5 \pm 8,5 \mu\text{g}$) und im Feinster Weizengrieß ($121,0 \pm 9,0 \mu\text{g}$) (Tab. 29).

Das Mischprodukt wurde mit $5 \mu\text{g}$ Vitamin D₃/100g angereichert. Die Analyse ergab pro 100g Rohprodukt einen Vitamin D₃ Gehalt von $4,8 \pm 0,1 \mu\text{g}$.

Amaranth ist eine exzellente Quelle für Mineralstoffe (Abb. 22+23). Pro 100g Mischprodukt Amaranth-Weizen bringt der Anteil von 25% Amaranth einen höchst signifikant ($p < 0,001$) erhöhten Gehalt an Eisen ($5,5 \pm 0,1 \text{mg}$), Magnesium ($69,9 \pm 1,8 \text{mg}$)

und Zink ($2,3 \pm 0,2 \text{ mg}$) im Vergleich zu den tellerfertigen Produkten Bienenhonig, Vanille und Traubenzucker auf Basis von Weizengrieß. Beim Rohprodukts A-W ist der Gehalt an Calcium ($244,6 \pm 4,1 \text{ mg}/100\text{g}$) verglichen zur untersuchten Weizengrießbeikost (100%) höchst signifikant ($p < 0,001$) höher. Dies ist auf natürlich enthaltenes Calcium ($88,0 \pm 0,6 \text{ mg}/100\text{g}$) der Getreidemischung A-W wie auf die erfolgte Anreicherung von $200 \text{ mg Ca}/100\text{g}$ A-W Beikostrohprodukt zurückzuführen. Im Vergleich zum Reisprodukt enthält das Beikostprodukt Amaranth-Weizen höchst signifikant ($p < 0,001$) mehr Eisen und Magnesium, hoch signifikant ($p < 0,01$) mehr Zink und signifikant ($p < 0,05$) mehr an Calcium pro 100g .

4.2.3 Hafer Getreidebeikost (Rohprodukt)

Das Rohprodukt Hafer besteht aus 100% Hafermehl. Zugesezt wurden die Nährstoffe Thiamin, Riboflavin, Pyridoxin, Calcium und Folsäure (Tab. 22) sowie Bienenhonig als Geschmacksstoff. Die analysierte Nährwertzusammensetzung des Rohprodukts ist der Tab. 27 zu entnehmen.

Das Rohprodukt Hafer liefert mit $392,0 \pm 3,6 \text{ kcal}/100\text{g}$ höchst signifikant ($p < 0,001$) mehr Energie als das Rohprodukt Reis, zu Amaranth-Weizen ($389,4 \pm 1,4 \text{ kcal}/100\text{g}$) besteht kein signifikanter Unterschied.

Laut Nährwerttabelle enthält 100% Hafermehl $13,8\text{g}$ Protein (Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Die Analysen des Rohstoffs Hafermehl ($11,6\text{g}/100\text{g}$) wie des Rohprodukts Hafer ($11,8 \pm 0,3\text{g}$) ergeben gleiche Gehalte an Protein für Rohstoff und verarbeitetes Produkt, beide liegen jedoch um 15% unter der Angabe von Souci Fachmann und Kraut. Statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) zeigt sich der Unterschied zwischen den Rohprodukten Hafer und Reis. Mit $11,8 \pm 0,3\text{g}$ enthält das Beikostrohprodukt Hafer von allen untersuchten Produkten den höchsten Gehalt an Protein pro 100g .

Hafer ist bekannt für seinen hohen Fettgehalt ($7,2\text{g}/100\text{g}$ Hafermehl) (Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Die Analyse des zur Produktion des Beikostprodukts Hafer eingesetzten Rohstoffs bestätigt mit $6,9\text{g}/100\text{g}$ die Angabe der Nährwerttabelle. Verarbeitet zum Rohprodukt Hafer sind $4,6 \pm 0,1\text{g Fett}/100\text{g}$ enthalten. Der hohe Gehalt an Fett im Hafer-Produkt im Vergleich zu den anderen zwei neuen Beikostprodukten erweist sich als höchst signifikant ($p < 0,001$). Mit einer Fettsäurezusammensetzung (GFS:MFS:PFS) von 20:36:44 zeichnet sich das Haferprodukt durch höchst signifikant ($p < 0,001$) weniger gesättigte Fettsäuren (GFS) aus als die anderen Beikostprodukte

Amaranth-Weizen (25%) und Reis (48%). Bezüglich der einfach ungesättigten Fettsäuren (MFS) enthält Hafer mit Ausnahme von Reis höchst signifikant ($p < 0,001$) mehr MFS als Amaranth-Weizen (26%). Der Anteil an Polyenfettsäuren (PFS) im Fettsäuremuster von 44% im Produkt ist höchst signifikant größer als im Reisprodukt (15%). Verglichen mit dem Amaranth-Weizenprodukt (48%) ist der Gehalt jedoch hoch signifikant niedriger ($p > 0,01$).

Das Haferprodukt enthält trotz Bienenhonigzusatz höchst signifikant weniger ($p < 0,001$) Kohlenhydrate ($75,9 \pm 1,2\text{g}$) pro 100g als die Produkte Amaranth-Weizen und Reis.

Der Rohstoff Hafermehl liefert mit $279,2\mu\text{g}$ Vitamin B₁/100g nur 50% der von den Nährwerttabellen angegebenen $560\mu\text{g}$ Thiamin/100g. Bedingt durch den Thiamingehalt im Rohstoff und der technologischen Anreicherung von $750\mu\text{g}$ Thiamin/100g Rohprodukt liefern 100g des Haferprodukts $1136 \pm 23\mu\text{g}$ Thiamin. Die Haferbeikost enthält im Vergleich zum Amaranth-Weizen ($404,7 \pm 47,1\mu\text{g}/100\text{g}$) höchst signifikant ($p < 0,001$) mehr Thiamin und signifikant mehr ($p < 0,05$) an Vitamin B₁ als das Reisprodukt ($781,9 \pm 9,4\mu\text{g}/100\text{g}$).

Hafermehl (100%) soll pro 100g natürlich $120\mu\text{g}$ Riboflavin und $200\mu\text{g}$ Pyridoxin enthalten (Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Der zur Produktion eingesetzte Rohstoff zeigt nach Analyse $30,2\mu\text{g}$ Vitamin B₂ und $137,8\mu\text{g}$ Vitamin B₆ in 100g Getreide. Nach Zusatz von je $500\mu\text{g}$ Riboflavin und Pyridoxin pro 100g Haferbeikost enthält das Rohprodukt Hafer $614,9 \pm 37,3\mu\text{g}$ Riboflavin und $766,84 \pm 20,36\mu\text{g}$ Pyridoxin. Somit enthält das Hafer Beikostprodukt höchst signifikant ($p < 0,001$) mehr an Riboflavin als die anderen in gleicher Konzentration angereicherten Produkte A-W ($455,6 \pm 16,3\mu\text{g}/100\text{g}$) und Reis ($465,0 \pm 12,8\mu\text{g}/100\text{g}$). Bedingt durch den Pyridoxingehalt im Rohstoff weist das Hafer-Produkt im Vergleich zum ebenfalls mit $445\mu\text{g}$ B₆/100g angereicherten Amaranth-Weizen ($503,5 \pm 24,5\mu\text{g}/100\text{g}$)- und Reis- ($462,7 \pm 35,1\mu\text{g}/100\text{g}$) Rohprodukt einen höchst signifikant ($p < 0,001$) höheren Gehalt an Vitamin B₆ auf. Dem Hafer Beikostprodukt wurde bei der Produktion als einziges auch $200\mu\text{g}$ Folsäure/100g zugesetzt. Die chemische Analyse zeigte pro 100g tellerfertiges Getreideprodukt $228,5 \pm 7,3\mu\text{g}$ Folsäure.

Der Gehalt an $71,5 \pm 8,5\mu\text{g}$ TÄ/100g Rohprodukt ist höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als im Amaranth-Weizen Produkt ($51,1 \pm 2,8\mu\text{g}$) jedoch höchst signifikant ($p < 0,001$) niedriger als im Feinsten Weizengrieß ($121,0 \pm 9,0\mu\text{g}$). Hafer enthält die Vitamin E Homologen Alpha Tocopherol und -Tocotrienol und Beta-Tocopherol und -Tocotrienol.

Mit Ausnahme von Alpha-Tocotrienol sind diese auch im Amaranth-Weizen Rohprodukt zu finden (Tab. 29).

Ein wesentlicher Grund für die Verwendung von Hafer in der Säuglingsernährung ist sein hoher Gehalt an Mineralstoffen (Abb. 22+23). 100g 100% Hafermehl enthalten laut Nährwerttabelle 4,2mg Eisen, 130mg Magnesium, und 55mg Calcium (Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Die Analyse der verwendeten Rohstoffe zeigte pro 100g 6,01mg Eisen, 144,6mg Magnesium, 39,1mg Calcium und 3,2mg Zink. Im Zuge der Produktentwicklung wurden 200mg Calcium/100g Rohprodukt angereichert. Das Beikostprodukt Hafer liefert effektiv pro 100g Flocke höchst signifikant ($p < 0,001$) mehr an Eisen ($11,5 \pm 0,8$ mg) und Magnesium ($77,5 \pm 0,7$ mg) als die anderen untersuchten Produkte unterschiedlicher Getreideart. Der Gehalt an Calcium ($247,1 \pm 1,5$ mg/100g) ist aufgrund des natürlichen Gehalts im Korn sowie der erfolgten Anreicherung im Vergleich zum Reis und Amaranth-Weizen Produkt am höchsten. Zink ist mit $2,9 \text{mg} \pm 0,6$ im Hafer-Produkt im Vergleich zum Reis- höchst signifikant ($p < 0,001$) und zum Amaranth-Weizen-Produkt signifikant ($p < 0,05$) reichlicher vorhanden.

4.2.4 Reis Getreidebeikost (Rohprodukt)

Das tellerfertige Rohprodukt Reis besteht aus 100% Reismehl. Zugewetzt sind die Nährstoffe Thiamin, Riboflavin, Pyridoxin und Calcium (Tab. 24) sowie Bienenhonig als Geschmacksstoff. Der Brei ist glutenfrei. Die analysierte Nährwertzusammensetzung des Rohprodukts ist der Tab. 27 zu entnehmen.

Das Rohprodukt Reis liefert mit $380,1 \pm 0,9$ kcal/100g im Vergleich zu allen untersuchten Rohprodukten am wenigsten Energie. Statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) weniger an Energie liefert er im Vergleich zu Amaranth-Weizen ($389,4 \pm 1,4$ kcal/100g) und Hafer ($392,0 \pm 3,6$ kcal/100g).

Reis enthält $6,5 \pm 0,4$ g Protein/100g Rohprodukt was identisch mit den Angaben aus der Nährwerttabelle für 100% Reismehl ist (Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Damit ist er statistisch höchst signifikant (0,001) ärmer an Protein als das Amaranth-Weizen- und Hafer-Produkt.

Die Analyse bezüglich des Fettgehalts in 100g Rohprodukt ergab $1,4 \pm 0,3$ g. Bezogen auf die Produkte Hafer ($4,6 \pm 0,01$ g) und Amaranth-Weizen ($3,3 \pm 0,2$ g) ist er höchst signifikant ($p < 0,001$) ärmer an Gesamtfett. Das Fettsäuremuster mit 48:37:15 (GFS:MFS:PFS) zeigt von allen untersuchten Beikostprodukten höchst signifikant

($p < 0,001$) den höchsten Gehalt an gesättigten Fettsäuren (GFS) und den geringsten Gehalt an Polyenfettsäuren (PFS).

Reis enthält im Vergleich zu allen anderen untersuchten Produkten den größten Anteil an Kohlenhydraten ($85,4 \pm 0,2 \text{g}/100\text{g}$). In 100g Beikostprodukt der Getreidesorte Reis sind höchst signifikant ($p < 0,001$) mehr Kohlenhydrate enthalten als in den Produkten Hafer ($75,9 \pm 1,2 \text{g}$) und Amaranth-Weizen ($78,4 \pm 0,3 \text{g}$).

Die EG Richtlinie über Beikost (EG Richtlinie, 2006a) wird in der für Österreich geltenden Beikostverordnung (BGBl, 2006) umgesetzt und schreibt mindestens $100 \mu\text{g}$ Vitamin B_1 /100kcal verzehrfertigen Brei vor. Um dieser gerecht zu werden wird das Reis-Rohprodukt mit $750 \mu\text{g}$ Vitamin B_1 /100g angereichert. Das Produkt enthält effektiv $781,9 \pm 9,4 \mu\text{g}$ Vitamin B_1 /100g. Die Unterschiede zum Vitamin B_1 Gehalt in den Produkten Amaranth-Weizen ($404,7 \pm 47,1 \mu\text{g}/100\text{g}$) und Hafer ($1135,9 \pm 22,9 \mu\text{g}/100\text{g}$) sind signifikant ($p < 0,05$). Ausgehend von $30 \mu\text{g}$ Riboflavin/100g und $200 \mu\text{g}$ Pyridoxin/100g (Souci-Fachmann-Kraut, 2004) liefert der zur Produktion verwendete Rohstoff jedoch nur 1/6 an Riboflavin und 1/13 an Pyridoxin. Bei einer Anreicherung von $500 \mu\text{g}$ Riboflavin und Pyridoxin pro 100g Rohprodukt enthält das Beikostprodukt $465,0 \pm 12,8 \mu\text{g}$ Vitamin B_2 und $462,7 \pm 35,1 \mu\text{g}$ Pyridoxin. Der Vitamin B_2 Gehalt im Reisprodukt ist höchst signifikant ($p < 0,001$) niedriger als im Haferprodukt ($614,9 \pm 37,3 \mu\text{g}/100\text{g}$). Im Vergleich zum Haferprodukt ($766,8 \pm 20,4 \mu\text{g}/100\text{g}$) enthält das Rohprodukt Reis höchst signifikant ($p < 0,001$) weniger an Pyridoxin.

Reismehl stellt verglichen mit Hafermehl und Amaranthmehl eine schlechtere Mineralstoffquelle dar (Abb. 25). Im Beikostprodukt Reis ist im Vergleich zu Amaranth-Weizen und Hafer höchst signifikant ($p < 0,001$) weniger Eisen ($1,25 \pm 0,04 \text{mg}/100\text{g}$) und Magnesium ($32,6 \pm 2,8 \text{mg}/100\text{g}$) enthalten. Der Zinkgehalt ($1,53 \pm 0,2 \text{mg}/100\text{g}$) zeigt sich höchst signifikant ($p < 0,001$) niedriger als im Haferprodukt und hoch signifikant ($p < 0,01$) geringer als im Amaranth-Weizen Produkt. Bezüglich Calcium ist im Amaranth-Weizen signifikant ($p < 0,05$) mehr von diesem Mineralstoff enthalten als im Reisprodukt.

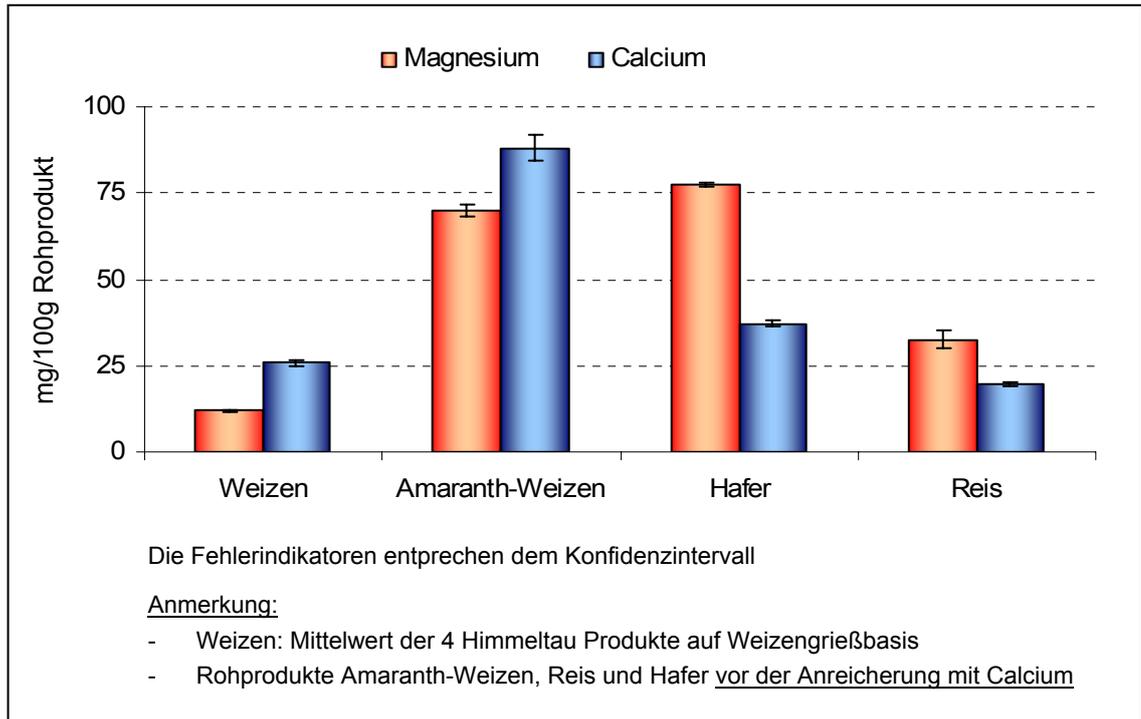


Abb. 22: Analytisch ermittelte Gehalte an Magnesium- und Calcium (mg/100g) in den Rohprodukten

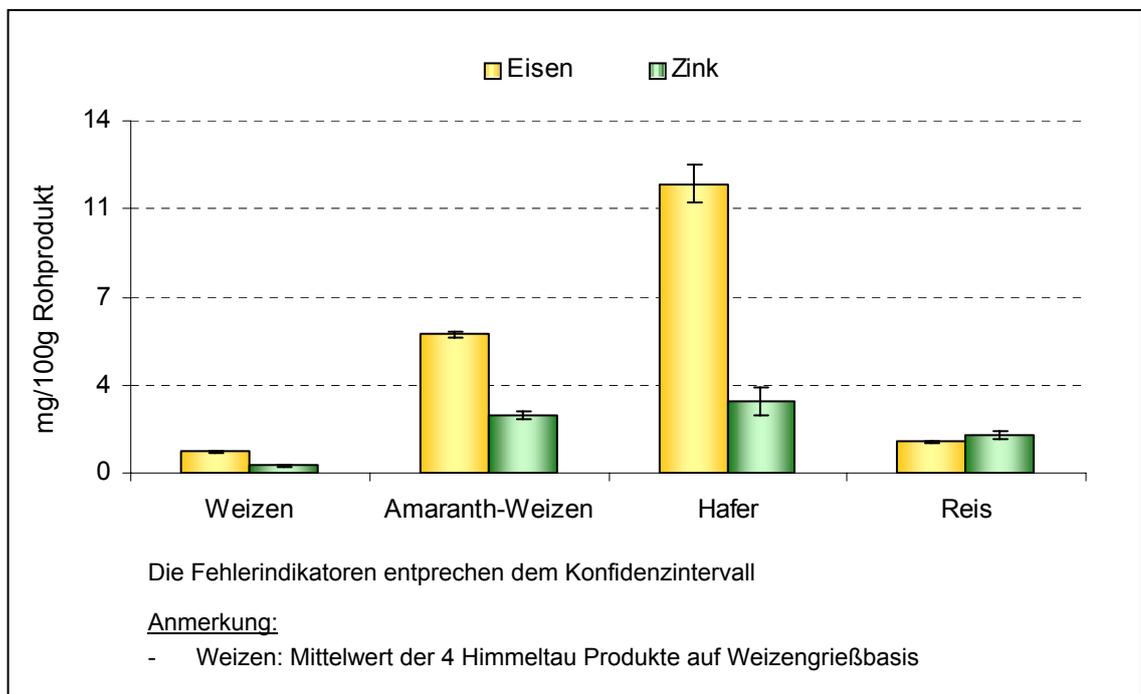


Abb. 23: Analytisch ermittelte Gehalte an Eisen und Zink (mg/100g) in den Rohprodukten

4.3 Verzehrfertige Milch-Getreide-Beikost im Blickwinkel von *Wissenschaft und Gesetz*

4.3.1 Makronährstoffe

| Nährstoffe | Getreidebeikost (n=4) gekocht mit Vollmilch (pro 100g) | | |
|--------------------------------|--|---------------|-----------------|
| | Reis | Hafer | Amaranth-Weizen |
| Energie (kcal) ¹ | 102,58 ± 1,39 | 102,54 ± 0,73 | 99,98 ± 1,55 |
| Protein (g) | 4,02 ± 0,13 | 4,70 ± 0,07 | 4,61 ± 0,11 |
| Fett (g) | 3,42 ± 0,04 | 3,94 ± 0,09 | 3,54 ± 0,06 |
| Kohlenhydrate (g) ² | 13,94 ± 0,46 | 12,08 ± 0,23 | 12,42 ± 0,30 |
| Wasser (g) | 77,94 ± 0,31 | 78,63 ± 0,11 | 78,76 ± 0,35 |
| Portionsgröße (g) | 214 | 217 | 213 |

¹ physiologischer Brennwert, ² Gesamtkohlenhydrate

Anhang: Nährstoffprofil der 4 Himmeltau Weizengrießprodukte

Tab. 30: Analyierte Hauptnährstoffe in den mit Vollmilch zubereiteten Beikostprodukten

| Nährstoffe | Getreidebeikost (n=4) gekocht mit 1/3 Folgemilch pro 100g | | |
|--------------------------------|---|--------------|-----------------|
| | Reis | Hafer | Amaranth-Weizen |
| Energie (kcal) ¹ | 59,01 ± 0,64 | 59,24 ± 0,12 | 58,19 ± 0,13 |
| Protein (g) | 1,18 ± 0,04 | 1,71 ± 0,06 | 1,69 ± 0,04 |
| Fett (g) | 1,48 ± 0,12 | 1,80 ± 0,08 | 1,60 ± 0,02 |
| Kohlenhydrate (g) ² | 10,25 ± 0,14 | 9,06 ± 0,08 | 9,26 ± 0,05 |
| Wasser (g) | 86,86 ± 0,14 | 87,13 ± 0,02 | 87,18 ± 0,03 |
| Portionsgröße (g) | 228 | 232 | 230 |

¹ physiologischer Brennwert, ² Gesamtkohlenhydrate

Anhang: Nährstoffprofil der 4 Himmeltau Weizengrießprodukte

Tab. 31: Analyierte Hauptnährstoffe in den mit 1/3 Folgemilch zubereiteten Beikostprodukten

4.3.1.1 Energie & Energiedichte

Die Energiedichte ist definiert als Energiegehalt (in kcal oder kJ) pro Gewichtseinheit (in g, 100g oder kg) (Erbersdobler, 2005). Sie wird wesentlich vom Fett- und Wassergehalt eines Lebensmittels bestimmt. Lebensmittel mit Wassergehalt über 80% zeigen gewöhnlich eine Energiedichte unter 80kcal.

Lebensmittel, in denen Kohlenhydrate den Hauptanteil des Energiegehalts ausmachen, können bei hohem Wassergehalt (z.B. Milchbrei) eine niedrige Energiedichte bzw. bei

niedrigem Wassergehalt (z.B. Rohprodukt) eine hohe Energiedichte aufweisen (Przyrembel, 2006). Dies sei am Beispiel des Produktes Amaranth-Weizen verdeutlicht (Tab. 32).

| Pro 100g | <i>Amaranth-Weizen Beikostprodukt</i> | | |
|---------------------|---------------------------------------|---------------|--------------------|
| | Rohprodukt | Vollmilchbrei | 1/3 Folgemilchbrei |
| Energiegehalt(kcal) | 548 | 115 | 67 |
| Wassergehalt (g) | 5,6 | 79 | 87 |
| Fettgehalt (E%) | 7,6 | 31,9 | 24,7 |
| Proteingehalt (E%) | 11,8 | 18,4 | 11,6 |
| Kohlenhydrate (E%) | 80,5 | 49,7 | 63,7 |

Ein Milch-Getreide-Brei enthält 20g vom Rohprodukt

Tab. 32: Zusammenhang von Energiedichte und Fett- und Wassergehalt in kohlenhydrathaltigen Lebensmitteln am Bsp. des Amaranth-Weizen Beikostprodukts

Der Energiegehalt einer Mahlzeit kann entweder über die quantitativ zugeführte Menge oder über die Energiedichte der Nahrung geregelt werden. Die Nahrungsmenge, die ein Säugling pro Mahlzeit aufnehmen kann, ist limitiert. Daher ist eine hohe Nährstoffdichte der Nahrung entscheidend, um den gesteigerten Nährstoffbedarf im Säuglingsalter zu decken (Capdevila et al., 1998). Die untersuchten Getreideflocken mit Vollmilch zubereitet zeigen aufgrund des höheren Fett- aber geringeren Wassergehalts einen 1,4-2,1 fach höheren Energiegehalt (kcal/100g) als die Zubereitung mit verdünnter Folgemilch. Der Energiegehalt bzw. die Energiedichte aller untersuchten Beikostprodukte ist in (Tab. 30+31) im Detail angegeben.

4.3.1.2 Protein

Der Proteinbedarf eines 6 Monate alten Säuglings ist aufgrund des erhöhten Bedarfs für Wachstum und Entwicklung um 75% höher als der eines Erwachsenen. Mit dem Beikostalter steigt die Proteinaufnahme von 1g/kg/KG/Tag (Muttermilch) auf beachtliche 3-4g/kg/KG/Tag an, obwohl sich im Laufe der ersten zwei Lebensjahre die Wachstumsrate wieder verlangsamt und sich dadurch der Proteinbedarf verringert (<20% des Erwachsenenbedarfs) (Axelsson, 2006; Garlick, 2006).

Der Vollmilch-Getreide-Brei fungiert im Speziellen als wichtiger Protein- und Calcium-Lieferant für den Säugling (Kersting, 2001).

Vollmilch-Brei

Den Hauptanteil an Protein im Brei liefert die Vollmilch mit 3,3g Protein/100g (5,1g/100kcal) (Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Die D-A-CH Gesellschaften empfehlen eine Proteinzufuhr von 10g/Tag wodurch die Deckung des Bedarfs an essentiellen Aminosäuren gewährleistet werden soll (D-A-CH, 2008). Die Bedarfsdeckung anderer Nährstoffe erfordert oft proteinreiche Lebensmittel wie Milch (Calcium, Zink), Fleisch (Eisen, Zink) und Vollkornprodukte (Spurenelemente, Vitamine). Bei Fütterung einer ausgewogenen gemischten Kost wird dadurch die Zufuhrempfehlung für Protein bereits im 2. Lebenshalbjahr überschritten (Kersting et al., 1995). Bezogen auf die *Gesamt-tagesenergiezufuhr* wird ein Proteinanteil von 14E% als akzeptabel angesehen (Agostoni et al., 2006; Alexy, 2007).

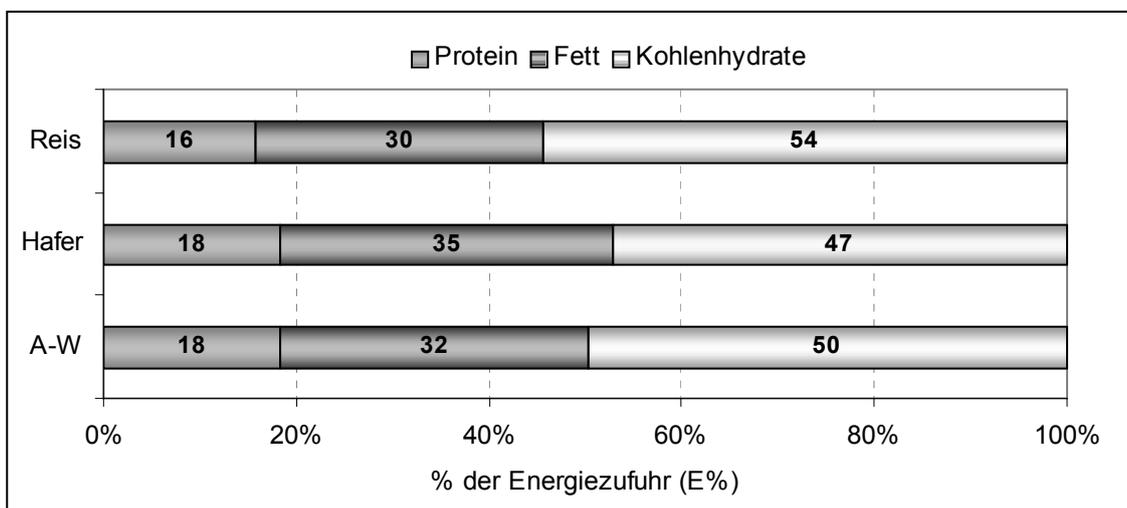


Abb. 24: Prozentanteil an Protein, Fett und Kohlenhydraten bezogen auf die Energiezufuhr durch die untersuchten Vollmilchbreie

Der zur Analyse stehende mit Vollmilch zubereitete Getreidebrei Amaranth-Weizen (25:75) hat einen Proteingehalt von $9,5 \pm 0,2$ g/Portion (18E%), der Haferbrei $9,6 \pm 0,1$ g/Portion (18E%) und der Reisbrei $8,3 \pm 0,2$ g/Portion (16E%). Beim Hafer- und Amaranth-Weizen-Brei stammen 25%, beim Reis 15% des Proteins vom Getreide selbst (Abb. 24). Mit einer Portion Vollmilchbrei der Sorte Amaranth-Weizen und Hafer werden über 90%, mit Reis über 80% der täglichen Zufuhrempfehlung von 10g Protein/Tag (D-A-CH, 2008) abgedeckt. (Abb. 26). Laut FKE soll ein Vollmilch-Getreide-Brei zu 37% den kindlichen Bedarf an Protein abdecken. Ein (selbst zubereiteter) Vollmilch-Brei liefert dabei 18E% an Protein (Alexy und Kersting, 1999). Bei einem Tagesbedarf von 10g Protein (D-A-CH, 2008) wären das 3,7g Protein-Aufnahme pro Vollmilch-Getreide-Brei. Während die untersuchten Vollmilchbreie die geforderten

Energieprozent (E%) erfüllen, wird die Proteinaufnahme pro Breiportion um mehr als den 2fachen Wert überschritten.

Die potentielle renale Molenlast der Kuhmilch ist mit 46mosm/100kcal mehr als dreimal so hoch wie bei Muttermilch. Eine Einführung weiterer milchhaltiger Beikost wird daher nicht empfohlen (DGKJ, 2002/2003).

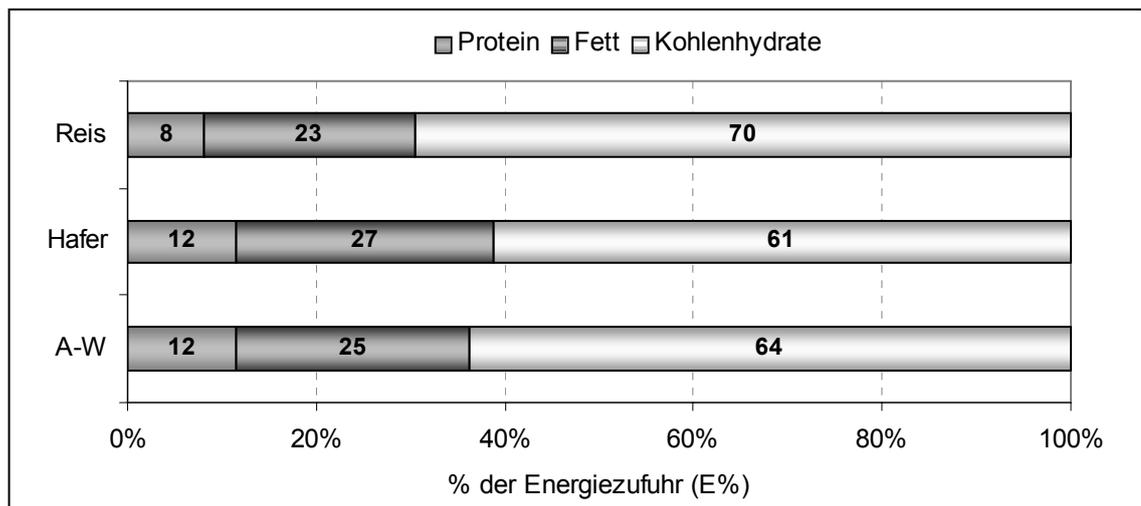


Abb. 25: Prozentanteil an Protein, Fett und Kohlenhydraten bezogen auf die Energiezufuhr durch die untersuchten Folgemilchbreie

Folgemilch-Brei

Bei Zubereitung mit 1/3 Folgemilch sinkt der Proteingehalt um mehr als 50% im Vergleich zur Vollmilchzubereitung. Amaranth-Weizen- und Hafer-Brei liefern je $3,9 \pm 0,1$ g Protein/Portion (12E%), der Reis-Brei $2,7 \pm 0,1$ g Protein/Portion (8E%). Es werden hiermit 39% bzw. 27% der Empfehlung für ein 4-12 Monate altes Kind abgedeckt (Abb. 25). Das FKE empfiehlt eine Proteinaufnahme von 3,7g pro Breimahlzeit. Sowohl Amaranth-Weizen- wie auch Hafer-Brei entsprechen dieser Empfehlung zu 105% während der Reisbrei um 27% zu wenig an Protein liefert. Bezüglich der Energiezufuhr liegen, bedingt durch die verdünnte Folgemilch, alle Beikostprodukte unter 18E% Protein zugunsten der Kohlenhydrate (Abb. 25).

Die *Soll-Nährstoffdichte* für Säuglinge im Beikostalter beträgt 1,4g Protein/100kcal.

Somit sind selbst die 1/3 Folgemilchbreie noch exzellente Proteinlieferanten (Tab. 33).

| Breiart: | Protein g/100kcal | | % der Energie (E%) | |
|-----------------|-------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | Vollmilch | 1/3 Folgemilch | Vollmilch | 1/3 Folgemilch |
| Amaranth-Weizen | 4,61 ± 0,11 | 2,90 ± 0,08 | 18,4 | 11,6 |
| Hafer | 4,58 ± 0,06 | 2,89 ± 0,10 | 18,3 | 11,5 |
| Reis | 3,92 ± 0,13 | 2,01 ± 0,06 | 15,7 | 8,0 |

Tab. 33: Proteingehalt und Prozentsatz der Proteine an der Energiezufuhr in der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch

4.3.1.3 Fett

Säuglinge haben aufgrund ihrer raschen Körperentwicklung einen hohen Energiebedarf, wodurch die Nahrungsfettzufuhr als wichtigste Energiequelle das Wachstum beeinflussen kann (Koletzko et al., 2001). Muttermilch selbst enthält ca. 50E% Fett (Masaracchia, 2007). Das ESPGHAN Committee spricht sich deutlich gegen eine Fettreduktion im Säuglingsalter und für einen Fettgehalt von über 25E% aus, da Fett in der Beikost ein wesentlicher Beitrag zur Energiedichte ist (ESPGHAN, 2008). Unter Berücksichtigung des Mahlzeitensystems des FKE nimmt ein Säugling im Beikostalter pro Tag 39E% an Fett zu sich. Ein Vollmilch-Getreide-Brei liefert dabei 18E% an Fett (Kersting et al., 2003). Klar unerwünscht ist Beikost als Flaschennahrung mit einer Energiedichte von nahe 1kcal/ml (DGKJ, 2007; ESPGHAN, 2008), da dies leicht zu Überfütterung und einem erhöhten Risiko an Übergewicht in der Kindheit führt (Baird et al., 2005; Monteiro und Victora, 2005; Ong und Loos, 2006).

Die EG-Richtlinie begrenzt den Fettgehalt in einfacher Getreidebeikost auf maximal 3,3g/100kcal bzw. 30E% (EG Richtlinie, 2006a). Auf den Packungen von Getreideprodukten finden sich deshalb jetzt Rezepte mit verdünnter oder teilentrahmter Milch (Kersting, 2000). Von dem FKE wird jedoch nach wie vor der selbst zubereitete Vollmilch-Getreide-Brei mit einem Fettanteil von bis zu 37E% empfohlen, da der Bedarf an Fett im 1. Lebensjahr besonders hoch ist (Alexy und Kersting, 1999).

Vollmilch-Brei

Nur der Vollmilch-Reis-Brei (7,5±0,1gFett/Portion) entspricht mit 3,3g/100kcal (30E%) den gesetzlichen Forderungen zum Fettgehalt in einfacher Getreidebeikost (Tab. 34).

Mit einem Fettgehalt von 8,5±0,2g/Portion liefert der Hafer-Brei 35E%. Der Amaranth-Weizen-Brei hat pro Portion 7,7±0,1g Fett (32E%). Beide entsprechen dadurch zwar nicht den Forderungen der EG-Richtlinie von maximal 30E%, werden aber aus

ernährungsphysiologischer Sicht von dem FKE trotzdem empfohlen. Eine Portion Amaranth-Weizen-Brei liefert im Mittel 23%, ein Hafer-Brei 25% und ein Reis-Brei 22% der maximal empfohlen Tagesfettzufuhr nach D-A-CH (Abb. 26).

| Breiart: | Fett g/100kcal | | % der Energie (E%) | |
|-----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|
| | Vollmilch | 1/3 Folgemilch | Vollmilch | 1/3 Folgemilch |
| Amaranth-Weizen | 3,54 ± 0,06 | 2,75 ± 0,03 | 31,9 | 24,7 |
| Hafer | 3,84 ± 0,09 | 3,03 ± 0,14 | 34,6 | 27,3 |
| Reis | 3,33 ± 0,03 | 2,50 ± 0,20 | 30,0 | 22,5 |

Tab. 34: Fettgehalt und Prozentsatz des Fettes an der Energiezufuhr in der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch

Folgemilch-Brei

Bei der Zubereitung mit 1/3 Folgemilch liefert der Amaranth-Weizen-Brei 3,7±0,01g Fett/Portion (25E%) der Reis-Brei 3,4±0,3g Fett/Portion (23E%), gefolgt vom Hafer mit 4,2±0,3g Fett/Portion (27E%) (Abb. 25). Keiner der untersuchten Breie überschreitet 2,7g/100kcal (Tab. 34). Alle verzehrsfertigen Breie liegen unterhalb der durch die EG-Richtlinie maximal zugelassenen 30E% Fett pro Getreidebeikostmahlzeit. Pro Portion Amaranth-Weizen-Brei werden 11%, pro Hafer-Brei 12% und pro Reis-Brei 10% der maximalen Tagesfettzufuhr nach D-A-CH geliefert (Abb. 27).

4.3.1.3.1 Fettsäuremuster

Die Beikostverordnung regelt den Höchstgehalt an Myristin-, Laurin- und Linolsäure von mit „proteinreichen Lebensmittel“ (z.B. Milch) versetzter Getreidebeikost, die von der Mutter nur mehr mit eiweißfreier Flüssigkeit (z.B. Wasser) zubereitet wird, gibt aber keine Empfehlung für das Fettsäuremuster. Für einfache Getreidebeikost wie die analysierten Produkte gibt es diesbezüglich überhaupt keine Richtlinien (BGBl, 1999).

Vollmilch-Brei

Vollmilch (3,5%) ist reich an den gesättigten Fettsäuren (GFS) Palmitinsäure (880mg/100g), Stearinsäure (380mg/100g) und der einfach ungesättigten (MFS) Ölsäure (865mg/100g). Mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PFS) wie Linolsäure (60mg/100g) und α -Linolensäure (30mg/100g) sind eher marginal vorhanden (Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Unabhängig von der Getreidesorte zeigen alle untersuchten Vollmilch-Breie mit durchschnittlichen 68% GFS, 28% MFS und 4% PFS eine sehr ähnliche Fettsäurezusammensetzung (Tab. 35). Vorherrschend unter den SFA sind Palmitin- (56,3±0,6%), Myristin- (19,2±0,03%) und Stearinsäure (15,7±0,3%). Bei den

MFS zeigen sich Ölsäure (74,8±1,4%) und Elaidinsäure (7,5±1,0%) als Hauptfraktion und bei den PFS die Linolsäure (64,6±6,9%) und α-Linolensäure (17,7±3,1%). Letztere zwei Fettsäuren sind essentiell und müssen mit der Nahrung zugeführt werden.

| Vollmilchbrei (n=4) | GFS (%) | MFS (%) | PFS (%) | Quotient P/S | Quotient n6 : n3 | Fett (g/100g) |
|------------------------------------|----------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| <i>Amaranth-Weizen</i> | 68,12 | 28,52 | 3,97 | 0,06 | 3,8 : 1 | 3,5 |
| <i>Hafer</i> | 67,16 | 27,88 | 4,95 | 0,07 | 4,8 : 1 | 3,9 |
| <i>Reis</i> | 68,84 | 27,85 | 3,31 | 0,05 | 2,7 : 1 | 3,4 |
| GFS...gesättigte Fettsäuren (SAFA) | | | P/S...PFS/GFS | | | |
| MFS...Monoenfettsäuren (MUFA) | | | n6/n3...Linolsäure/α-Linolensäure | | | |
| PFS...Polyenfettsäuren (PUFA) | | | Fett...Gesamtfett (Kapitel 4.3.1.3) | | | |

Tab. 35: Mittelwerte des analysierten Fettsäuremusters im Vollmilchbrei

Die Bedeutung der Relationsangabe von GFS, MFS und PFS bei Nahrungsfetten besteht in der blutgerinnungshemmenden und immunmodulierenden Wirkung der Vertreter der n3-Familie. Für Säuglinge im Alter von 4. bis <12. Lebensmonat wird in der Nahrung ein Verhältnis von Linolsäure:α-Linolensäure mit 7:1 empfohlen (D-A-CH, 2008; Elmadfa und Leitzmann, 2004).

Der P/S Quotient der untersuchten Vollmilchbreie variiert zwischen 0,05 und 0,07. Die Ratio Linolsäure:α-Linolensäure liegt mit Ausnahme von Hafer (4,8:1) und Reis (2,7:1) bei dem Amaranth-Weizen im Durchschnitt bei 3,5:1 und liefert hiermit ein besseres n6:n3 Verhältnis als das von der D-A-CH empfohlenen Ratio von 7:1. Ein Amaranth-zusatz von 25% (Amaranth-Weizen-Mischprodukt) zeigt im Vergleich mit der Vollmilchzubereitung des Himmeltau Feinster Weizengrieß (69% GFS, 28% MFS, 4% PFS) keine Veränderung im Fettsäuremuster.

Folgemilch-Brei

100ml zubereitete Humana Folgemilch 2 enthalten 1,8g GFS, 1,2g MFS und 0,6g PFS. Zur Zubereitung eines Folgemilchbreis wurde diese Milch mit 2 Teilen Wasser verdünnt. Wie bei den mit Vollmilch gekochten Breien ist die Zusammensetzung der Fettsäuren trotz unterschiedlicher Getreidesorten (Hafer, Reis, Amaranth-Weizen) im Durchschnitt sehr ähnlich (42% GFS, 38% MFS, 21% PFS) (Tab. 36). Prozentual kommt es zu einer Abnahme der GFS zugunsten der MFS. Innerhalb der GFS sind Palmitinsäure (62,9±1,7%), Laurinsäure (14,3±2,6%), Myristinsäure (10,6±0,2%) und Stearinsäure (10,1±1,0%) prozentual am häufigsten vertreten. Bei den MFS sind die

Ölsäure ($95,9 \pm 1,0\%$) und Vaccensäure ($2,6 \pm 0,4\%$), bei den PFS die Linolsäure ($90,8 \pm 1,2\%$) und α -Linolensäure ($8,6 \pm 1,2\%$) die vorherrschenden Fettsäuren.

| Folgemilchbrei (n=4) | GFS (%) | MFS (%) | PFS (%) | Quotient P/S | Quotient n6 : n3 | Fett (g/100g) |
|------------------------------------|---------|---------|--|--------------|------------------|---------------|
| <i>Amaranth-Weizen</i> | 42,10 | 37,35 | 20,55 | 0,49 | 11,5 : 1 | 1,6 |
| <i>Hafer</i> | 40,90 | 37,37 | 21,73 | 0,53 | 11,8 : 1 | 1,8 |
| <i>Reis</i> | 41,46 | 38,34 | 20,19 | 0,49 | 9,3 : 1 | 1,5 |
| GFS...gesättigte Fettsäuren (SAFA) | | | P/S...PFS/GFS | | | |
| MFS...Monoenfettsäuren (MUFA) | | | n6/n3...Linolsäure/ α -Linolensäure | | | |
| PFS...Polyenfettsäuren (PUFA) | | | Fett...Gesamtfett (Kapitel 4.3.1.3) | | | |

Tab. 36: Mittelwerte des analysierten Fettsäuremusters im 1/3 Folgemilchbrei

Der P/S- Quotient (PFS/GFS) variiert bei den 1/3 Folgemilchbreien zwischen 0,49 und 0,53 und zeigt keine getreidespezifischen Unterschiede. Die Ratio Linolsäure: α -Linolensäure zeigt bei den Hafer- und Amaranth-Weizen-Produkten einen Quotienten von durchschnittlich 11,7:1. Das Reisprodukt liegt mit 9,3:1 der von den D-A-CH Gesellschaften gewünschten Ratio von 7:1 (D-A-CH, 2008) am nächsten. Traditionelle Formulanahrungen auf Kuhmilchbasis werden unter Zusatz von Pflanzenölen hergestellt (Koletzko und Rodriguez-Palermo, 1999), deshalb enthalten die mit Folgemilch gekochten Breie einen höheren Gehalt an PFS und zirka das Doppelte an Linolsäure im Vergleich mit den Vollmilch zubereiteten Breien.

4.3.1.4 Kohlenhydrate

Bei einfacher Getreide-Beikost wird ein Zuckerzusatz von bis zu 30% des Energiegehaltes zugelassen (EG Richtlinie, 2006a). Den Beikostprodukten der Getreidesorten Hafer und Reis wurde Honig als Süßungsmittel zugesetzt. Jedoch besteht bei Zusatz von alternativen Süßungsmittel verglichen mit raffiniertem Haushaltszucker kein ernährungsphysiologischer Vorteil. Die enthaltene Menge positiver Nährstoffe bleibt im Honig angesichts der zugeführten Energiemenge unbedeutend (Alexy und Kersting, 1999). In den Referenzwerten für die Nährstoffzufuhr (D-A-CH, 2008) empfehlen ernährungswissenschaftliche Gesellschaften eine Kohlenhydratzufuhr von mehr als 50% bezogen auf die Gesamtenergieaufnahme. Als Kohlenhydratquelle werden stärke- und ballaststoffhaltige Lebensmittel (Bsp. Getreidebeikost) empfohlen, die gleichzeitig auch essentielle (Mikro)-nährstoffe liefern (Przyrembel, 2006).

Vollmilch-Brei

Der analysierte Vollmilch-Reis-Brei enthält mit $28,6 \pm 1,2$ g KH/Portion (54E%) den höchsten Kohlenhydratanteil, gefolgt von Amaranth-Weizen mit $25,6 \pm 0,4$ g KH/Portion (50E%) und Hafer mit $24,8 \pm 0,5$ g KH/Portion (47E%) (Abb. 24). Die D-A-CH empfiehlt mindestens 50% der Gesamtenergie über Kohlenhydrate zuzuführen. Eine Vollmilch-Breimahlzeit liefert im Durchschnitt 50E% und deckt 32% der Tageszufuhrempfehlung ab (Abb. 26).

Folgemilch-Brei

Durch die Zubereitung mit 1/3 Folgemilch sinkt der Kohlenhydratanteil im Vergleich zur Vollmilchzubereitung. Durch die Aufnahme einer Portion Amaranth-Weizen-Brei mit $21,2 \pm 0,1$ g KH (64E%) oder Hafer-Brei mit $20,6 \pm 0,2$ g KH (61E%) (Abb. 25) werden durchschnittlich 25% der Mindest-Tageszufuhrempfehlung an Kohlenhydraten gedeckt. Eine Portion Reis-Brei mit $23,3 \pm 0,2$ g KH/Portion (70E%) liefert 28% der Empfehlung (Abb. 27).

| Breiart: | Kohlenhydrate g/100kcal | | % der Energie (E%) | |
|-----------------|-------------------------|------------------|--------------------|----------------|
| | Vollmilch | 1/3 Folgemilch | Vollmilch | 1/3 Folgemilch |
| Amaranth-Weizen | $12,42 \pm 0,30$ | $15,91 \pm 0,08$ | 49,7 | 63,7 |
| Hafer | $11,78 \pm 0,23$ | $15,29 \pm 0,14$ | 47,1 | 61,1 |
| Reis | $13,59 \pm 0,45$ | $17,37 \pm 0,24$ | 54,3 | 69,5 |

Tab. 37: Kohlenhydratdichte und Prozentsatz der Kohlenhydrate an der Energiezufuhr in der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch

Bei allen Produkten ist der Prozentsatz der Kohlenhydrate (%) an der Gesamtenergie höher als von dem FKE für einen Vollmilch-Getreide-Brei empfohlen (45E%) (Abb. 24). Die 1/3 Folgemilchzubereitung zeigt im Vergleich zu den mit Vollmilch zubereiteten Produkten eine höhere Dichte an Kohlenhydraten im Brei (Tab. 37).

Bei der Annahme von 50% der Gesamtenergie an Kohlenhydraten beträgt die *Soll-Nährstoffdichte* $11,9$ g KH/100kcal. Alle untersuchten Breie stellen für den Säugling kohlenhydratdichte Lebensmittel dar (Tab. 37).

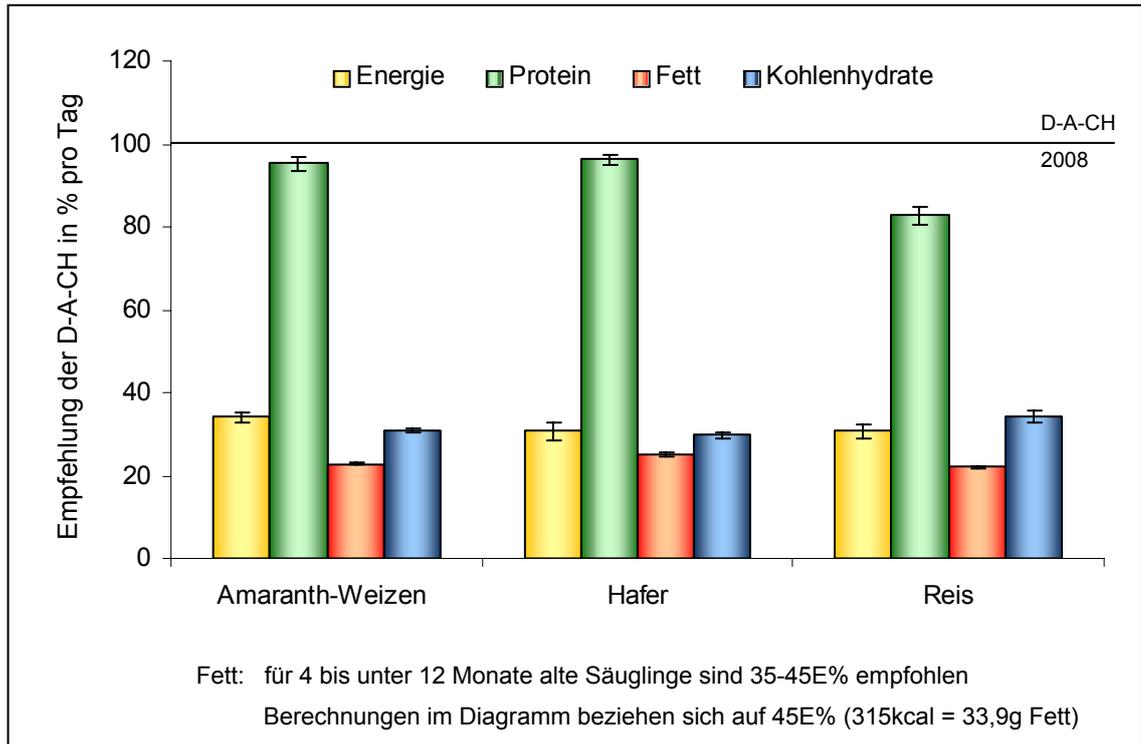


Abb. 26: Zufuhr an Hauptnährstoffen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Vollmilch-Brei (n=4) im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%) pro Tag

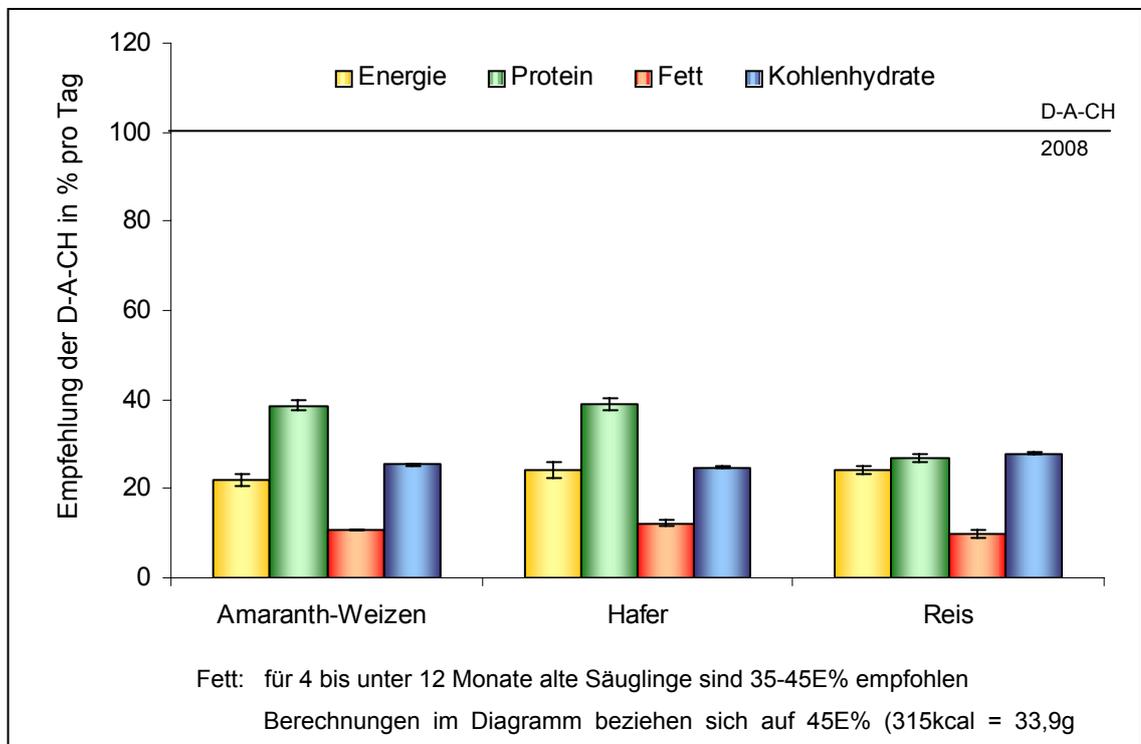


Abb. 27: Zufuhr an Hauptnährstoffen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Folgemilch-Brei (n=4) im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%) pro Tag

Resümee (Protein, Fett und Kohlenhydrate)

Während der Vollmilch-Brei eine gute Proteinquelle ist, liegt die Folgemilchzubereitung des Reisprodukts unterhalb der geforderten 3g Protein/100kcal (30E%) (EG Richtlinie, 2006a). Bezogen auf die Gesamtenergie ist im Folgemilchbrei auch der Proteinanteil (E%) niedriger (Tab. 33). Die vom FKE empfohlene Proteinaufnahme pro Breiportion wird beim Vollmilch-Brei um mehr als das 2fache überschritten und der von den D-A-CH Gesellschaften empfohlene Tagesbedarf (10g Protein/Tag) mit nur einer Mahlzeit nahezu gedeckt. Da aber ein Proteinanteil von 14E% bezogen auf die Gesamttagesenergiezufuhr als akzeptabel angesehen wird (Agostoni et al., 2006; Alexy, 2007), kann und soll der Vollmilch-Getreide-Brei trotzdem gefüttert werden.

Die EG-Richtlinie begrenzt den Fettgehalt in einfacher Getreidebeikost auf maximal 3,3g/100kcal bzw. 30E% (EG Richtlinie, 2006a). Vollmilch liefert selbst 3,6g Fett/100g Milch. Somit hängt es von der Getreidesorte ab, ob der Vollmilch-Getreide-Brei (wie bei Hafer- und Amaranth-Weizen) 30E% überschreitet (Tab. 34). Das FKE empfiehlt nach wie vor den selbst zubereiteten Vollmilch-Getreide-Brei (bis zu 37E% Fett), da der Bedarf an Fett im 1. Lebensjahr besonders hoch ist (Alexy und Kersting, 1999). Für die Fettsäurezusammensetzung der Beikost gibt es derzeit keine gesetzlichen Vorschriften (EG Richtlinie, 2006a; Schwartz et al., 2008).

Bei allen Produkten ist der Prozentsatz der Kohlenhydrate (E%) an der Gesamtenergie höher als vom FKE für einen Vollmilch-Getreide-Brei empfohlen (45E%). Die Breie mit 1/3 Folgemilch zeigen im Vergleich zur Vollmilchzubereitung eine höhere Dichte an Kohlenhydraten (Tab. 37).

4.3.2 Vitamine

| Nährstoffe | Getreidebeikost (n=4) gekocht mit Vollmilch (pro 100g) | | |
|-----------------------------|--|---------------|-----------------|
| | Reis | Hafer | Amaranth-Weizen |
| Vitamin B ₁ (µg) | 107,50 ± 0,44 | 129,02 ± 2,05 | 57,99 ± 3,69 |
| Vitamin B ₂ (µg) | 225,05 ± 6,98 | 232,96 ± 7,95 | 216,81 ± 11,67 |
| Vitamin B ₆ (µg) | 61,57 ± 1,15 | 73,73 ± 1,74 | 55,80 ± 3,24 |
| Folsäure (µgFÄ) | - | 29,48 ± 1,99 | - |
| Vitamin A (µgRÄ) | 12,42 ± 0,85 | 12,27 ± 0,50 | 12,04 ± 1,11 |
| Vitamin E (µgTÄ) | 71,95 ± 2,22 | 89,03 ± 4,64 | 79,27 ± 8,44 |
| Vitamin D ₃ (µg) | - | - | 0,51 ± 0,06 |

Anhang: Nährstoffprofil der 4 Himmeltau Weizengrießprodukte, Portionsgröße siehe Tab. 30

Tab. 38: Ermittelte wasserlösliche und fettlösliche Vitamine im Vollmilch-Getreide-Brei

| Nährstoffe | Getreidebeikost (n=4) gekocht mit 1/3 Folgemilch (pro 100g) | | |
|-----------------------------|---|----------------|-----------------|
| | Reis | Hafer | Amaranth-Weizen |
| Vitamin B ₁ (µg) | 112,88 ± 7,43 | 138,07 ± 16,27 | 77,40 ± 3,30 |
| Vitamin B ₂ (µg) | 78,80 ± 3,16 | 98,60 ± 10,41 | 78,02 ± 7,45 |
| Vitamin B ₆ (µg) | 83,34 ± 4,57 | 107,35 ± 10,60 | 91,68 ± 7,02 |
| Folsäure (µgFÄ) | - | 43,35 ± 4,67 | - |
| Vitamin A (µgRÄ) | 29,05 ± 1,63 | 31,72 ± 1,64 | 33,24 ± 0,59 |
| Vitamin E (µgTÄ) | 382,10 ± 31,90 | 487,35 ± 39,52 | 451,08 ± 55,13 |
| Vitamin D ₃ (µg) | 0,53 ± 0,07 | 0,69 ± 0,02 | 1,27 ± 0,06 |

Anhang: Nährstoffprofil der 4 Himmeltau Weizengrießprodukte, Portionsgröße siehe Tab. 31

Tab. 39: Ermittelte wasserlösliche und fettlösliche Vitamine im 1/3 Folgemilch-Getreide-Brei

4.3.2.1 Vitamin B₁

Die EG Richtlinie fordert für verzehrsfähige Getreidebeikost eine Mindestdichte von 100µg Vitamin B₁/100kcal (EG Richtlinie, 2006a). Da dieser Wert ursprünglich für reines Getreide gedacht war und nicht für das verzehrsfertige Produkt (bestehend aus Getreide, Milch und Zusätzen), ergibt sich die daraus resultierende gesetzliche Notwendigkeit, Getreidebeikost mit Vitamin B₁ anzureichern (Kersting, 2000).

Vollmilch-Brei

Der mit Vollmilch gekochte Amaranth-Weizen-Brei liefert 123,6±7,9µg Vitamin B₁/Portion. Bei einer Anreicherung von 750µg Vitamin B₁/100g Rohprodukt sollte der Brei theoretisch 280µg Vitamin B₁/Portion liefern. Die entstandenen 50% Verluste sind auf Manipulationen wie Produktion und Zubereitung zurückzuführen und müssen demnach bei der Anreicherung berücksichtigt werden. Mit einer Portion von diesem Brei werden 31% der Tageszufuhrempfehlung von 400µg (D-A-CH, 2008) gedeckt. Vollmilch-Hafer-Brei und Vollmilch-Reis-Brei liefern 280,1±4,8µg Vitamin B₁/Portion und 230,2±1,0µg Vitamin B₁/Portion. Hafer ist von Natur aus ein guter Vitamin B₁-Lieferant. Eine Brei-Portion deckt 70% der Zufuhrempfehlung. Mit einem Reis-Brei werden 58% gedeckt (Abb. 28). Die Empfehlung des FKE, ein Viertel (100µg) der empfohlenen Zufuhr über den Milch-Getreide-Brei zu decken (Alexy und Kersting, 1999), wird vom Amaranth-Weizen-Brei gut (1,2fache) erfüllt. Der Vollmilch-Hafer-Brei liegt um das 2,8fache, der Vollmilch-Reis-Brei um das 2,3fache über der FKE Empfehlung.

Folgemilch-Brei

Die zum Kochen verwendete Folgemilch ist mit Vitamin B₁ angereichert. Trotz Verdünnung der Folgemilch scheinen diese Breie eine bessere Thiaminquelle als der Vollmilch-Getreide-Brei zu sein. Der mit Folgemilch zubereitete Amaranth-Weizen-Brei liefert pro Portion 178,2±8,9µg Vitamin B₁. Das entspricht 45% der empfohlenen Tages-Zufuhr. Mit einer Portion Hafer-Brei deckt der Säugling 80% (320,1±36,7µg Vitamin B₁/Portion) und mit einer Portion Reis-Brei 64% (257,6±19,5µg Vitamin B₁/Portion) der Empfehlung für die Tageszufuhr an Vitamin B₁. (Abb. 30). Die Empfehlungen des FKE werden jeweils bei den neuen Produkten um das 1,8 (Amaranth-Weizen), 3,2 (Hafer) und 2,6 (Reis)fache überschritten.

| Breiart: | Thiamin µg/100kcal | | % D-A-CH pro Portion | |
|-----------------|--------------------|----------------|----------------------|----------------|
| | Vollmilch | 1/3 Folgemilch | Vollmilch | 1/3 Folgemilch |
| Amaranth-Weizen | 58,00 ± 3,69 | 133,01 ± 5,68 | 30,9 ± 2,0 | 44,6 ± 2,2 |
| Hafer | 125,83 ± 1,99 | 233,07 ± 27,47 | 70,0 ± 1,2 | 80,0 ± 9,2 |
| Reis | 104,79 ± 0,43 | 191,30 ± 12,59 | 57,5 ± 0,2 | 64,4 ± 4,9 |

Tab. 40: Thiamingehalt und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch

Der Amaranth-Weizen-Vollmilchbrei (Tab. 40) liegt knapp über der *Soll-Thiamindichte* (57,1µg Thiamin/100kcal) eines Lebensmittels für Säuglinge bis zum 12. Lebensmonat. Andererseits erfüllt er mit 58µg Vitamin B₁/100kcal nicht die durch die EG-Richtlinie (EG Richtlinie, 2006a) vorgeschriebene Mindestdichte an Thiamin von 100µg Vitamin B₁/100kcal verzehrfertiger Getreidebeikost. In direkter Konsequenz muss deshalb über eine höhere Anreicherung nachgedacht werden. Die Vollmilch-Breie Hafer und Reis erfüllen die gesetzlichen Anforderungen. Die mit 1/3 Folgemilch zubereiteten Breie entsprechen alle der von der EG-Richtlinie vorgeschriebenen Mindestdichte von 100µg Vitamin B₁/100kcal (Tab. 40).

4.3.2.2 Vitamin B₂

Vollmilch-Brei

Vollmilch ist mit einem durchschnittlichen Gehalt von 180 µg Vitamin B₂/100 g ein guter Riboflavin Lieferant (Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Eine Portion Vollmilch-Amaranth-Weizen-Brei liefert 462,0±25,4µg Vitamin B₂ und deckt bei einer Nährstoffdichte von 188,4±8,8µg Vitamin B₂/100kcal verzehrfähigem Brei bereits 116% der empfohlenen Tageszufuhr an Vitamin B₂. Ähnlich verhält es sich bei einer Portion Vollmilch-Hafer-

Brei ($505,7 \pm 1,7 \mu\text{g}$ Vitamin B₂) und Vollmilch-Reis-Brei ($481,8 \pm 1,5 \mu\text{g}$ Vitamin B₂). Auch diese Getreidebeikostprodukte decken mit 126% und 120% bereits mehr als 100% der Tagesempfehlung von $400 \mu\text{g}$ Vitamin B₂ (D-A-CH, 2008) (Abb. 28). Das FKE spricht die Empfehlung aus, dass 45% ($180 \mu\text{g}$ Vitamin B₂) der empfohlenen Tageszufuhr durch eine Portion Milch-Getreide-Brei gedeckt werden sollen (Alexy und Kersting, 1999). Die Vollmilchzubereitung übertrifft diese Empfehlung um das 2,6-2,8fache.

Folgemilch-Brei

Die mit 1/3 Folgemilch gekochten Breie sind trotz angereicherter Folgemilch deutlich schlechtere Riboflavin-Determinanten verglichen mit den Vollmilch-Breien. Die mit Folgemilch zubereiteten Amaranth-Weizen- und Reis-Breie liefern jeweils $179,7 \pm 18,8 \mu\text{g}$ Vitamin B₂ und $179,7 \pm 8,7 \mu\text{g}$ Vitamin B₂ pro Portion. Es werden 45% der Tagesempfehlung an Riboflavin durch eine Brei-Portion gedeckt, was die Forderung das FKE von $180 \mu\text{g}$ Vitamin B₂/Portion zu 100% erfüllt. Die Portion Hafer-Brei liefert $229,0 \pm 27,6 \mu\text{g}$ Vitamin B₂ und deckt so 57% der D-A-CH Empfehlung ab, (Abb. 30) überschreitet aber die FKE Empfehlungen für einen Milch-Getreide-Brei um das 1,3fache (Alexy und Kersting, 1999).

Vollmilch fungiert als ausgezeichnete Riboflavinquelle. Dies spiegelt sich in der Riboflavindichte des Vollmilchbreis wider (Tab. 41). Bei einer *Soll-Riboflavinnährstoffdichte* von $57,1 \mu\text{g}$ Riboflavin/100kcal sind alle Beikostprodukte sowohl als Vollmilch- wie auch als 1/3 Folgemilchbrei ausgezeichnete Riboflavinquellen.

| Breiart: | Riboflavin $\mu\text{g}/100\text{kcal}$ | | % D-A-CH pro Portion | |
|-----------------|---|--------------------|----------------------|----------------|
| | Vollmilch | 1/3 Folgemilch | Vollmilch | 1/3 Folgemilch |
| Amaranth-Weizen | $216,84 \pm 11,67$ | $134,08 \pm 12,81$ | $115,5 \pm 6,4$ | $44,9 \pm 4,7$ |
| Hafer | $227,19 \pm 7,75$ | $166,44 \pm 17,57$ | $126,4 \pm 4,3$ | $57,2 \pm 6,9$ |
| Reis | $219,38 \pm 6,81$ | $133,53 \pm 5,36$ | $120,5 \pm 3,7$ | $44,9 \pm 2,2$ |

Tab. 41: Riboflavingehalt und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch

4.3.2.3 Vitamin B₆

Vollmilch-Brei

Laut Analyse der neu entwickelten, mit Vollmilch gekochten Beikostprodukte nimmt ein Säugling pro Breimahlzeit bis zu $160 \mu\text{g}$ Vitamin B₆ (Pyridoxin & Pyridoxal) auf. Vollmilch als Monoprodukt hat einen Vitamin B₆ Gehalt von $35 \mu\text{g}/100\text{g}$ (Souci-

Fachmann-Kraut, 2004). Die Amaranth-Weizen-Vollmilchzubereitung liefert dabei $118,9 \pm 7,0 \mu\text{g}$ Vitamin B₆, die Reis-Zubereitung enthält $131,8 \pm 2,5 \mu\text{g}$ Vitamin B₆ pro Portion. Der Vitamin B₆ Gehalt des Haferprodukts ist mit $160,07 \pm 3,7 \mu\text{g}/\text{Portion}$ somit am höchsten. Bei einer empfohlenen Vitamin B₆ Zufuhr von $300 \mu\text{g}/\text{Tag}$ (D-A-CH, 2008) werden pro Breimahlzeit 40% (Amaranth-Weizen), 44% (Reis) und 53% (Hafer) der Zufuhrempfehlung geliefert (Abb. 28).

Folgemilch-Brei

Die Zubereitung mit angereicherter 1/3 Folgemilch trägt wesentlich zur Aufnahme an Vitamin B₆ pro Portion Beikostmahlzeit bei. Verglichen mit der Vollmilchzubereitung enthalten die neuen Folgemilchbreie um das 1,8fache (Amaranth-Weizen), 1,6fache (Hafer) und das 1,4fache (Reis) mehr an Vitamin B₆ als die mit Vollmilch gekochten. So liefert eine Portion des Amaranth-Weizen-Breis $211,16 \pm 18,0 \mu\text{g}$ Vitamin B₆, des Hafer-Breis $249,3 \pm 28,2 \mu\text{g}$ Vitamin B₆ und des Reis-Breis $190,1 \pm 12,5 \mu\text{g}$ Vitamin B₆. Damit wird die Empfehlung von $300 \mu\text{g}$ Vitamin B₆/Tag (D-A-CH, 2008) zu 70%, 83% und 63% erfüllt (Abb. 30).

Die Vitamin B₆ Nährstoffdichte im Haferprodukt aller beider Zubereitungsarten ist im Vergleich mit den anderen Beikostprodukten am höchsten. Generell zeigen die Folgemilchbreie aller untersuchten Getreidearten eine wesentlich höhere Pyridoxindichte als die Vollmilchbreie.

| Breiart: | Pyridoxin $\mu\text{g}/100\text{kcal}$ | | % D-A-CH pro Portion | |
|-----------------|--|--------------------|----------------------|----------------|
| | Vollmilch | 1/3 Folgemilch | Vollmilch | 1/3 Folgemilch |
| Amaranth-Weizen | $55,81 \pm 3,24$ | $157,56 \pm 12,06$ | $39,6 \pm 2,3$ | $70,4 \pm 6,0$ |
| Hafer | $71,91 \pm 1,70$ | $181,22 \pm 17,89$ | $53,4 \pm 1,2$ | $83,1 \pm 9,4$ |
| Reis | $60,02 \pm 1,12$ | $141,22 \pm 7,74$ | $43,9 \pm 0,8$ | $63,4 \pm 4,2$ |

Tab. 42: Pyridoxingehalt und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch

Die *Soll-Nährstoffdichte* für Pyridoxin in von Säuglingen konsumierten Lebensmitteln beträgt $42,9 \mu\text{g}/100\text{kcal}$. Ausgenommen der mit Vollmilch zubereiteten Weizengrießprodukte kann bei allen anderen untersuchten Milch-Breien von Vitamin B₆ nährstoffdichter Getreide-Beikost gesprochen werden (Tab. 42).

4.3.2.4 Synthetische Folsäure (Pteroylmonoglutaminsäure, PGA)

Die österreichische Beikostverordnung (BGBl, 1999) regelt durch die EG-Richtlinie 2006/125/EG (EG Richtlinie, 2006a) die Anreicherung von Beikost mit synthetischer Folsäure (Sichert-Hellert und Kersting, 2004) durch Festlegung eines Maximalgehalts von 50µg Folsäure/100kcal verzehrsfertiges Beikostprodukt.

Humana Folgemilch 2 ist mit synthetischer Folsäure (PGA) angereichert. Trotzdem konnte nur im mit Folsäure angereicherten Haferbrei (200µg PGA/100g Hafer Rohprodukt) synthetische Folsäure nachgewiesen werden. Auf nüchternen Magen ist die synthetische Folsäure beinahe 100% bioverfügbar. Im Zuge des Verzehrs eines angereicherten Lebensmittels sinkt die Bioverfügbarkeit auf ca. 85%. Daraus resultiert die Berechnung von Folatäquivalenten (FÄ) in angereicherten Lebensmitteln, die 2008 an die DRI (FNB, 2000b) der USA und Kanada angepasst wurde. 1µg FÄ entsprechen nun 0,6µg synthetischer Folsäure (D-A-CH, 2008; FNB, 1998; Yang et al., 2005). Das Beikostprodukt wurde nur hinsichtlich synthetischer Folsäure untersucht, mit der es auch angereichert wurde. Nahrungsfolat wurde nicht erfasst. Die Umrechnung der synthetischen Folsäure in FÄ wurde vorgenommen, um den Beitrag der Anreicherung zur Deckung des empfohlenen Tagesbedarfs herauszuarbeiten. Ein Rückschluss auf den Gesamtfolatgehalt (inklusive Nahrungsfolat) kann nicht gezogen werden.

Eine Portion Hafer-Vollmilch-Brei liefert durch die Anreicherung $64,0 \pm 4,4 \mu\text{g}$ an FÄ. Rohprodukt Hafer gekocht mit 1/3 Folgemilch liefert $100,6 \pm 11,9 \mu\text{g}$ /Portion. Mit 126% der empfohlenen Tageszufuhr ($80 \mu\text{g}$ FÄ/d) (D-A-CH, 2008) ist die Folgemilch-Zubereitung (Abb. 30) aufgrund der angereicherten Folgemilch wie erwartet die bessere Folsäurequelle als die Vollmilchzubereitung (80%) (Abb. 28).

Das Hafer Rohprodukt wurde mit 200µg synthetischer Folsäure/100g angereichert. Die verzehrsfertigen Vollmilchprodukte liefern $16,6 \pm 1,9 \mu\text{g}$ synthetische Folsäure/100kcal und die Folgemilchprodukte $34,3 \pm 3,8 \mu\text{g}$ synthetische Folsäure/100kcal. Beide liegen damit unter der durch die EG Richtlinie festgelegten Höchstgrenze von 50µg Folsäure/100kcal im Milch-Getreide-Brei (EG Richtlinie, 2006a). Bei einer *Soll-Nährstoffdichte* von $11,4 \mu\text{g}$ FÄ/100kcal zählen sowohl der Vollmilch- ($28,3 \pm 3,3 \mu\text{g}$ FÄ/100kcal) wie auch der 1/3 Folgemilchbrei ($58,3 \pm 6,4 \mu\text{g}$ FÄ/100kcal) in der Säuglingsernährung nur aufgrund ihrer Anreicherung mit synthetischer Folsäure zu den folsäuredichten Lebensmitteln. Für Kinder (1-3 Jahre) wird empfohlen, die Zufuhr von synthetischer Folsäure auf 200µg/Tag (=UL) zu beschränken, um eine Maskierung

eines Vitamin B₁₂ Mangels zu vermeiden. Die Zufuhr in Form von Nahrungsfolat unterliegt keiner Grenze (EFSA, 2006; FNB, 2000b).

4.3.2.5 Vitamin D

Muttermilch ist arm an Vitamin D (73ng/100g) (Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Die hauptsächlichen Vitamin D Quellen für den Säugling sind, neben der endogenen Synthese des Körpers, die mit Vitamin D angereicherte Pre-Nahrung bzw. Folgemilchnahrung und die Beikost. Die empfohlene Tageszufuhr beträgt 10µg Vitamin D (D-A-CH, 2008). Der Upper Level der Vitamin D Zufuhr ist im ersten Lebensjahr mit 1000IE (25µg) pro Tag definiert (EFSA, 2006).

Vollmilch-Brei

Vollmilch enthält von Natur aus 90ng Vitamin D₃/100g (Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Ein mit Vollmilch gekochter Amaranth-Weizen-Brei liefert 1,1±0,2µg Vitamin D₃/Portion und deckt 11% der empfohlenen Tageszufuhr an Vitamin D (Abb. 29). Hafer- und Reis-Brei enthalten nur das in der Vollmilch natürlich vorkommende Vitamin D₃, da keine Anreicherung vorgenommen wurde.

Folgemilch-Brei

Folgemilch ist routinemäßig mit Vitamin D₃ angereichert. Wird der Brei mit 1/3 Folgemilch zubereitet, erhöht sich die Vitamin D₃ Aufnahme bis auf das 3fache im Vergleich zum Vollmilch-Brei. Eine Portion Amaranth-Weizen-Brei liefert 2,9±0,2µg Vitamin D₃, der Hafer-Brei 1,6±0,01µg Vitamin D₃/Portion und der Reis-Brei 1,3±0,02µg Vitamin D₃/Portion. Die empfohlene Zufuhr pro Tag wird in Folge bei Verzehr von einer Portion Brei zu 29%, 16% und 13% gedeckt (Abb. 31). Keines der Beikostprodukte, mit Ausnahme des Amaranth-Weizen-Breis auf Folgemilchbasis, enthält mehr als 2µg Vitamin D₃ pro Portion. Anreicherungsbedingt enthält dieser um ca. 1µg Vitamin D₃ mehr als die nicht angereicherten mit Folgemilch gekochten Beikostprodukte.

Nach Lutter et al. (2003) ist bei einem AI von 5µgVitamin D/Tag (IOM, 1997) eine Anreicherung von 1-2µg Vitamin D pro Tagesration unbedenklich (Lutter und Dewey, 2003). Die D-A-CH empfiehlt eine Zufuhr von 10µg Vitamin D/Tag. Dies führt zu einem höheren Bedarf an Vitamin D pro Tagesration. Dieser Bedarf wird im Beikostalter so gut wie zur Gänze über Anreicherung gedeckt.

Damit ein für den Säugling bestimmtes Lebensmittel als reich an Vitamin D (700kcal, 10µg) gilt, müssen 1,4µg/100kcal enthalten sein. Trotz Anreicherung des Rohprodukts

Amaranth-Weizen liefert der Vollmilchbrei nur $0,4 \pm 0,1 \mu\text{g}/100\text{kcal}$. Selbst die mit 1/3 Folgemilch zubereiteten Breie Hafer und Reis liefern mit $0,9 \pm 0,01 \mu\text{g D}_3/100\text{kcal}$ und $0,7 \pm 0,01 \mu\text{g D}_3/100\text{kcal}$ weniger als die *Soll-Nährstoffdichte*. Nur der mit 1/3 Folgemilch gekochte Amaranth-Weizen liefert $1,9 \pm 0,1 \mu\text{g D}_3/100\text{kcal}$.

4.3.2.6 Vitamin E

Die untersuchte mit Vollmilch zubereitet Beikost enthält hauptsächlich Alpha-Tocopherol. Zusätzlich finden sich Alpha-Tocotrienol im Hafer-Brei und Beta-Tocopherol wie Beta-Tocotrienol im Amaranth-Weizen-Brei. Tocopheryl-Acetat, auch als synthetisches Vitamin E bekannt, kommt weder im Getreide noch in der Vollmilch natürlich vor (Tab. 43).

Vollmilch-Brei

| $\mu\text{g}/100\text{g}$ (n=4) | | <i>Alpha</i> | | <i>Beta</i> | | <i>Gamma</i> | | <i>Delta</i> | |
|---------------------------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| Vollmilch-Brei | Acetat | Toc | Toc3 | Toc | Toc3 | Toc | Toc3 | Toc | Toc3 |
| <i>Amaranth-Weizen</i> | - | 70,9 | - | 18,5 | 23,4 | - | - | - | - |
| <i>Hafer</i> | - | 84,0 | 16,6 | - | - | - | - | - | - |
| <i>Reis</i> | - | 71,9 | - | - | - | - | - | - | - |

Acetat...Tocopherylacetat, Toc...Tocopherol, Toc3...Tocotrienol

Tab. 43: Vitamin E Homologe in den untersuchten Vollmilch-Breien

Ein unangereicherter Vollmilch-Getreide-Brei der untersuchten Sorten ist keine gute Vitamin E Quelle. Im Durchschnitt liefert ein Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Brei $172,1 \pm 19,8 \mu\text{g TÄ}/\text{Portion}$ und trägt bis zu 5% an der empfohlenen 4mg TÄ (D-A-CH, 2008) Zufuhr pro Tag bei (Abb. 29).

Folgemilch-Brei

| $\mu\text{g}/100\text{g}$ (n=4) | | <i>Alpha</i> | | <i>Beta</i> | | <i>Gamma</i> | | <i>Delta</i> | |
|---------------------------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| Folgemilch-Brei | Acetat | Toc | Toc3 | Toc | Toc3 | Toc | Toc3 | Toc | Toc3 |
| <i>Amaranth-Weizen</i> | 52,0 | 320,5 | 142,9 | 43,2 | 45,9 | 129,8 | 332,7 | 27,5 | 39,6 |
| <i>Hafer</i> | 54,9 | 348,9 | 177,7 | 30,5 | 26,1 | 134,9 | 382,2 | 21,6 | 42,3 |
| <i>Reis</i> | 43,9 | 278,7 | 127,1 | 18,5 | - | 107,3 | 298,8 | 17,8 | 34,0 |

Acetat...Tocopherylacetat, Toc...Tocopherol, Toc3...Tocotrienol

Tab. 44: Vitamin E Homologe in den untersuchten 1/3 Folgemilch-Breien

Ein Brei der Sorte Hafer, Amaranth-Weizen und Reis liefert dem Säugling im Mittel $1,0 \pm 0,1 \mu\text{g}$ TÄ und bringt 28%, 26% und 22% der D-A-CH Empfehlung an Vitamin E pro Mahlzeit (Abb. 31).

| Breiart: | TÄ $\mu\text{g}/100\text{kcal}$ | | % D-A-CH pro Portion | |
|-----------------|---------------------------------|--------------------|----------------------|----------------|
| | Vollmilch | 1/3 Folgemilch | Vollmilch | 1/3 Folgemilch |
| Amaranth-Weizen | $79,28 \pm 8,44$ | $775,22 \pm 94,74$ | $4,2 \pm 0,5$ | $26,0 \pm 3,3$ |
| Hafer | $86,82 \pm 4,53$ | $822,69 \pm 66,71$ | $4,8 \pm 0,3$ | $28,3 \pm 2,4$ |
| Reis | $70,14 \pm 2,17$ | $647,51 \pm 54,07$ | $3,9 \pm 0,1$ | $21,8 \pm 2,0$ |

Tab. 45: Gehalt an Tocopheroläquivalenten und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch

Säuglingsnahrungen mit einer Nährstoffdichte von $571,4 \mu\text{g}$ TÄ/100kcal werden als TÄ dichte Lebensmittel bezeichnet. Nur die mit 1/3 Folgemilch gekochten Breie liegen im Bereich dieser *Soll-Nährstoffdichte* bzw. darüber (Tab. 45).

4.3.2.7 Vitamin A

Im Fall der untersuchten Beikostprodukte steht die Angabe Retinoläquivalente (RÄ) für das zu den Vitamin A wirksamen Carotinoiden zählende Beta-Carotin, wie auch die Vitamin A Formen Retinol, Retinylpalmitat und das synthetische Retinylacetat. Der Gehalt an RÄ in den untersuchten Produkten ist eher unbedeutend.

Vollmilch-Brei

Ein mit Vollmilch zubereiteter Brei der neu entwickelten Produkte enthält im Mittel $26,6 \pm 0,6 \mu\text{g}$ RÄ. Der Brei trägt 4% zur Deckung der Tageszufuhrempfehlung von $0,6 \text{mg}$ RÄ (D-A-CH, 2008) bei (Abb. 29).

Folgemilch-Brei

Durch die Zubereitung mit angereicherter 1/3 Folgemilch liefert eine Breiportion Amaranth-Weizen ($76,5 \pm 1,5 \mu\text{g}$ RÄ), Hafer ($73,6 \pm 4,7 \mu\text{g}$ RÄ) und Reis ($66,3 \pm 3,8 \mu\text{g}$ RÄ) 12% der Empfehlung (Abb. 31).

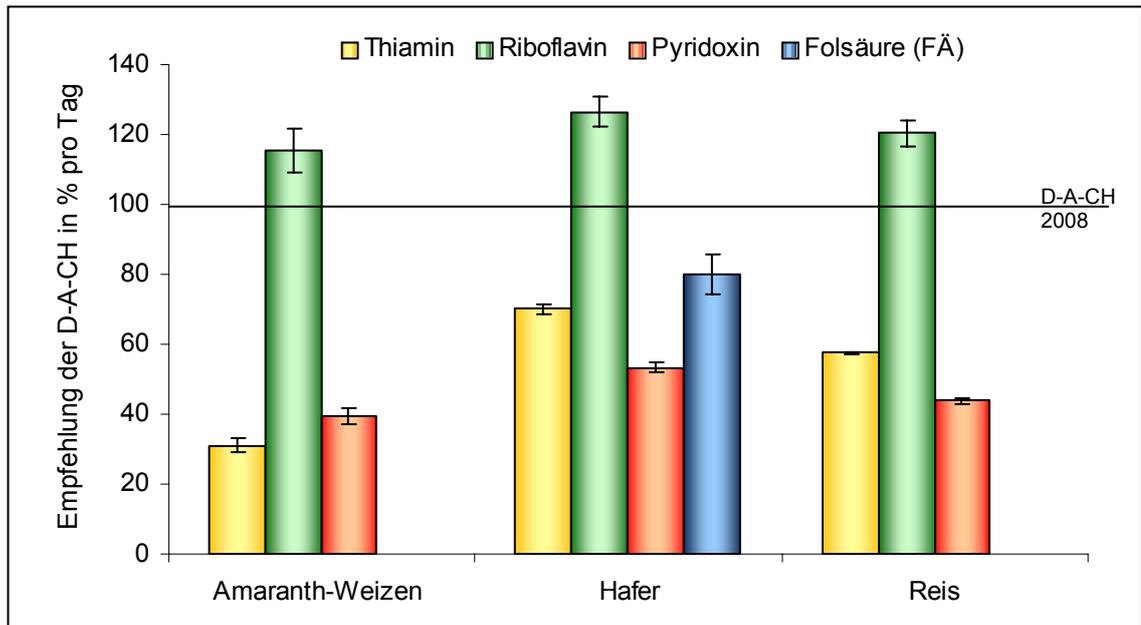


Abb. 28: Zufuhr an wasserlöslichen Vitaminen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Vollmilch-Brei im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%)

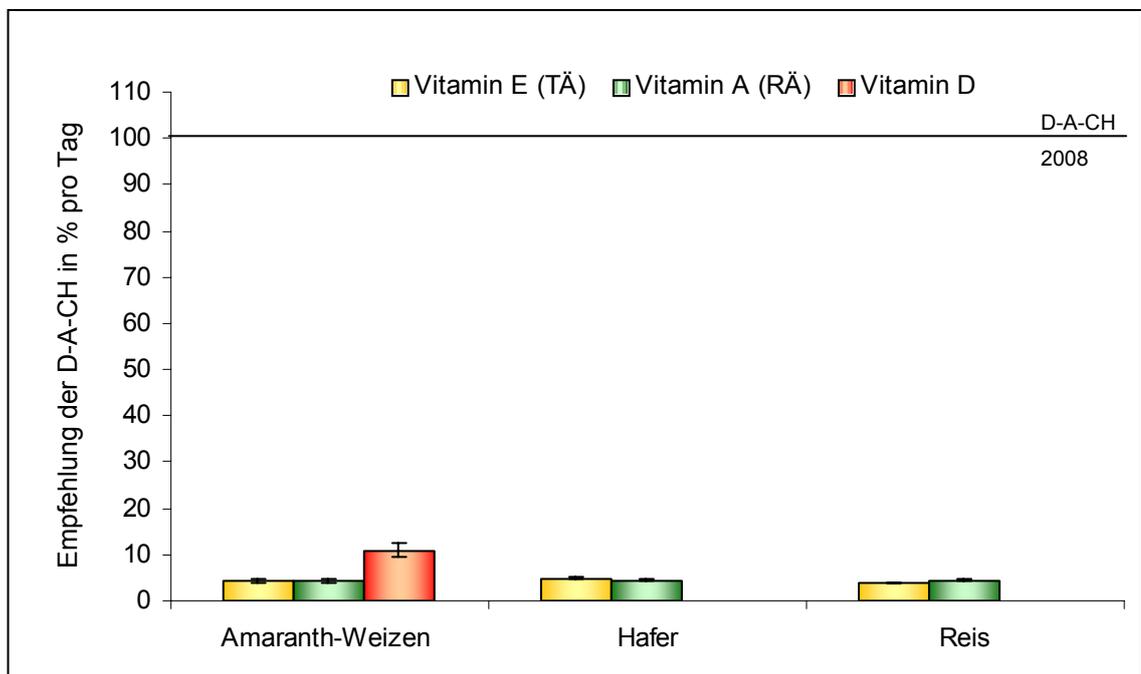


Abb. 29: Zufuhr an fettlöslichen Vitaminen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Vollmilch-Brei (n=4) im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%)

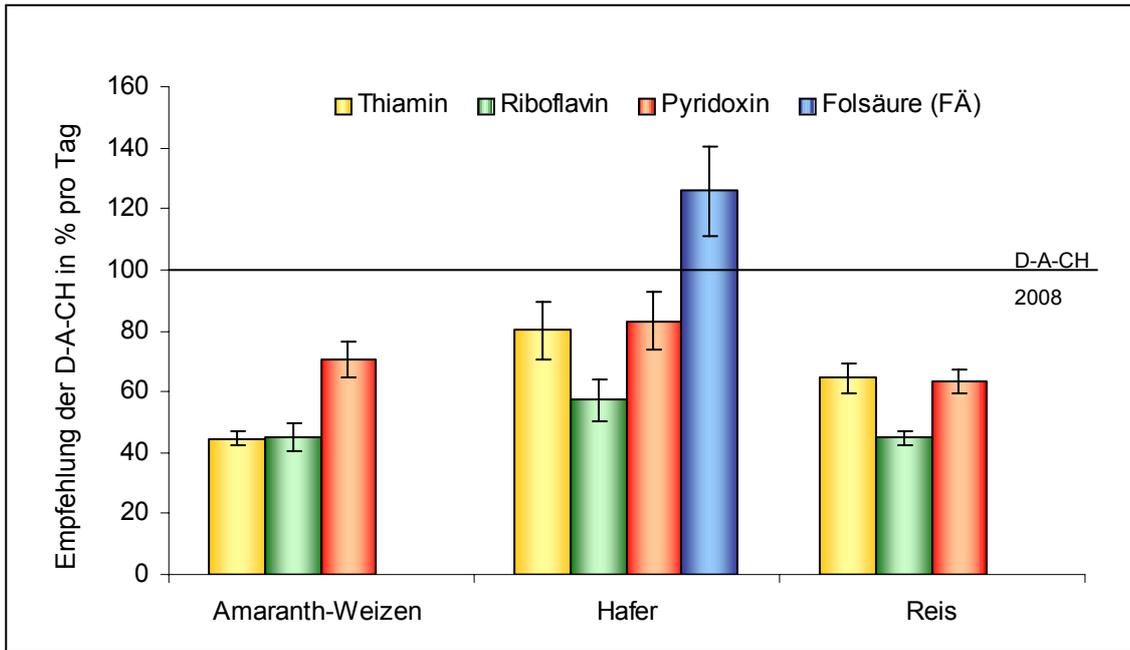


Abb. 30: Zufuhr an wasserlöslichen Vitaminen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Folgemilch-Brei (n=4) im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%)

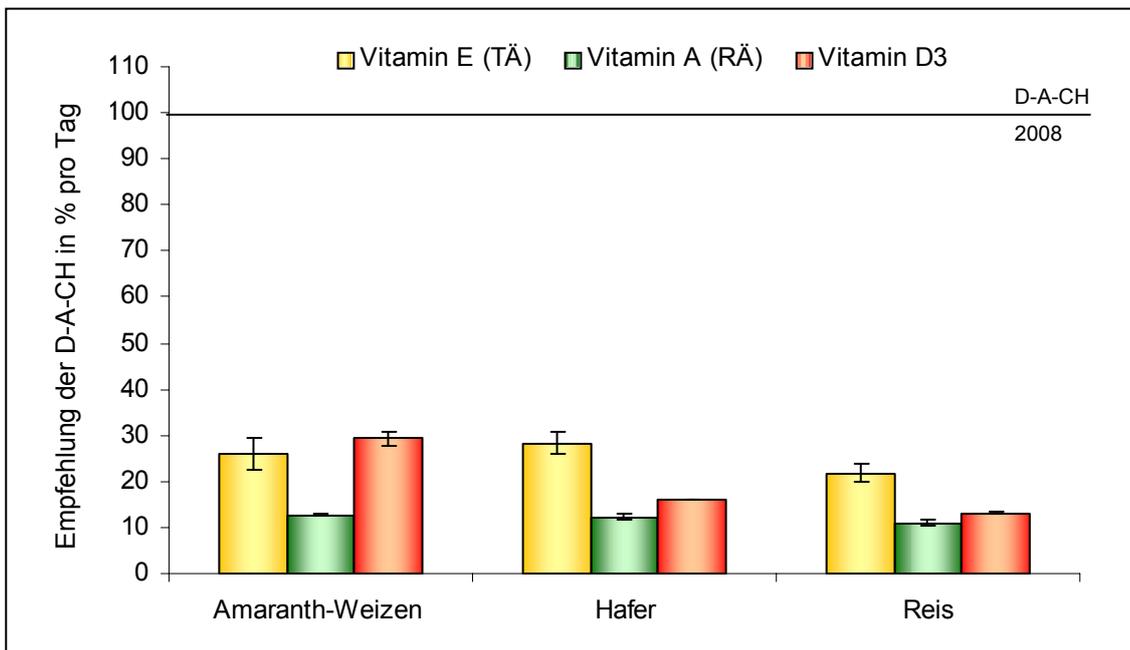


Abb. 31: Zufuhr an fettlöslichen Vitaminen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Folgemilch-Brei (n=4) im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%)

Resümee (Vitamine)

Der Milch-Getreide-Brei trägt wesentlich zur Versorgung des Säuglings mit B-Vitaminen bei (Abb. 4). Einerseits durch den Vitamingehalt des Rohprodukts, durch Anreicherung oder der zur Zubereitung verwendeten Milch. Vollmilch ist von Natur aus mit 180 µg/100g ein guter Lieferant an Riboflavin (Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Die Empfehlung des FKE, 45% der von der D-A-CH empfohlenen Tageszufuhr an Riboflavin über eine Breimahlzeit zu decken, wird beim Vollmilch-Brei bis zum 2,8fachen übertroffen. Für einfache Getreidebeikost wird eine Mindestdichte von 100µg Thiamin pro 100kcal verzehrsfertigem Milch-Getreide-Brei gefordert (EG Richtlinie, 2006a). Eine entsprechende Anreicherung mit Thiamin ist somit obligatorisch.

Als Lieferant fettlöslicher Vitamine erhält der Säugling den Gemüse-Kartoffel-Fleisch-Brei. Dieser fungiert prinzipiell als wichtige Vitaminquelle und dient als Hauptlieferant für Vitamin A (71%) und Vitamin E (39%) (Alexy und Kersting, 1999). Durch die in Österreich übliche Beikostform (ohne Fisch) ist es nicht möglich, den Vitamin D₃ Bedarf des Säuglings auf natürlichem Wege zu decken. Mit Vitamin D₃ angereicherte Beikost (v.a. Milch-Getreide-Brei) trägt somit wesentlich zur Bedarfsdeckung bei.

4.3.3 Mineralstoffe und Spurenelemente

| Nährstoffe | Getreidebeikost (n=4) gekocht mit Vollmilch (pro 100g) | | |
|--|--|---------------|-----------------|
| | Reis | Hafer | Amaranth-Weizen |
| Calcium (mg) | 148,91 ± 1,10 | 150,95 ± 0,78 | 152,57 ± 0,52 |
| Magnesium (mg) | 13,91 ± 0,08 | 16,95 ± 0,24 | 17,18 ± 0,14 |
| Zink (mg) | 1,76 ± 0,42 | 1,45 ± 0,27 | 1,57 ± 0,20 |
| Eisen (mg) | 0,13 ± 0,003 | 0,97 ± 0,10 | 0,31 ± 0,02 |
| Portionsgröße (g) | 214 | 217 | 213 |
| Anhang: Nährstoffprofil der 4 Himmeltau Weizengrießprodukte | | | |

Tab. 46: Ermittelte Mineralstoffe und Spurenelemente im Vollmilch-Getreide-Brei

| Nährstoffe | Getreidebeikost (n=4) gekocht mit 1/3 Folgemilch (pro 100g) | | |
|--|---|--------------|-----------------|
| | Reis | Hafer | Amaranth-Weizen |
| Calcium (mg) | 70,18 ± 3,57 | 75,30 ± 3,89 | 73,57 ± 1,93 |
| Magnesium (mg) | 7,15 ± 0,29 | 11,18 ± 1,10 | 10,59 ± 0,48 |
| Zink (mg) | 1,04 ± 0,15 | 1,02 ± 0,22 | 1,17 ± 0,28 |
| Eisen (mg) | 0,48 ± 0,02 | 1,52 ± 0,13 | 0,69 ± 0,07 |
| Portionsgröße (g) | 228 | 232 | 230 |
| Anhang: Nährstoffprofil der 4 Himmeltau Weizengrießprodukte | | | |

Tab. 47: Ermittelte Mineralstoffe und Spurenelemente im Folgemilch-Getreide-Brei

4.3.3.1 Calcium

Gute Calciumquellen sind Milch, Milchprodukte und angereichertes Getreidemehl. Eine ausreichende Zufuhr an Calcium muss nach Reduktion der Milchmahlzeiten durch die Beikost gewährleistet sein (Davies und O'Hare, 2004). Die Calciumabsorption ist altersabhängig (Abrams et al., 1997) und erreicht bei gestillten Säuglingen sowie in der Pubertät ihren Höhepunkt. Säuglinge im Alter von 7-12 Lebensmonaten nehmen rund 130mg Calcium durch die Muttermilch (Dewey, 2001; FNB, 1997) auf, wobei die Retention nur bei ca. 50% liegt. Die geschätzte effektive Calcium Retention durch feste Nahrung liegt bei 20-25% (Abrams und Atkinson, 2003). Bei einer Zufuhr von 130mg Calcium über die Muttermilch (Lutter und Dewey, 2003) und einer Tageszufuhrempfehlung von 400mg (D-A-CH, 2008) müssen demnach 270mg Calcium über die Beikost zugeführt werden.

Vollmilch-Brei

Die Zufuhr an Calcium über eine Vollmilchbreiportion der Sorte Amaranth-Weizen liefert $325,1 \pm 1,5$ mg Ca, der Hafer-Brei enthält $327,7 \pm 1,5$ mg Ca und eine Portion Vollmilch-Reis-Brei liefert $318,8 \pm 2,5$ mg Ca. Bedingt durch die Anreicherung des Getreidemehls - jedoch vorwiegend durch die Calciumquelle „Vollmilch“ (Tab. 48) - trägt der Vollmilch-Getreide-Brei entscheidend zur Calciumversorgung des Säuglings bei (Tab. 46).

| | pro 100ml | | pro 200ml ¹ | pro 70ml ² |
|-----------------------|-----------|------------|------------------------|-----------------------|
| | Vollmilch | Folgemilch | Vollmilch | Folgemilch |
| Eisen (mg) | 0,045 | 1,19 | 0,090 | 0,83 |
| Zink (mg) | 0,532 | 1,130 | 1,064 | 0,791 |
| Calcium (mg) | 128 | 123 | 256 | 86 |
| Magnesium (mg) | 12,8 | 11,9 | 25,6 | 8,6 |

¹ Anteil der Vollmilch (NÖM 3,5%) am Vollmilchbrei

² Anteil der Folgemilch (Humana 2) am Folgemilchbrei

Tab. 48: Ermittelte Mineralstoffe in zur Breizubereitung verwendeten Voll- und Folgemilch

Die Zufuhrempfehlung von 400mg Ca/Tag wird bereits mit einer Portion Vollmilch-Getreide-Brei zu 81% abgedeckt (Abb. 32). Die Empfehlung des FKE, 49% der Tageszufuhr (196mg/Portion) an Calcium über den Vollmilch-Getreide-Brei zu decken (Alexy und Kersting, 1999), wird von den neu entwickelten Produkten um das 1,7fache überschritten.

Folgemilch-Brei

Bei der Zubereitung der Beikostprodukte mit 1/3 Folgemilch ergibt sich eine geringere Calciumzufuhr als bei der Zubereitung mit Vollmilch. Der Amaranth-Weizen-Brei trägt mit $169,4 \pm 6,0$ mg Ca/Portion, der Hafer-Brei mit $174,8 \pm 11,7$ mg Ca/Portion und der Reis-Brei mit $160,1 \pm 9,8$ mg Ca/Portion zur Versorgung des Säuglings mit Calcium bei. Eine Portion Folgemilch-Getreide-Brei liefert im Durchschnitt 42% der Tageszufuhrempfehlung (Abb. 33).

| Breiart: | Calcium mg/100kcal | | % D-A-CH pro Portion | |
|-----------------|--------------------|-------------------|----------------------|----------------|
| | Vollmilch | 1/3 Folgemilch | Vollmilch | 1/3 Folgemilch |
| Amaranth-Weizen | $152,59 \pm 0,52$ | $126,44 \pm 3,32$ | $81,3 \pm 0,4$ | $42,3 \pm 1,5$ |
| Hafer | $147,21 \pm 0,76$ | $127,12 \pm 6,57$ | $81,9 \pm 0,4$ | $43,7 \pm 2,9$ |
| Reis | $145,16 \pm 1,07$ | $118,94 \pm 6,05$ | $79,7 \pm 0,6$ | $40,0 \pm 2,5$ |

Tab. 49: Calciumgehalt und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch

Gerade in der Säuglingsernährung sind nährstoffdichte Lebensmittel gefragt, da Säuglinge nur eine gewisse Menge an Nahrung aufnehmen können (Dewey, 2003; Lutter und Dewey, 2003). Der Vollmilchbrei (*Soll-Nährstoffdichte* 57,1mg Calcium/100kcal) fungiert als wichtige Calciumquelle für den Säugling. Bereits mit einer Portion ist es möglich, bis zu 80% des Tagesbedarfs zu decken.

4.3.3.2 Magnesium

Das FKE empfiehlt, den Milch-Getreide-Brei mit Beginn des 6. Monats einzuführen (Abb. 2). Unter Voraussetzung, dass der Säugling drei verbleibende Milchmahlzeiten von insgesamt 720ml Muttermilch trinkt, nimmt er auf diesem Wege 22mg Magnesium zu sich (Köhler und Remer, 2005; Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Durch je einen Gemüse-Kartoffel-Fleischbrei und einen Milch-Getreide-Brei erhält der Säugling noch ca. 37mg Mg (Kersting et al., 2003) (Abb. 4) dazu, wodurch die Tagesaufnahme bei ungefähr 60mg liegt und gleichzeitig die Tageszufuhrempfehlung der D-A-CH (2008) für Magnesium erfüllt.

Vollmilch-Brei

Hier stammt der Hauptanteil an Magnesium aus der zur Zubereitung benötigten Vollmilch (200ml) (Tab. 48). Von den zur Breiherstellung verwendeten Getreidearten hat Hafer im Vergleich zu den anderen Arten mit durchschnittlich 16mg Mg/20g Rohprodukt das meiste Magnesium. Der Konsum eines Getreidebreis der Sorte

Amaranth-Weizen wie auch Hafer liefert dem Säugling $36,7 \pm 0,1$ mg Magnesium pro Portion und führt zu einer Deckung von 61% der empfohlenen 60 mg/Tag (D-A-CH, 2008). Das Rohprodukt Reis enthält mit $6,5 \pm 0,6$ mg Mg/20g von Natur aus um ca. 50% weniger an Magnesium als Hafer und Amaranth-Weizen. Der Vollmilchbrei deckt mit $29,9 \pm 0,2$ mg Mg pro Portion nur 50% der Empfehlung (Abb. 32).

Folgemilch-Brei

Aufgrund der verdünnten Folgemilch (Tab. 48) liefert der Folgemilchbrei nur ca. 10 mg Magnesium pro Portion und somit um das 2,4fache weniger als die Vollmilch Variante. Amaranth-Weizen und Hafer-Brei zeigen pro Portion einen Gehalt an Magnesium von $24,4 \pm 1,3$ mg und $26,0 \pm 2,9$ mg, wodurch bis zu 43% der gewünschten Tageszufuhr geliefert werden. Der Reisbrei liegt aufgrund des Rohstoffs Reismehl (25 mg/100g) (Souci-Fachmann-Kraut, 2004) im Magnesiumgehalt mit $16,3 \pm 0,8$ mg/Portion deutlich unter den oben genannten Produkten und liefert 27% der Empfehlung (Abb. 33).

Die *Soll-Nährstoffdichte* von 8,6 mg Mg/100 kcal die nötig ist, um als magnesiumreiches Lebensmittel zu gelten, wird von allen untersuchten Beikostprodukten erfüllt (Tab. 50).

| Breiart: | Magnesium mg/100kcal | | % D-A-CH pro Portion | |
|-----------------|----------------------|------------------|----------------------|----------------|
| | Vollmilch | 1/3 Folgemilch | Vollmilch | 1/3 Folgemilch |
| Amaranth-Weizen | $17,18 \pm 0,14$ | $18,21 \pm 0,83$ | $61,0 \pm 0,6$ | $40,7 \pm 2,2$ |
| Hafer | $16,53 \pm 0,23$ | $18,88 \pm 1,86$ | $61,3 \pm 0,9$ | $43,3 \pm 4,9$ |
| Reis | $13,56 \pm 0,08$ | $12,11 \pm 0,50$ | $49,6 \pm 0,3$ | $27,2 \pm 1,4$ |

Tab. 50: Magnesiumgehalt und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch

4.3.3.3 Eisen

Um nach dem 6. Lebensmonat adäquat mit Eisen versorgt zu sein- als Voraussetzung für eine aktive Hämatopoese- ist der Säugling auf die Zufuhr von fester Nahrung als Beikost angewiesen (FNB, 2001; Gibson et al., 1998). Die Resorption von Nicht-Hämeisen aus der Nahrung ist mit 5-20% geringer als die von Häm-Eisen (15-35%). Ascorbinsäure wirkt sich positiv auf die Eisenabsorption aus (Ekmekcioglu, 2000; Elmadfa und Leitzmann, 2004).

Vollmilch-Brei

Vollmilch selbst ist keine gute Eisenquelle (Tab. 48). Die Anwesenheit von Milchcasein wirkt sich zusätzlich hemmend auf die Eisenresorption aus, da es das Spurenelement bindet (Elmadfa und Leitzmann, 2004). Unter Berücksichtigung dieser Tatsache wurde bei der Entwicklung der Beikostprodukte bewusst auf eine Eisenanreicherung verzichtet. Ein Vollmilchbrei der Sorten Amaranth-Weizen, Hafer oder Reis liefert daher abhängig von der Getreidesorte $0,7 \pm 0,1$ mg, $2,1 \pm 0,2$ mg bzw. $0,3 \pm 0,01$ mg Eisen pro Portion wodurch zwischen 3% (Amaranth-Weizen) und 26% (Hafer) der Zufuhrempfehlung von 8mg/Tag (D-A-CH, 2008) gedeckt werden (Abb. 32).

Folgemilch-Brei

Die angereicherte Folgemilch (Tab. 48) trägt wesentlich zur Eisenzufuhr pro Portion Brei bei. Da Hafer von Natur aus eisenreich ist, enthält auch der Brei im Vergleich zum Amaranth-Weizen- ($1,6 \pm 0,2$ mg) und Reisbrei ($1,1 \pm 0,1$ mg) mit $3,5 \pm 0,4$ mg das meiste Eisen und trägt mit 44% der Tagesempfehlung entscheidend zur Eisenversorgung bei (Abb. 33).

| Breiart: | <i>Eisen mg/100kcal</i> | | <i>% DACH pro Portion</i> | |
|-----------------|-------------------------|-----------------|---------------------------|----------------|
| | Vollmilch | 1/3 Folgemilch | Vollmilch | 1/3 Folgemilch |
| Amaranth-Weizen | $0,31 \pm 0,02$ | $1,18 \pm 0,11$ | $8,1 \pm 0,6$ | $19,7 \pm 2,0$ |
| Hafer | $0,94 \pm 0,10$ | $2,56 \pm 0,23$ | $26,2 \pm 2,7$ | $44,0 \pm 4,6$ |
| Reis | $0,13 \pm 0,003$ | $0,82 \pm 0,04$ | $3,4 \pm 0,1$ | $13,7 \pm 0,7$ |

Tab. 51: Eisengehalt und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch

Die Nährstoffdichte für Eisen pro 100kcal Brei liegt generell im unteren Bereich. Von den Vollmilchzubereitungen enthält Hafer mit $941,08 \pm 97,12 \mu\text{g}/100\text{kcal}$ das meiste Eisen. Als eisenreiche Lebensmittel zeigen sich nur die Folgemilchzubereitungen Hafer und Amaranth-Weizen da ja Folgemilch wie schon erwähnt mit Eisen angereichert ist. Diese zwei Breie liegen demnach über der *Soll-Nährstoffdichte* von $1,14\text{mg Fe}/100\text{kcal}$ (Tab. 51).

4.3.3.4 Zink

Muttermilch versorgt den Säugling die ersten 4-6 Monate optimal mit Zink. Danach ist die Zinkkonzentration rückläufig. 7 Monate nach der Geburt enthält die Muttermilch weniger als 1mg/l an Zink (Krebs et al., 1995). Dadurch beträgt die Zinkaufnahme des Säuglings bei exklusivem Stillen unabhängig vom Zinkstatus der Mutter nur mehr 0,5-

0,6mg (Krebs et al., 1995; Krebs et al., 1994) während die D-A-CH Gesellschaften eine Zufuhr von 2mg/Tag empfehlen (D-A-CH, 2008). Das FKE wie auch andere Pädiater empfehlen deshalb als erste Beikost vor dem Milch-Getreide-Brei den Gemüse-Kartoffel-Fleisch-Brei in den Speiseplan aufzunehmen, da dieser sowohl Eisen als auch Zink in einer gut bioverfügbaren Form enthält (Hambidge und Krebs, 2007; Kersting et al., 2003; Krebs, 2007). Die intestinale Bioverfügbarkeit beläuft sich bei ca. 20-40% (Ekmekcioglu, 2000).

Vollmilch-Brei

Vollmilch enthält 1,0mg Zink/200ml (Tab. 48). Die drei Breiprodukte Amaranth-Weizen, Hafer und Reis weisen im Einzelnen nur geringe Unterschiede im Zinkgehalt auf und enthalten im Mittel $3,4 \pm 0,3$ mg Zink pro Breiportion. Die D-A-CH empfiehlt im 4.-12. Lebensmonat eine Zinkaufnahme von 2mg/Tag (D-A-CH, 2008). Durch einen Vollmilchbrei wird diese bis um das 1,9fache (Reis) überschritten (Abb. 32).

Folgemilch-Brei

Bei Zubereitung mit 1/3 Folgemilch sinkt die Zinkkonzentration im Brei auf mittlere $2,5 \pm 0,2$ mg. Aus der Folgemilch kommen dabei pro Mahlzeit rund 0,8mg Zink (Tab. 48). Beim Vergleich der drei Produkte liefert der Amaranth-Weizen-Brei mit 134% das meiste Zink, gefolgt von Reis (119%) und Hafer (118%) (Abb. 33).

| Breiart: | Zink mg/100kcal | | % D-A-CH | |
|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| | Vollmilch | 1/3 Folgemilch | Vollmilch | 1/3 Folgemilch |
| Amaranth-Weizen | $1,57 \pm 0,20$ | $2,01 \pm 0,47$ | $167,3 \pm 21,3$ | $134,3 \pm 31,7$ |
| Hafer | $1,42 \pm 0,27$ | $1,72 \pm 0,37$ | $157,9 \pm 29,8$ | $118,1 \pm 25,2$ |
| Reis | $1,71 \pm 0,41$ | $1,76 \pm 0,25$ | $187,8 \pm 45,1$ | $118,7 \pm 17,4$ |

Tab. 52: Zinkgehalt und prozentualer Anteil im Hinblick auf die D-A-CH Empfehlung der untersuchten Getreidebeikost zubereitet mit Vollmilch bzw. 1/3 Folgemilch

Alle analysierten Milchbreie weisen eine Nährstoffdichte über 0,3mg Zink/100kcal (*Soll-Nährstoffdichte*) auf, wodurch sie bezüglich ihres Zinkgehalts als nährstoffdicht eingestuft werden können (Tab. 52).

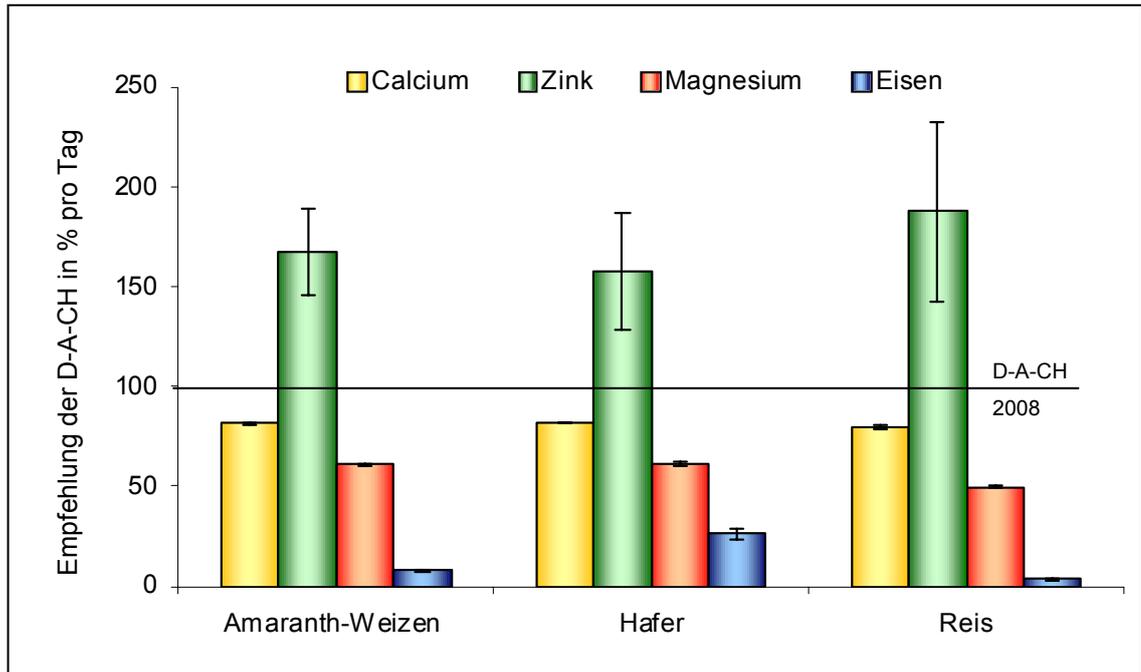


Abb. 32: Zufuhr an Mineralstoffen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Vollmilch-Brei (n=4) im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%)

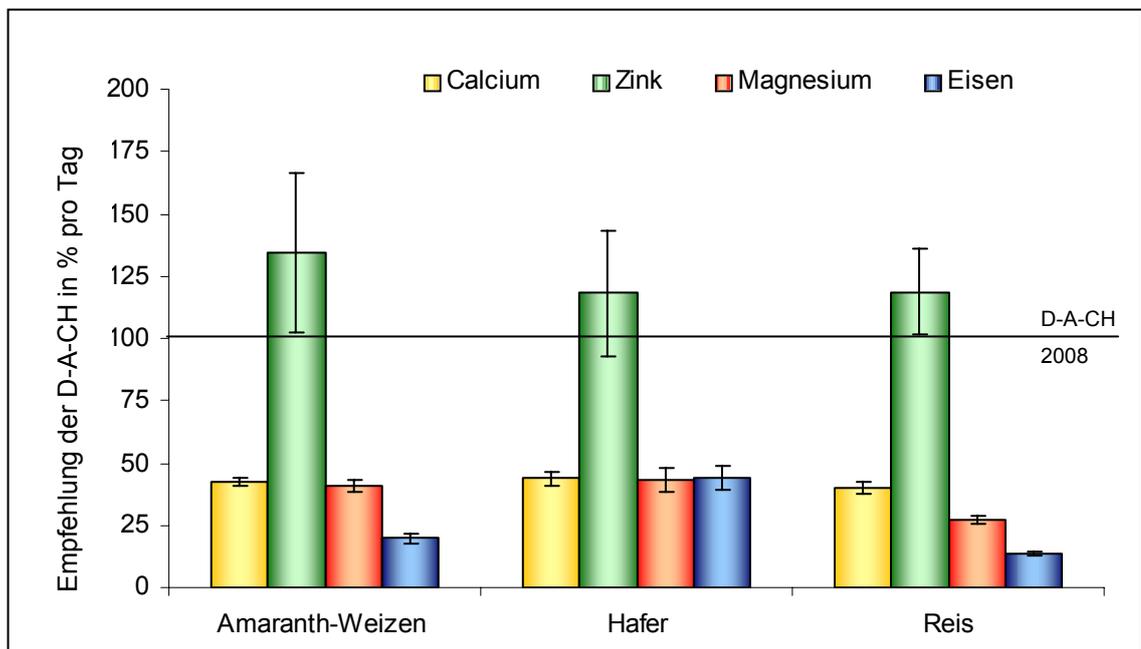


Abb. 33: Zufuhr an Mineralstoffen mittels Amaranth-Weizen-, Hafer- und Reis-Folgemilch-Brei (n=4) im Vergleich zur D-A-CH- Empfehlung (=100%)

Resümee (Mineralstoffe)

Vollmilch ist von Natur aus eine exzellente Calciumquelle (Tab. 48) und trägt als Bestandteil des Vollmilch-Getreide-Breis entscheidend zur Calciumversorgung des Säuglings bei (Abb. 4). Der Gehalt an Zink und Magnesium ist in den untersuchten Getreide-Milchbreien zufriedenstellend (Abb. 32+33). Konventionell erhältliche Milch-Getreide-Breie findet man vielfach mit Eisen angereichert. Aus Sicht des FKE soll die Hauptquelle für die Eisenversorgung jedoch der Gemüse-Kartoffel-Fleisch-Brei sein. Dieser nämlich liefert 35% der Tageszufuhr in Form des gut bioverfügbaren Häm-Eisens (Alexy und Kersting, 1999; Kersting et al., 2003).

4.4 Unterschiede im Nährstoffgehalt eines Milch-Getreide-Breis in Abhängigkeit von der Zubereitung (*Milchart*)

4.4.1 Säuglingsmilch

Die Zusammensetzung von Säuglingsanfangs- und Folgenahrung wird in der EG Richtlinie 2006/141/EG geregelt (EG Richtlinie, 2006b). Die Ernährung mit Säuglingsanfangsmilch kann während des gesamten ersten Lebensjahres beibehalten werden solange der Säugling satt wird. Umstellung auf Folgemilch führe eher zur Entwicklung von Übergewicht (Hoffmann, 2007). Auf jeden Fall ist Folgemilchnahrung (kommt der Kuhmilch am nächsten) erst für Säuglinge ab dem 5. Monat geeignet. Folgemilchnahrungen sind als flüssiger Anteil in der Ernährung von Säuglingen gedacht, die bereits Beikost bekommen (Alexy, 2007; Schöch und Kersting, 2003).

4.4.2 Kuhmilch

Mit der Beikost erhält der Säugling im 2. Lebensjahr einen Milch-Getreide-Brei mit 200ml Milch. Das FKE empfiehlt bei Selbstzubereitung die Verwendung von 3,5% Vollmilch (Kersting, 2000). Aufgrund der geltenden EG-Richtlinie 2006/125/EG darf dies aber von Seiten der Industrie (Hinweis zur Vollmilchzubereitung auf der Beikostpackung) nicht mehr empfohlen werden, da der Vollmilch-Brei 37E% statt den gesetzlich erlaubten 30E% an Fett liefert (EG Richtlinie, 2006a). Kuhmilch ist eine ausgezeichnete Protein- und Calciumquelle. Gleichzeitig aber verursacht sie beim Säugling eine hohe renale Molenlast von 46mosm/100kcal (Koletzko, 2002).

4.4.3 Vollmilch- und Folgemilchbrei im Vergleich

| Produkt (n=4): Nährstoffe/Portion | Reis | | | Hafer | | | Amaranth-Weizen | | |
|--------------------------------------|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-----------------|-------|-----|
| | VM | FM | p | VM | FM | p | VM | FM | p |
| Energie (kcal) ¹ | 219,6 | 134,6 | *** | 222,6 | 137,4 | *** | 213,1 | 133,9 | *** |
| Protein (g) | 8,3 | 2,7 | *** | 9,6 | 3,9 | *** | 9,5 | 3,9 | *** |
| Fett (g) | 7,5 | 3,4 | * | 8,5 | 4,2 | ns | 7,7 | 3,7 | * |
| <i>Fettsäuren</i> | | | | | | | | | |
| % GFS | 68,8 | 41,5 | *** | 67,2 | 40,9 | *** | 68,1 | 42,1 | *** |
| % MFS | 27,8 | 38,3 | *** | 27,9 | 37,4 | *** | 27,9 | 37,4 | *** |
| % PFS | 3,3 | 20,2 | *** | 5,0 | 21,7 | *** | 4,0 | 20,6 | *** |
| % Linolsäure | 1,9 | 18,1 | | 3,5 | 19,9 | | 2,6 | 18,8 | |
| % Linolensäure | 0,7 | 2,0 | | 0,7 | 1,7 | | 0,7 | 1,6 | |
| Kohlenhydrate (g) ² | 28,6 | 23,3 | ** | 24,8 | 20,6 | *** | 25,6 | 21,2 | *** |
| Ballaststoffe (g) | 0,77 | 1,1 | nm | 1,7 | 2,1 | nm | 1,3 | 1,7 | nm |
| Vitamin B ₁ (µg) | 230,2 | 257,6 | ns | 280,1 | 320,1 | ns | 123,6 | 178,2 | *** |
| Vitamin B ₂ (µg) | 481,8 | 179,7 | *** | 505,7 | 229,0 | ** | 462,0 | 179,7 | *** |
| Vitamin B ₆ (µg) | 131,8 | 190,1 | ** | 160,1 | 249,3 | ** | 118,9 | 211,2 | ** |
| Folsäure synth. (µg) | | | | 37,7 | 59,2 | ** | | | |
| Vitamin A (µgRÄ) | 25,6 | 66,3 | *** | 25,9 | 73,6 | *** | 24,8 | 76,5 | *** |
| Vitamin E (µgTÄ) | 154 | 871,8 | *** | 193,3 | 1131 | *** | 168,9 | 1039 | ** |
| Vitamin D ₃ (µg) | | 1,3 | ** | | 1,6 | ** | 1,1 | 2,9 | ns |
| Calcium (mg) | 318,8 | 160,1 | *** | 327,7 | 174,8 | *** | 325,1 | 169,4 | *** |
| Magnesium (mg) | 29,8 | 16,3 | *** | 36,8 | 26,0 | ** | 36,6 | 24,4 | ** |
| Zink (mg) | 3,8 | 2,4 | * | 3,2 | 2,4 | ns | 3,4 | 2,7 | * |
| Eisen (mg) | 0,28 | 1,1 | *** | 2,1 | 3,5 | ** | 0,65 | 1,6 | ** |

Angegebene Werte sind Mittelwerte, Analysenwerte + Standardabweichung siehe Anhang

*** p<0,001 ** p<0,01 * p<0,05

ns.. nicht signifikant

nm.. keine statistische Auswertung möglich da n=1

¹ physiologischer Brennwert, ² Gesamtkohlenhydrate

Tab. 53: Statistisch ermittelte Unterschiede im Energie- und Nährstoffgehalt der untersuchten Breie in Abhängigkeit der Zubereitung mit Vollmilch (VM) oder Folgemilch (FM)

Vollmilch und Folgemilch bzw. 1/3 Folgemilch unterscheiden sich prinzipiell hinsichtlich ihrer Nährwertzusammensetzung (Anhang II). Ein Beikostrohprodukt ergibt daher in Abhängigkeit der zur Zubereitung verwendeten Milchart Breimahlzeiten mit unterschiedlichem Nährwert (Tab. 53).

4.4.3.1 Makronährstoffe

Ein Säugling nimmt durch eine Vollmilchmahlzeit der Sorte Amaranth-Weizen, Hafer und Reis höchst signifikant ($p < 0,001$) mehr Energie zu sich, als durch einen Folgemilchbrei (Folgemilch zu 2/3 verdünnt).

Aufgrund des hohen Proteingehalts in der Vollmilch (3,3g/100g) ist auch die Zufuhr an Protein durch den Verzehr aller neuen, mit Vollmilch zubereiteten, Breie höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als die 1/3 Folgemilchbreie.

Die Folgemilchzubereitung von Reis und Amaranth-Weizen zeigt einen signifikant ($p < 0,05$) niedrigeren, die des Hafers ($p = 0,051$) einen zwar niedrigeren jedoch nicht signifikant geringeren Fettgehalt, verglichen mit den untersuchten Vollmilchbreien gleicher Getreideart.

Aufgrund der Vollmilch, die reich an gesättigten Fettsäuren (GFS) wie Palmitinsäure (880mg/100g) und Stearinsäure (380mg/100g) ist (Souci-Fachmann-Kraut, 2004), nimmt der Säugling höchst signifikant ($p < 0,001$) mehr an gesättigten Fettsäuren auf, als mit dem 1/3 Folgemilchbrei. Sowohl in der Vollmilch, als auch in der Folgemilch, ist die Ölsäure die vorherrschende einfach ungesättigte Fettsäure (MFS). Alle enthaltenen MFS mit einbezogen, erweist sich für den Säugling der 1/3 Folgemilchbrei, verglichen mit dem Vollmilchbrei, als eine höchst signifikant ($p < 0,001$) bessere Quelle an MFS wie auch an Polyenfettsäuren (PFS).

Die Aufnahme von Kohlenhydraten ist durch die Vollmilchzubereitung bei allen drei Beikostprodukten zwar auf unterschiedlichem Signifikanzniveau jedoch immer signifikant ($p < 0,05$) höher als bei Verwendung von Folgemilch.

4.4.3.2 Mikronährstoffe

Aufgrund der mit Vitamin B₁ und Vitamin B₂ angereicherten Folgemilch liefert selbst ein 1/3 Folgemilchbrei pro Portion mehr an Vitamin B₁ als der Vollmilchbrei. Ein höchst signifikanter ($p < 0,001$) Unterschied liegt aber nur beim Zubereitungsvergleich des Produkts Amaranth-Weizen vor. Vollmilch ist mit natürlich vorhandenen 35µg Vitamin B₆/100g (Souci-Fachmann-Kraut, 2004) eine wesentlich schlechtere Vitamin B₆ Quelle als die angereicherte Folgemilch. Demnach nimmt ein Säugling selbst nach Verdünnung der Folgemilch (2:1) hoch signifikant ($p < 0,01$) mehr an Pyridoxin auf, als durch den Vollmilchbrei. Aufgrund des hohen Gehalts an Riboflavin

der Vollmilch mit 180µg Vitamin B₂/100g (Souci-Fachmann-Kraut, 2004) nimmt ein Säugling trotz angereicherter Säuglingsmilch durch den Vollmilchbrei Reis und Amaranth-Weizen höchst signifikant ($p < 0,001$) und durch die Haferzubereitung hoch signifikant ($p < 0,01$) mehr an Vitamin B₂ auf als bei Zubereitung mit 1/3 Folgemilch.

Bezüglich der fettlöslichen Vitamine nimmt der Säugling durch alle drei mit Folgemilch gekochten Beikostprodukte höchst signifikant ($p < 0,001$) mehr an Vitamin A und ebenfalls signifikant mehr an Vitamin E durch Reis und Hafer ($p < 0,001$) wie durch Amaranth-Weizen ($p < 0,01$) pro Mahlzeit im Vergleich zum Vollmilchbrei auf. Beim Gehalt an Vitamin D₃ gibt es beim Beikostprodukt Amaranth-Weizen keinen signifikanten ($p = 0,061$) Unterschied zwischen den zwei Zubereitungsformen.

Der Vollmilchbrei erweist sich im Vergleich zum 1/3 Folgemilchbrei als bessere Quelle für Calcium, Magnesium und Zink. Der als Calciumquelle ausgelobte Vollmilchbrei liefert dem Säugling höchst signifikant ($p < 0,001$) mehr an Calcium und ebenso signifikant ($p < 0,001$ Reis, $p < 0,01$ Hafer und Amaranth-Weizen) mehr an Magnesium als der 1/3 Folgemilchbrei. Bezüglich Zink liefert der Reis- und Amaranth-Weizen-Vollmilchbrei dem Säugling signifikant ($p < 0,05$) mehr an diesem Mineral als die Folgemilchzubereitung. Vollmilch ist ein schlechter Eisenlieferant und wird auch diesbezüglich in der Säuglingsernährung kritisch diskutiert (Chahda, 1999; Fleischer Michaelsen, 2000). Durch die angereicherte Folgemilch nimmt der Säugling pro 1/3 Folgemilchbrei der Sorte Reis höchst signifikant ($p < 0,001$) und der Sorte Hafer wie Amaranth-Weizen hoch signifikant ($p < 0,01$) mehr an Eisen zu sich als mit einer Vollmilchbrei Mahlzeit.

4.5 Einflussnahme von äußeren Umständen auf den Nährstoffgehalt von Getreide-Beikost

Verarbeitungs- und Kochprozesse können zu Vitaminverlusten führen. Die Verluste variieren bedingt durch Art und Weise des Kochvorgangs, wobei auch das Lebensmittel an sich eine wichtige Rolle spielt. Parameter wie Temperatur, Sauerstoff, Licht, Feuchtigkeit, pH Wert sowie die Wirkzeit dieser Faktoren auf das Lebensmittel werden mit Vitaminverlusten in Verbindung gebracht (Lesková et al., 2006). Eine Evaluierung der entstehenden Nährstoffeinbußen durch Produktion, Zubereitung und Lagerung ist die Voraussetzung einer zielorientierten, an den Säugling angepassten Entwicklung

von Beikostprodukten (Allen, 2003). Auf diese Weise werden sowohl zu geringe, als auch übermäßig hohe Nährstoffzusätze vermieden.

| Getreidebeikost-Rohprodukte (n=4) | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|------------------|-------|-------|
| Pro 100g Nährstoffe | Reis | | | Hafer | | | Amaranth-Weizen | | |
| | Soll ² | Ist | | Soll ² | Ist | | Soll | Ist | |
| | | WMH | EMH | | WMH | EMH | | WMH | EMH |
| Trockenmasse (%) | k.A. | 94,1 | 93,4 | k.A. | 93,9 | 94,6 | k.A. | 94,4 | 92,9 |
| Energie (kcal) | 346 | 380,1 | nb | 391 | 392,0 | nb | 332 | 389,4 | nb |
| Protein (g) | 6,7 | 6,5 | 6,3 | 13,8 | 11,8 | 12,0 | 10,9 | 11,5 | 10,8 |
| Fett (g) | 0,7 | 1,4 | nb | 7,2 | 4,6 | nb | 2,8 | 3,3 | nb |
| Kohlenhydrate (g) | 78,2 | 85,4 | nb | 67,8 | 75,9 | nb | 65,9 | 78,4 | nb |
| Ballaststoffe (g) | k.A. | 3,9 | nb | k.A. | 8,5 | nb | 7,3 | 6,6 | nb |
| Vitamin B ₁ (µg) | 810 | 781,9 | 589,7 | 1300 | 1136 | 804,0 | 1040 | 404,7 | 232,9 |
| Vitamin B ₂ (µg) | 530 | 465,0 | 400,4 | 620 | 614,9 | 508,0 | 580 | 455,6 | 413,1 |
| Vitamin B ₆ (µg) | 700 | f.W. | 506,7 | 700 | f.W. | 785,1 | 560 | f.W. | 513,7 |
| Folsäure synth. (µg) | k.A. | 0 | 0 | 200 | 228,5 | 248,3 | 0 | 0 | 0 |
| Vitamin A (µgRÄ) | k.A. | 0 | 0 | k.A. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vitamin E (µgTÄ) | k.A. | 0 | 0 | k.A. | 71,5 | 18,6 | k.A. | 51,1 | 14,7 |
| Vitamin D (µg) | k.A. | 0 | 0 | k.A. | 0 | 0 | 5,0 | 4,8 | 2,4 |
| Calcium (mg) | 207 | 217 | 220 | 255 | 247,1 | 255,7 | 266,5 | 244,6 | 242,5 |
| Magnesium (mg) | 25 | 32,6 | 34,9 | 130 | 77,5 | 83,1 | 100 | 69,9 | 74,0 |
| Zink (mg) | k.A. | 1,5 | 1,7 | k.A. | 2,9 | 2,9 | 1,0 ³ | 2,3 | 1,5 |
| Eisen (mg) | 0,4 | 1,3 | 1,3 | 4,2 | 11,5 | 13,1 | 3,0 | 5,5 | 4,5 |

Angegebene Werte sind Mittelwerte, Analysenwerte + Standardabweichung siehe Anhang

Soll: **laut Nährwerttabelle** berechnete Konzentration an Nährstoffen im Rohprodukt (Elmadfa et al., 2003; Souci-Fachmann-Kraut, 2004)

k.A. ...keine Angabe in der Nährwerttabelle

¹ unter Berücksichtigung der angereicherten Nährstoffe (siehe Tab. 22)

² ohne Berücksichtigung des Honigzusatzes

³ kommt rein aus dem Amaranth, da es für Zink in Weizengrieß keine Angabe gibt

Ist: **analysierter Nährwertgehalt** im Rohprodukt während der Mindesthaltbarkeit (WMH)

EMH: **analysierter Nährwertgehalt** im Rohprodukt am Ende der deklarierten Mindesthaltbarkeit

nb: nicht bestimmt

f.W. fehlender Wert aufgrund eines Analysenfehlers

Tab. 54: Kalkulierter (Soll) und analytisch ermittelter (Ist) Nährstoffgehalt in den Rohprodukten der neuen Produkte Amaranth-Weizen, Hafer und Reis während (WMH) und am Ende der Mindesthaltbarkeit (EMH)

4.5.1 Veränderter Nährstoffgehalt im Rohprodukt durch Produktmanipulation und -lagerung

Versuchsordnung

Die Entwicklung der Beikostprodukte Reis, Hafer und Amaranth-Weizen erfolgte mittels Nährwerttabellen. Ziel war es, die Anreicherung so effektiv wie möglich zu gestalten, dass die gesetzlichen Vorgaben erfüllt werden und das Produkt auch am Ende der Mindesthaltbarkeit (EMH) einen qualitativ hochwertigen Beitrag zur Ernährung des Säuglings liefert, ohne aber dabei unnötig hohe Mengen an Nährstoffen zuzusetzen. Die Berechnung erfolgte in der Annahme einer 100%igen Wiederfindung der angereicherten Nährstoffe ohne üblichen Sicherheitszuschlag. Durch die laborchemischen Analysen des Rohprodukts während und am Ende der Mindesthaltbarkeit wurde ermittelt, welche Verluste durch Produktion des Rohprodukts und durch Zubereitung des Breis beim Konsumenten zu erwarten sind. Ferner wurde durch Analyse des Rohprodukts am Ende der Mindesthaltbarkeit festgestellt, zu welchen Verlusten eine hausübliche Lagerung bei saisonal schwankender Raumtemperatur (20-30°C) führen kann. Es wurde bewusst auf standardisierte Lagerbedingungen verzichtet, da es im Sommer im privaten Haushalt auch zu Temperaturen bis $\geq 30^\circ\text{C}$ kommen kann und in Österreich Klimaanlage nicht Standard sind.

4.5.1.1 Theoretisch kalkulierte Nährstoffgehalte im Vergleich mit den laborchemisch ermittelten Nährstoffgehalten der Rohprodukte während ihrer Mindesthaltbarkeit (WMH)

In Tab. 54 finden sich die laut Nährwerttabelle theoretisch errechneten (Soll), den tatsächlichen nach der Produktion und Anreicherung vorhandenen (Ist) und am Ende der Haltbarkeit (EMH) noch im Produkt enthaltenen Mengen an Nährstoffen gegenübergestellt. Die von Natur aus enthaltenen Konzentrationen an Vitaminen in den untersuchten Getreidesorten sind in Tab. 3 angegeben und dienen als Basis für Berechnungen der Anreicherung mit Thiamin, Riboflavin, Pyridoxin sowie Cholecalciferol und Folsäure (Tab. 22).

Makronährstoffe

Mit Ausnahme des Fettgehalts der Rohprodukte (Tab. 54) Hafer und Reis entspricht die Analyse der Hauptnährstoffe den in der Nährwerttabelle (Souci-Fachmann-Kraut, 2004) angegebenen Konzentrationen. Der Gesamtfettgehalt von Hafermehl ist mit

7,2g/100g angegeben. Der Rohstoff Hafermehl entspricht mit 6,9g Fett/100g diesem Wert während das „Beikostprodukt Hafer tellerfertig“ mit einem Fettgehalt von $4,6 \pm 0,1$ g/100g konzentrationsmäßig unterhalb dieses Werts liegt. Die Fettextraktion aus der Probenmatrix erfolgte hierbei mittels ASE[®] nach vorangegangenem Säureaufschluss (siehe 3.5.4). Unter Umständen liegt hier im Speziellen eine nicht vollständig erfolgte Fettextraktion aus der Matrix Hafermehl vor. Die ermittelten Werte für den Fettgehalt in der mit Vollmilch- und Folgemilch gekochten Beikost hingegen entsprechen exakt den theoretisch ermittelten Fettkonzentrationen pro Portion Milch-Getreide-Brei. Reismehl enthält laut Nährwerttabelle 0,7g Fett/100g (Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Der im Zuge dieser Studie analysierte Rohstoff Reismehl liefert ebenso wie das „Beikostprodukt Reis tellerfertig“ mit $1,4 \pm 0,3$ g Fett/100g doppelt so viel an Fett wie die Angabe aus der Nährwerttabelle (Souci-Fachmann-Kraut, 2004).

Mikronährstoffe

Innerhalb der Mindesthaltbarkeit liegt das mit Calcium angereicherte Beikostprodukt Reis ($216,6 \pm 11,9$ mg/100g) *etwas über*, das angereicherte Hafer- ($247,1 \pm 1,5$ mg/100g) und Amaranth-Weizen-Produkt ($244,6 \pm 4,1$ mg/100g) dagegen *etwas unter* dem mittels Nährwerttabelle berechneten Sollwert (Tab. 54). Ebenso verhält es sich mit dem Magnesiumgehalt in den untersuchten Beikostprodukten. Der Gehalt im Haferrohprodukt ($77,5 \pm 0,7$ mg/100g) liegt mit 40% der im Amaranth-Weizen-Rohprodukt ($69,9 \pm 1,8$ mg/100g) um 30% niedriger, als die Angaben der Nährwerttabelle für die jeweilige Getreidesorte (Souci-Fachmann-Kraut, 2004). Im Gegensatz zu Reismehl sind Hafermehl wie auch die Getreidemischung Amaranth-Weizen (25:75) als gute Eisenlieferanten bekannt und auch als solche ausgelobt (Tab. 54). Die Analyse dieser Getreidearten untermauern diese Erkenntnis mit 2,3mg Fe (Reis), 11,5mg Fe (Hafer) und 5,5mg Fe (Amaranth-Weizen) pro 100g Rohprodukt. Bestätigt wird dies in der verzehrsfertigen Form aller drei Produkte insbesondere jedoch in Form des verzehrsfertigen Beikostprodukts Hafer, der pro Portion Vollmilchbrei $2,1 \pm 0,2$ mg Fe und pro 1/3 Folgemilchmahlzeit $3,5 \pm 0,4$ mg Fe liefert.

Getreideprodukte sind sehr gute Quellen für die tägliche Versorgung mit Thiamin. Ein Großteil an Vitamin B₁ wie auch Vitamin B₆ geht jedoch bereits bei der Produktion von Getreidemehl verloren (Allen, 2003). Thiamin ist wie Folat thermolabil und oxidationsempfindlich (BfR, 2004a; D-A-CH, 2008). Pyridoxal ist ebenfalls empfindlich gegenüber Hitze und direkter Sonnenbestrahlung, wogegen Pyridoxin und Pyridoxamin sich als weniger hitzeempfindlich zeigen (Bognár, 1995; D-A-CH, 2008; Elmadfa und

Leitzmann, 2004). Riboflavin ist weitgehend hitzestabil wird aber durch Licht inaktiviert (Bognár, 1995; D-A-CH, 2008). Licht in Anwesenheit von Feuchtigkeit wirkt sich negativ auf den Vitamingehalt aus, wodurch eine undurchsichtige Produktverpackung erforderlich ist. Synthetische Vitamine verhalten sich letztlich je nach chemischer Form mehr oder weniger stabiler als das entsprechende natürliche Vitamin (Allen, 2003)

Bei allen Beikostrohprodukten wurde der berechnete Soll-Wert in der Praxis (Ist-Wert) nicht erreicht. Eine Ausnahme bildet der Folat Gehalt (+14,3%) im Haferprodukt. Der Gehalt an Thiamin liegt mit 3,5% (Reis), 12,6% (Hafer) und 61,1% (Amaranth-Weizen) unter dem berechneten Soll-Wert. Bezüglich der Konzentration an Riboflavin wird die im Rohprodukt erwartete Vitaminmenge um 12,3% (Reis), 0,8% (Hafer) und 21,4% (Amaranth-Weizen) nicht erreicht. Ein Vergleich der Vitamin B₆ Gehalte in allen Rohprodukten mit dem berechneten Soll-Gehalt ist aufgrund eines analytischen Fehlers nicht möglich (Tab. 54).

Ein Vitamin D₃ Gehalt von 4,8µg/100g im Produkt Amaranth-Weizen wird nach erfolgter Anreicherung mit 5µg Vitamin D₃/100g als zufriedenstellend angesehen (Tab. 54).

4.5.1.2 Analytisch ermittelte Nährstoffverluste im Rohprodukt am Ende der Mindesthaltbarkeit (EMH) bedingt durch Produktlagerung

Protein

Der im frischen Rohprodukt (während der Mindesthaltbarkeit, WMH) analysierte Proteingehalt (11,5±0,5g/100g) (Tab. 54) zeigt sich beim Amaranth-Weizen-Produkt als signifikant ($p < 0,05$) um 0,7g/100g (7%) erniedrigt am EMH (10,8±0,2g/100g). Bezogen auf die Trockensubstanz (TS) relativiert sich der Unterschied WMH (12,2±0,5g/100g TS) zu EMH (11,6±0,2/100g TS) als nicht signifikant.

Mineralstoffe

Von allen untersuchten Beikostprodukten (WMH und EMH) kommt es beim Amaranth-Weizen-Produkt am Ende der Mindesthaltbarkeit zu einer signifikanten Abnahme an Zink ($p < 0,01$) und Eisen ($p < 0,001$) während das Reis- und Haferprodukt keine Einbußen an Eisen, Zink, Magnesium und Calcium verzeichnen (Tab. 54).

Wasserlösliche Vitamine

Alle drei untersuchten Beikostprodukte zeigen bezüglich der wasserlöslichen Vitamine B₁ und Vitamin B₂ signifikante Einbußen durch Produktlagerung bei Raumtem-

peratur. Studien bezüglich Vitaminverluste durch Lagern von Produkten auf Getreidebasis bei Raumtemperatur bis zur EMH sind limitiert. Gut untersucht sind dagegen Verluste von wasserlöslichen Vitaminen in Produkten während kulinarischer Prozesse (Lesková et al., 2006) oder im Zuge technologischer Vorgänge (Athar et al., 2006). Der Gehalt an Thiamin im Rohprodukt, als Frisch- wie auch Trockensubstanz (Abb. 34), am Ende der Mindesthaltbarkeit hat um 24,6% (Reis), 29,2% (Hafer) und 42,5% (Amaranth-Weizen) im Vergleich zum analysierten Produkt während der Mindesthaltbarkeit (WMH) höchst signifikant ($p < 0,001$) abgenommen (Tab. 54).

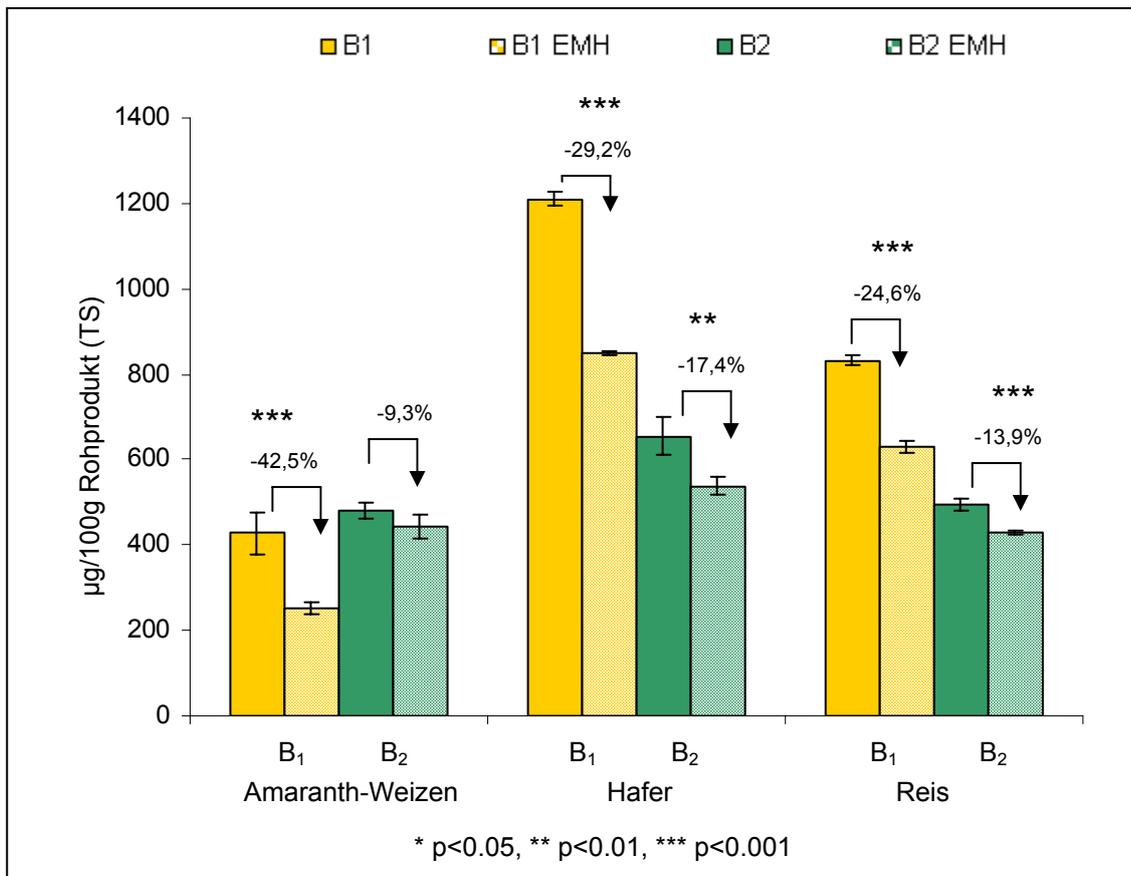


Abb. 34: Verbleibende Konzentrationen an Thiamin und Riboflavin (µg/100gTS) in den neuen Beikostprodukten (n=4) am Ende der deklarierten Mindesthaltbarkeit (EMH) im Vergleich zum Frischprodukt während der Mindesthaltbarkeit

Chitpan et al. (2005) führte im Zuge der Entwicklung eines angereicherten Beikostprodukts auf Reisbasis einen Thiamin-Stabilitätstest über 3 Monate durch. Als Verpackungsmaterial dienten Behältnisse aus Polyethylene (PE) und metallisierte Verpackungen. Im Gegensatz zur vorliegenden Studie werden bei Chitpan und dessen Arbeitsgruppe keine Verluste an Thiamin festgestellt (Chitpan et al., 2005). Dies bestätigt die enorme Bedeutung eines adäquaten Verpackungsmaterials.

Bezüglich des Riboflavingehalts in den Rohprodukten am EMH zeigen sich ebenfalls Verluste durch den Lagerprozess. Das Reisrohprodukt enthält höchst signifikant ($p < 0,001$) um 13,9%, das Haferrohprodukt hoch signifikant ($p < 0,01$) um 17,4% und das Amaranth-Weizen Produkt um 9,3% weniger Riboflavin als das jeweilige Beikostrohprodukt als Frischprodukt (Tab. 54). Die Signifikanz der Verluste zwischen WMH und EMH bestätigen sich mit Ausnahme des Amaranth-Weizen Produkts ($p > 0,05$) auch in Bezug auf den Trockensubstanzgehalt (Abb. 34).

Ein statistischer Vergleich zwischen dem Gehalt an Pyridoxin WMH und EMH ist aufgrund eines analytischen Fehlers die Produkte WMH betreffend nicht möglich. Um trotzdem eine Tendenz erkennen zu können, wird der berechnete „Soll-Gehalt“ im Rohprodukt mit dem Produkt am EMH (beide Frischsubstanz) verglichen, wobei das Reis- und Amaranth-Weizen Produkt hier um 27,6% und 8,3% weniger an Vitamin B₆ enthält wie das mittels Nährwerttabellen berechnete Produkt (Tab. 54). Diese rechnerische Näherung ist gewagt, da im berechneten Produkt von einer 100% (ohne Verluste) erfolgten Anreicherung und Produktion des Rohprodukts ausgegangen wird und fungiert daher nur im Sinne eines Denkmodells, um eine Tendenz darzustellen.

Das Haferprodukt wurde als Einziges pro 100g Rohprodukt mit 200µg synthetische Folsäure angereichert. Der Vergleich WMH mit EMH zeigt keinen Verlust an synthetischer Folsäure im Produkt bedingt durch die Lagerung. Eine Erklärung für die Stabilität der sonst sehr labilen Folsäure (Johansson et al., 2002) könnte die bei der Produktion als Schutz vor Lipidperoxidation zugegebene Ascorbinsäure (107mg/100g) sein. Antioxidantien wie Ascorbinsäure wirken sich positiv auf die Stabilität von Nahrungsfolat (McNulty und Pentieva, 2004) und synthetischer Folsäure unter Abwesenheit von Metallen (Fe^{2+}) und ohne Erhitzungsprozess aus. Folat ist in trockenen Produkten unter Ausschluss von Licht und Sauerstoff stabil. Folsäure kann Getreideprodukten ohne weiteres zugegeben werden, denn synthetische Folsäure in Getreidemehlen ist während der Lagerung stabil (Lesková et al., 2006).

Vitamin D₃

Während Vitamin D bis 180°C hitzestabil ist, besteht aber eine Empfindlichkeit bezüglich Sauerstoff und Licht (D-A-CH, 2008). Lesková et al. (2006) schreibt bezüglich Vitaminverluste (Lesková et al., 2006) bedingt durch Hitzebehandlung im Zuge haushaltsüblicher Zubereitungsarten über eine Vitamin D Abnahme um bis zu 40%. Obwohl Informationen zur Vitamin D Stabilität in Lebensmittel limitiert sind,

besteht generell die Meinung, dass dieses Vitamin eine hohe Stabilität aufweist (D-ACH, 2008; Kilcast, 1994), wobei erwähnt werden muss, dass diese im Zusammenhang mit der jeweiligen Lebensmittelmatrix steht (Kazmi et al., 2007). In der Studie von Banville et al. (2000) zeigte sich der mit Vitamin D₃ angereicherte Käse je nach Methode der Anreicherung für 3-5 Monate stabil bevor es nach 7 Monaten zur Abnahme bis zu 40% je nach Anreicherungsform kam. Die Käsereifung fand hier unter Abwesenheit von Luftsauerstoff und Licht sowie bei niedriger Lagertemperatur (4°C) statt (Banville et al., 2000). Upreti et al. (2002) hingegen konnten keine Verluste an Vitamin D₃ im Käse bei Lagerung über 9 Monate bei Raum- oder Kühlschrankschranktemperatur feststellen (Upreti et al., 2002). Zhang et al. (2007) untersuchten verschiedene Herstellungsverfahren von angereicherten Getränken auf Haferbasis. Die Lagerung der verpackten Produkte bei Raumtemperatur (22±2°C) führte je nach Herstellungsverfahren bei einer Lagerung von 12 Monaten zu einem 100%igen Verlust an Vitamin D₃, wobei bereits spätestens nach 6 Monaten der Vitamin D₃ Gehalt unter dem Detektionslimit lag (Zhang et al., 2007). Davidek et al. (1990) äußerten, dass Vitamin D sich bei höherer Lagertemperatur (25°C) nicht stabil verhält (Davidek et al., 1990). Vorhandene Studien zur Stabilität beruhen vermehrt auf kurzweiligen Effekten und/oder gekühlten Lagerbedingungen (Renken und Warthesen, 1993; Tangpricha et al., 2003; Wagner et al., 2008a) weshalb vermehrt Bedarf an Langzeitstudien über die Stabilität von Vitamin D in Lebensmittel besteht (Zhang et al., 2007).

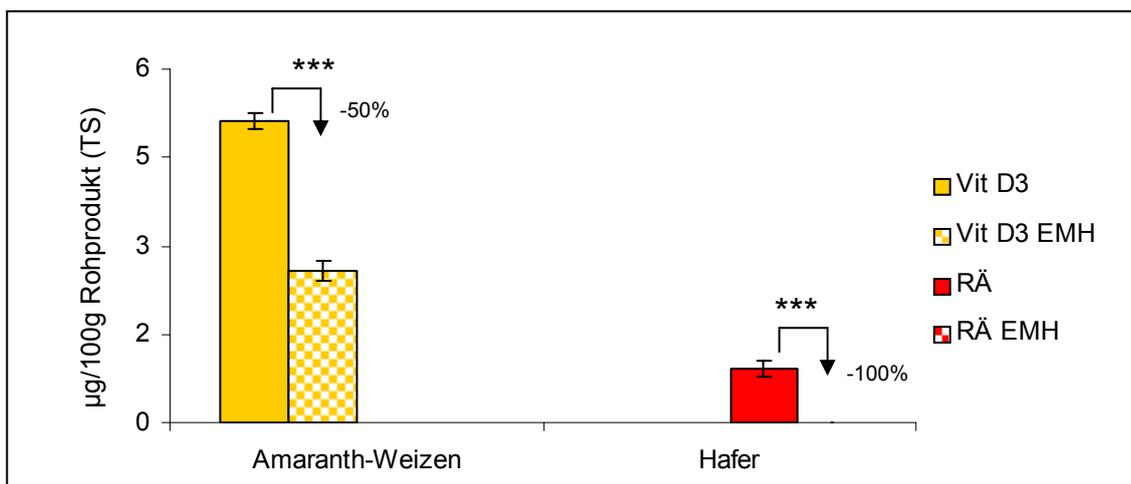


Abb. 35: Konzentration von angereichertem Vitamin D₃ und natürlich vorkommenden Retinoläquivalenten (RÄ) (µg/100g TS) in den Produkten (n=4) Amaranth-Weizen und Hafer am Ende der deklarierten Mindesthaltbarkeit (EMH) im Vergleich zum Frischprodukt (FP) (=WMH)

Die untersuchte Stabilität von angereichertem Vitamin D₃ im Produkt Amaranth-Weizen durch Lagerung bei Raumtemperatur war nicht zufriedenstellend. Am EMH kam es zu höchst signifikanten ($p < 0,001$) Verlusten (50%) von zugesetztem Vitamin D₃ (Tab. 54).

Bei allen durchgeführten Vitamin D₃ Analysen wurde eine interne Kontrollprobe mitgeführt. Hierzu wurde eine Packung Amaranth-Weizen der gleichen Lieferung gewählt, vakuumverpackt und bis zum Einsatz bei 6°C im Dunkeln gelagert. Die Kontrollprobe zeigte am Analysentag der EMH-Proben konzentrationsmäßig keine Unregelmäßigkeiten zu den bisher durchgeführten Analysen, wodurch ein Analysefehler im Tagesprobensatz ausgeschlossen werden kann.

Die im Haltbarkeitsversuch aufgetretenen Verluste bestätigen aber durchaus die Erkenntnisse von Zhang et al. (2007) bei Langzeitlagerung von Vitamin D₃. Weitere Untersuchungen bezüglich der Effektivität von Verpackung und des Einflusses der Lagertemperatur auf das Produkt sind nötig, da die Kontrollprobe (vakuumiert, 6°C) stabil blieb, während es in den Untersuchungsproben (handelsübliche Verpackung, Raumtemperatur) zu massiven Verlusten kam.

Vitamin A

Der Gehalt an Retinoläquivalenten im Haferprodukt liegt bei 5,1µg Beta Carotin/100g, was einem Gehalt von 0,9±0,1µg RÄ/100g entspricht. Im Zuge der deklarierten Mindesthaltbarkeit kommt es hierbei zu einem Verlust von 100%, wodurch am EMH kein Vitamin A wirksames Beta-Carotin mehr nachweisbar war (Abb. 35).

Vitamin E

Vitamin E ist instabil in Gegenwart von reduzierenden Substanzen wie Sauerstoff, Licht und Peroxiden. Verluste in Folge von kulinarischen Verarbeitungen sind in der Literatur vielfach diskutiert (Lesková et al., 2006). Getreidekörner sind wichtige Vitamin E Quellen in der menschlichen Ernährung. Unter den Vitamin E Isomeren finden sich vorherrschend Alpha (αToc)- und Beta-Tocopherol (βToc) wie Alpha (αToc3)- und Beta-Tocotrienol (βToc3). Zielinski et al. (2001) beschreiben einen signifikanten Verlust an Tocopherolen und Tocotrienolen bei der Verarbeitung von Getreide in Form von Extrusion (Zielinski et al., 2001). Eine Untersuchung zur Stabilität von Vitamin E in milchbasierten angereicherten Formulanahrungen über einen Zeitraum von 17 Monaten zeigte eine signifikante Abnahme an Alpha-, Gamma- und Delta-Tocopherol in Abhängigkeit von Lagertemperatur und -dauer (Miquel et al., 2004).

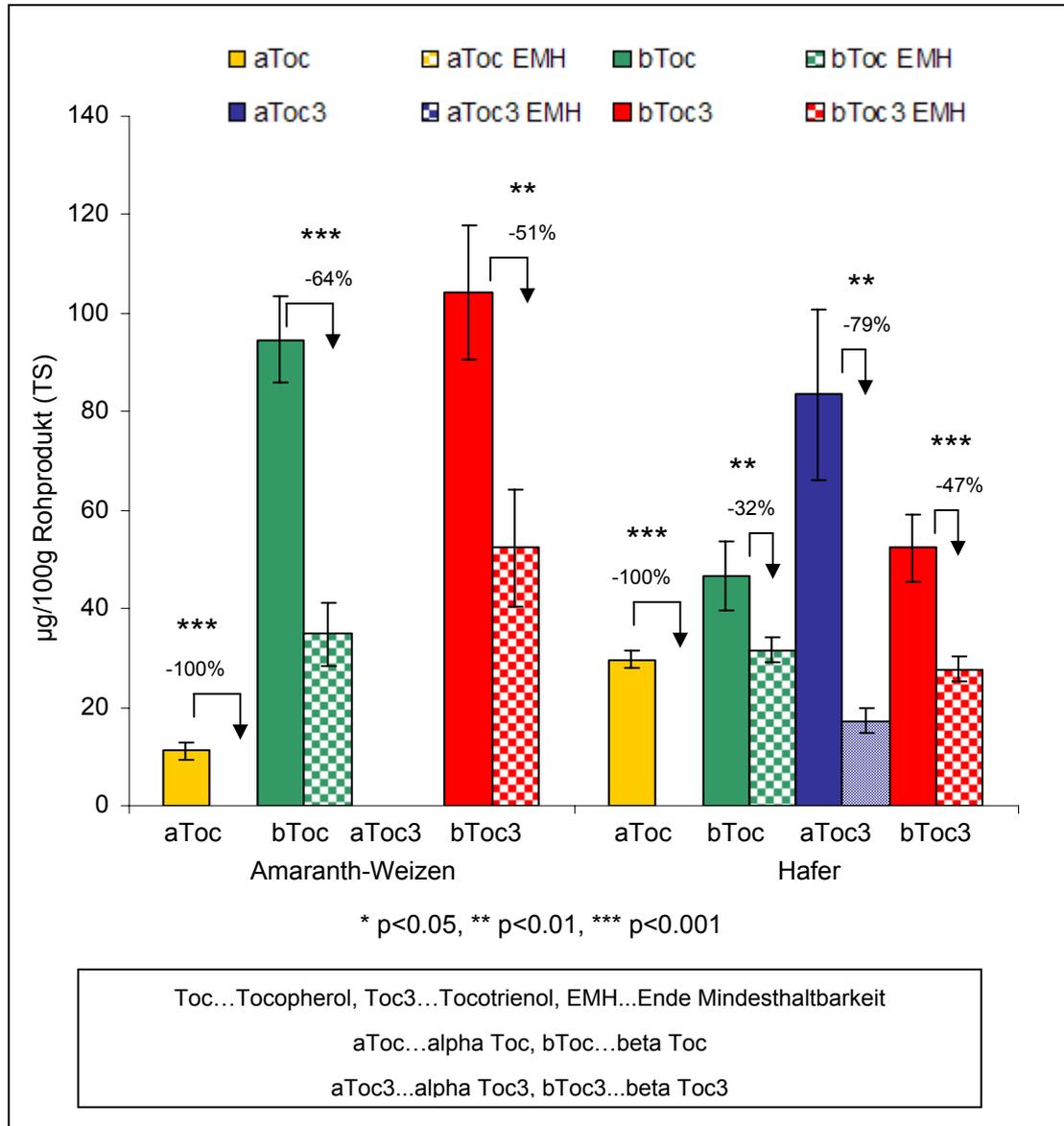


Abb. 36: Verbleibende Konzentration an Vitamin E Homolgen (µg/100g TS) in den Produkten (n=4) Amaranth-Weizen und Hafer am Ende der deklarierten Mindesthaltbarkeit (EMH) im Vergleich zum Frischprodukt (FP) (=WMH)

In zwei (Hafer und Amaranth-Weizen) der drei entwickelten Produkte finden sich geringe Konzentrationen an Vitamin E in Form von Tocopheroläquivalenten (TÄ). Die Stabilitätsuntersuchung von Vitamin E in den bis zur EMH verschlossenen Beikostprodukten zeigt Verluste an TÄ von 71,2% (Amaranth-Weizen) und 74% (Hafer) sowohl in Bezug auf die Frisch- wie auch die Trockensubstanz. Während der Lagerung kommt es sowohl bei Vitamin E wirksamen (aToc, bToc, aToc3) wie auch unwirksamen (bToc3) Homologen zu Verlusten (Abb. 36). Im Amaranth-Weizen Produkt ist am EMH kein aToc mehr nachweisbar (100% Verlust). Der Gehalt an bToc sinkt höchst signifikant

($p < 0,001$) von $89,30 \pm 8,06 \mu\text{g}/100\text{g}$ Frischprodukt (FP) ($94,6 \pm 8,7 \mu\text{g}/100\text{g}$ TS) auf $32,4 \pm 6,0 \mu\text{g}/100\text{g}$ FP ($34,9 \pm 6,5 \mu\text{g}/100\text{g}$ TS) am Ende der Mindesthaltbarkeit, was einem Verlust von 63,7% entspricht. Auch der Gehalt an bToc3 ist hoch signifikant ($p < 0,01$) am EMH mit $48,6 \pm 11,2 \mu\text{g}/100\text{g}$ FP ($52,3 \pm 12,0 \mu\text{g}/100\text{g}$ TS) um 50,6% erniedrigt im Vergleich zu WMH mit $98,5 \pm 12,7 \mu\text{g}/100\text{g}$ FP ($104,3 \pm 13,7 \mu\text{g}/100\text{g}$ TS). Gleich wie im Amaranth-Weizen Produkt ist im Haferprodukt am EMH kein aToc mehr nachweisbar (100% Verlust). Die Abnahme von 31,7% an bToc im Vergleich des WMH Produkts mit $43,9 \pm 6,2 \mu\text{g}/100\text{g}$ Frischprodukt (FP) ($46,8 \pm 7,0 \mu\text{g}/100\text{g}$ TS) zum Produkt am EMH mit $30,0 \pm 2,5 \mu\text{g}/100\text{g}$ FP ($31,7 \pm 2,7 \mu\text{g}/100\text{g}$ TS) erweist sich als hoch signifikant ($p < 0,01$). Am Ende der Mindesthaltbarkeit (EMH) findet sich mit $16,4 \pm 2,5 \mu\text{g}/100\text{g}$ FP ($17,3 \pm 2,6 \mu\text{g}/100\text{g}$ TS) hoch signifikant ($p = 0,04$) weniger an aToc3 im Vergleich zum FP (WMH) mit $78,2 \pm 15,6 \mu\text{g}/100\text{g}$ FP ($83,4 \pm 17,3 \mu\text{g}/100\text{g}$ TS), was einem Verlust von 79,1% an aToc3 während der Lagerung entspricht. Die Abnahme von bToc3 beträgt 46,6% ($p < 0,001$), wenn man den Gehalt im Frischprodukt mit $49,1 \pm 6,1 \mu\text{g}/100\text{g}$ FP ($52,4 \pm 6,7 \mu\text{g}/100\text{g}$ TS) dem Gehalt am Ende der Mindesthaltbarkeit von $26,3 \pm 2,5 \mu\text{g}/100\text{g}$ FP ($27,7 \pm 2,6 \mu\text{g}/100\text{g}$ TS) gegenüberstellt.

4.5.2 Kalkulierte Verluste der technologisch angereicherten Vitamine im verzehrfertigen Brei

Die tabellarisch zusammengefassten Vergleiche der mittels Nährwerttabelle kalkulierten (Soll) Nährstoffdaten mit den laborchemisch ermittelten Analysedaten der einzelnen verzehrfertigen Breie als Vollmilch- bzw. Folgemilchbrei finden sich im *Anhang*.

Aufgrund der Nährstoffverluste während der Produktion des Rohprodukts findet man in den mit Vollmilch und 1/3 Folgemilch zubereiteten verzehrfertigen Produkten Hafer- und Amaranth-Weizen weniger an Thiamin als bei der Entwicklung angenommen. Während der Thiamingehalt im verzehrfertigen Haferprodukt bis zu 15% (Vollmilchbrei) verringert ist, enthält der mit 1/3 Folgemilch gekochte Amaranth-Weizenbrei nur 44,1% des kalkulierten Thiamingehalts.

Der Riboflavingehalt in den mit 1/3 Folgemilch zubereiteten Produkten liegt um 17,6% (Reis), 3% (Hafer) und 21% (Amaranth-Weizen) unter dem berechneten Wert (100%) während die Vollmilchzubereitungen den Erwartungen entsprechen.

Die verzehrfertige Vollmilch-Getreidebeikost liefert dem Säugling pro Portion 36,6% (Reis), 23% (Hafer) und 34,2% (Amaranth-Weizen) weniger an Pyridoxin im Vergleich zum rechnerisch ermittelten „Soll-Gehalt“. Beim 1/3 Folgemilchbrei liegt von den drei untersuchten Beikostprodukten nur der Reisbrei 20% unter dem erwarteten Pyridoxin-gehalt pro Mahlzeit.

Eine Portion Vollmilch- bzw. 1/3 Folgemilchbrei liefert mit 1,1µg Vitamin D₃ bzw. 2,9µg Vitamin D₃ die gewünschte Menge dieses fettlöslichen Vitamins pro Mahlzeit.

4.5.3 Erfüllt die analysierte Getreidebeikost die gesetzlichen Anforderungen?

Von Seiten der Industrie wird üblicherweise bei der Produktion quantitativ mehr an Nährstoffen zugesetzt als am Etikett deklariert ist, da mit Verlusten während der Produktion und Lagerung gerechnet wird (Allen, 2003; Chávez-Servín et al., 2008). Auf diesen Sicherheitszuschlag wurde in dem vorliegenden Pilotprojekt bewusst verzichtet. Nach durchgeführter Nährstoffanalyse muss nun überprüft werden, ob die Produkte nach nur moderat erfolgter Nährstoffanreicherung und der durch die Produktion und Zubereitung entstandenen Verluste noch der Verordnung 2006/125/EG für Getreidebeikost entsprechen (EG Richtlinie, 2006a).

Laut Beikostverordnung sind maximal 3,3g Fett/100kcal verzehrfertigem Produkt erlaubt. Diese Forderung wird erfüllt, wenn der Brei unabhängig von der Getreidesorte mit 1/3 Folgemilch zubereitet wird. Bei Verwendung von Vollmilch (3,5% Fett) nach der Empfehlung des FKE (Kersting, 2000) entspricht die Beikostmahlzeit nicht mehr den gesetzlichen Forderungen, da er >30E% an Fett liefert.

Die Beikostverordnung (EG Richtlinie, 2006a) regelt die Höchstmenge (Tab. 4) an Nährstoffen, die dem Beikostprodukt zugesetzt werden dürfen. Die Vorgaben für den höchst zulässigen Zusatz an Thiamin, Riboflavin, Pyridoxin, Folsäure und Vitamin D bezieht sich auf das verzehrfertige Beikostprodukt und wird bei den Produkten Amaranth-Weizen, Hafer und Reis in keinem Fall überschritten. Das Beikostprodukt Amaranth-Weizen enthält im Fall einer Zubereitung mit Milch ohne Thiaminzusatz (z.B. Kuhmilch) sogar zu wenig an Vitamin B₁, wodurch der geforderte Mindestgehalt an Thiamin mit 100µg Vitamin B₁/100kcal nicht erreicht wird. Das Produkt entspricht somit nicht den gesetzlichen Forderungen, weshalb eine höhere Anreicherung mit Thiamin nötig ist.

Bei Calcium bezieht sich die Forderung der EG Richtlinie auf das verkaufsfertige Produkt, sprich dem unzubereiteten Rohprodukt (EG Richtlinie, 2006a). Keines der Produkte enthält mehr als 80mg Calcium/100kcal Rohprodukt, wodurch die Forderung der Richtlinie erfüllt wird.

4.6 Kinder-Vollmilch (KVM) ab dem 1. Lebensjahr

4.6.1 Produktdesign

Auf Basis von Kuhmilch (3,5±0,1% Fett), angereichert mit Calcium, Magnesium, Kalium und Vitamin D₃, entsteht ein vom Nährstoffprofil interessantes Produkt für Kinder ab dem 1. Lebensjahr (Zielgruppe: Kinder im Alter von 1-4 Jahren). In den ersten 10-12 Lebensmonaten wird die Gabe von handelsüblicher Kuhmilch nur als Bestandteil (200ml) des Vollmilch-Getreide-Breis, nicht aber als Trinkmilch empfohlen (Kersting, 2001). Es ist nicht vorgesehen, Getreide-Breie mit der nährstoffangereicherten Kinder-Vollmilch zuzubereiten. Die meisten für den Säugling am Markt befindlichen Getreideflocken sind mit Nährstoffen angereichert. Dies würde beim Konsum eines Breis zu einer ungewollt hohen Nährstoffaufnahme führen. Erst gegen Ende des ersten Lebensjahres mit Einführung in die Familienkost erhält das Kind eine Brotmahlzeit mit einem Glas (Kinder)-Vollmilch (200-250ml) (Kersting, 2001).

4.6.2 Haltbarkeit

Durch die spezielle UHT Erhitzung (127°C, 10-15sek) und anschließende rasche Kühlung auf 90°C zählt die Kindermilch zu den ESL (**E**xtended **S**helf **L**ife)- Produkten. Die Lagerung erfolgt zwar im Kühlschrank, sie ist jedoch länger (12-21 Tage) haltbar als eine herkömmliche pasteurisierte (72-75°C, 30sek) Frischmilch (5-6 Tage). Eine UHT erhitzte Milch muss als „hocherhitzt“ gekennzeichnet sein. Die Vitaminverluste belaufen sich laut Literatur auf rund 10% gegenüber der Frischmilch (Info, 2007).

4.6.3 Nährstoffanreicherung

Kuhmilch ist von sich aus mit 1,20g an Calcium pro Liter eine exzellente Calciumquelle. Sie ist von hohem ernährungsphysiologischen Wert und stellt als Nahrungsmittel ein ideales Carrier-Vehikel für eine Anreicherung mit Nährstoffen dar. Das meiste Calcium in Milch ist kolloidal im Casein-Phosphat-Komplex gebunden, der im Zuge einer

physiologischen Verdauung gespalten wird, wodurch die Bioverfügbarkeit des Milch-Calciums im Vergleich zu anderen Lebensmitteln hoch ist (Guéguen und Pointillart, 2000). Die effektive Absorption von natürlich vorkommendem Calcium aus der Milch übersteigt trotz alledem mit Ausnahme von Neugeborenen (Calcium aus der Muttermilch) unter normalen Bedingungen selten 40% (Guéguen und Pointillart, 2000).

Calcium wurde in der chemischen Form des Calciumcarbonats (CaCO_3) (40% Calcium), Magnesium als Magnesiumcarbonat (MgCO_3) (30% Magnesium) und Kalium in Form des Kaliumcitrats ($\text{C}_6\text{H}_5\text{K}_3\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$) (12% Kalium) angereichert. Vitamin D wurde in Form des Cholecalciferols (100% Vitamin D_3) zugesetzt.

| pro 1000ml (Tatrapak [®]) | Basis Kuh-Vollmilch | VERSUCH 1 | | VERSUCH 2 | |
|--|------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| | | Zugabe 1 | Soll-KVM 1 ⁵ | Zugabe 2 | Soll-KVM 2 ⁵ |
| Energie (kcal) | 650 | | 650 | | 650 |
| Protein (g) | 33 | | 33 | | 33 |
| Fett (g) | 35 | | 36 | | 36 |
| Kohlenhydrate (g) | 47 | | 47 | | 47 |
| Calcium (mg) | 1200 | 1214 ¹ | 1686 | 300 ¹ | 1320 |
| Magnesium (mg) | 120 | 48,8 ² | 134 | 20 ² | 126 |
| Kalium (mg) | 1400 | 1252 ³ | 1853 | 1252 ³ | 1853 |
| Vitamin D ₃ (µg) | 0,09 | 10,1 ⁴ | 10,19 | 4,0 ⁴ | 4,09 |

¹ Calciumcarbonat (MG=100,09g/Mol), ² Magnesiumcarbonat (MG=84,32g/Mol), ³ Kaliumcitrats (MG=324,41g/Mol), ⁴ Cholecalciferol (MG=384,64g/Mol), ⁵ wirksame Form, ⁶ (Souci-Fachmann-Kraut, 2004)

Tab. 55: Kalkulation der Nährstoffanreicherung auf Basis einer Vollmilch pro 1000ml (Verpackungseinheit) (Souci-Fachmann-Kraut, 2004)

Die Kalkulation der Nährstoffzugabe (Tab. 55) erfolgte unter der Annahme, dass pro Tag nicht mehr als ein Glas Kinder-Vollmilch (Portion=200ml) getrunken wird.

4.6.4 Pilotprojekt

4.6.4.1 Kindervollmilch (KVM) 1

Calciumcarbonat zeigte bei Anreicherung in der Konzentration von 1214mg/l eine unhomogene Verteilung in der Packung (erkennbar dadurch, dass es sich am Boden abgesetzt hat). Trotz der unhomogenen Verhältnisse werden pro Portion trotzdem 63% der von den D-A-CH Gesellschaften empfohlenen Zufuhr an Calcium abgedeckt. Der Konsum von 200ml Milch liefert 47% der Tagesempfehlung für Magnesium und 49%

der Empfehlung für Kalium. Eine Portion Kinder-Vollmilch enthält effektiv 1,84µg Vitamin D₃/l wodurch bereits 37% der D-A-CH Empfehlung für ein 1-4 jähriges Kind (5µg D₃/Tag) gedeckt werden (Tab. 56).

4.6.4.2 Kindervollmilch (KVM) 2

Aufgrund der zu hoch angesetzten Zugabe und der damit verbundenen schlechten Löslichkeit des Calciumcarbonats wurde die Zugabe auf 300mg CaCO₃/l (120mg Ca/l) verringert. Die Anreicherung der Milch mit Magnesiumcarbonat erwies sich problemlos, wurde jedoch ebenfalls auf 20mg MgCO₃/l (6mg Mg/l) reduziert. Die Zugabe von Kalium wurde bei 1252mg C₆H₅K₃O₇*H₂O/l (453mg K/l) belassen. In Anbetracht des bestehenden Upper Levels von 25µg/Tag für Vitamin D (EFSA, 2006) und der vorhandenen Vitamin D Quellen im Zuge der optimierten Mischkost (Fisch, Eigelb, Leber) wurde die Zugabe von 10,1 µg auf 4,0µg Vitamin D₃/l reduziert.

Eine Portion Kinder-Vollmilch (200ml) liefert als Baustein im OPTIMIX Mahlzei- tensystem (Kersting et al., 2003) einen wichtigen Beitrag zur Ernährung des Kindes, ist aber auch im erwachsenen Alter ein wertvolles Lebensmittel. Das Nährstoffprofil sowie der Bezug zu den D-A-CH Referenzwerten der im Handel erhältlichen Kindervollmilch (KVM 2) sind in Tab. 58 dargestellt.

| pro 200ml (Portion) | KVM 1 | %D-A-CH 1-4 Jahre ¹ | %D-A-CH >25 Jahre ² | KVM 2 | %D-A-CH 1-4 Jahre ¹ | %D-A-CH >25 Jahre ² |
|-----------------------------|-------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Energie (kcal) | 176 | | | 176 | | |
| (kJ) | 738 | | | 738 | | |
| Protein (g) | 6,5 | | | 6,5 | | |
| Fett (g) | 8,6 | | | 8,6 | | |
| Kohlenhydrate (g) | 7,2 | | | 7,2 | | |
| Calcium (mg) | 375,5 | 63% | 38% | 246,1 | 41% | 25% |
| Magnesium (mg) | 37,9 | 47% | 12% | 24,9 | 31% | 8% |
| Kalium (mg) | 491,9 | 49% | 25% | 491,9 | 49% | 25% |
| Vitamin D ₃ (µg) | 1,84 | 37% | 37% | 0,72 | 14% | 14% |

¹D-A-CH Empfehlung (1-4 Jahre): Ca 600mg/d, Mg 80mg/d, K 1000mg/d, Vit. D 5µg/d

²D-A-CH Empfehlung (>25 Jahre): Ca 1000mg/d, Mg 0325mg/d, K 2000mg/d, Vit. D 5µg/d (>65 Jahre, 10µg/d),

Tab. 56: Ermittelttes Nährstoffprofil der Kindervollmilch (KVM1, KVM2) durch laborchemische Analyse und Vergleich der angereicherten Nährstoffe mit den D-A-CH Empfehlungen

4.6.5 Chargenvariation & Produktionsverluste

Bei angereicherten Produkten sind der Nährstoffgehalt und -homogenität ebenso wie die deklarierte Nährstoffmenge versus tatsächlicher Nährstoffmenge im Lebensmittel von Bedeutung. Verschiedene Arbeitsgruppen konnten zeigen, dass der auf dem Etikett deklarierte Nährstoffgehalt oft nicht dem tatsächlichen Nährstoffgehalt im Produkt entspricht (Chen et al., 1993; Holick et al., 1992; Tanner et al., 1988). Stellt sich die Frage, ob diese Variabilität im Vitamingehalt auf eine inkonsistente Anreicherung oder auf die Instabilität des Vitamins zurückzuführen ist (Renken und Warthesen, 1993). Problematisch ist dies bei Nährstoffen mit definiertem Upper Level, denn bei einem übermäßigen Konsum von Vitamin D z.B. kann es so zu Intoxikationen kommen (EFSA, 2006). In vielen Ländern ist es üblich, Trinkmilch mit Vitamin D₃ als Beitrag zur Vitaminversorgung der Bevölkerung anzureichern. In Österreich ist dies generell für handelsübliche Trinkmilch nicht üblich. Vereinzelt gibt es speziell ausgelobte Produkte wie z.B. die NÖM Frühstücksmilch® und die Himmeltau Kinder-milch®, die speziell nährstoffangereichert sind.

| pro 1000ml | Calcium (mg) | Magnesium (mg) | Kalium (mg) | Vitamin D ₃ (µg) |
|-------------------------------|--------------|----------------|-------------|-----------------------------|
| -- Kindervollmilch (KVM) 1 -- | | | | |
| Charge 1 | 1938 | 199,9 | 2433 | 9,39 |
| Charge 2 | 1888 | 187,2 | 2371 | 9,37 |
| Charge 3 | 2016 | 203,9 | 2532 | 9,14 |
| Charge 4 | 1667 | 166,8 | 2502 | 9,70 |
| VK% | 8,0 | 8,8 | 2,9 | 2,4 |
| -- Kindervollmilch (KVM) 2 -- | | | | |
| Charge 1 | 1206 | 125,4 | - | 3,47 |
| Charge 2 | 1254 | 123,1 | - | 3,58 |
| Charge 3 | 1246 | 125,6 | - | (2,34 ¹) |
| Charge 4 | 1217 | 123,0 | - | 3,66 |
| VK% | 1,9 | 1,2 | - | 2,6 |

¹ Ausreißerwert

Tab. 57: Nährstoffhomogenität in den vier untersuchten Chargen der Kindervollmilch 1&2

Die Variabilität des Vitamin D₃ Gehalts von vier untersuchten Chargen der Kindermilch liegt mit Ausnahme eines Ausreißerwertes (KVM 2) unter 3% (Tab. 57). Die Vitaminverluste belaufen sich bei einer UHT Milch laut Literatur bei rund 10% gegenüber der Frischmilch (Info, 2007). Da die Kindermilch UHT erhitzt wurde, ist der um 12%

niedrigere „Ist-Gehalt“ an Vitamin D₃ im Vergleich zum kalkulierten „Soll-Gehalt“ auf diesen technologischen Prozess zurückzuführen (Tab. 58).

Bei den Mineralstoffen Calcium und Magnesium sinkt der Variationskoeffizient (VK%) innerhalb der vier untersuchten Chargen mit abnehmender Mineralstoffkonzentration der Milch Calcium von 8,0% (KVM 1) auf 1,9% (KVM 2) und bei Magnesium von 8,8% (KVM 1) auf 1,2% (KVM 2) (Tab. 57). Der hohe VK% bei Calcium in der KVM 1 ist vermutlich auf die Anreicherung mit >1000mg Calciumcarbonat/1000ml Milch zurückzuführen (Tab. 55). Calciumcarbonat ist mit 0,14mMol/l zwar in seiner Bioverfügbarkeit dem Milch-Calcium gleichzusetzen (Mortensen und Charles, 1996), ist aber schlecht löslich und kann daher im Gegensatz zu gut löslichen Verbindungen wie Calcium-Citrat-Malat (80mMol/l) (Heaney et al., 1990) nicht in höheren Mengen angereichert werden, da es während der Lagerung ausfällt und einen Niederschlag bildet. So eine Niederschlagsbildung wurde auch in der Studie von Singh et al. festgestellt (Singh et al., 2007). Obwohl Calciumcarbonat schlecht löslich ist, wird es aufgrund seiner Kostengünstigkeit von Herstellern gerne verwendet (Weaver, 1998). Auch in der KVM 1 kam es zu einer inhomogenen Verteilung des Calciums und zur Bildung eines Niederschlags am Packungsboden. Sowohl bei Calcium als auch bei Magnesium führte eine reduzierte Anreicherung der Mineralstoffe in Form des Carbonats zu einer verbesserten Chargenhomogenität. Bezüglich aufgetretener Produktionsverluste zeigte die Analyse einen um 7% erniedrigten „Ist-Gehalt“ an Calcium im Vergleich zum kalkulierten „Soll-Gehalt“ bei KVM 2 (Tab. 58).

| pro 1000ml (Tatrapak [®]) | Soll-Gehalt | | Ist-Gehalt | | Produktionsverlust (%) | |
|--|-------------|-------|------------|-------|---------------------------|-------|
| | KVM 1 | KVM 2 | KVM 1 | KVM 2 | KVM 1 | KVM 2 |
| Energie (kcal) | 650 | 650 | 880 | 880 | - | - |
| Fett (g) | 36 | 36 | 43 | 43 | - | - |
| Protein (g) | 33 | 33 | 32,5 | 32,5 | - | - |
| Kohlenhydrate (g) | 47 | 47 | 36 | 36 | - | - |
| Calcium (mg) | 1686 | 1320 | 1877 | 1231 | - | 7% |
| Magnesium (mg) | 134 | 126 | 189,5 | 124,5 | - | 1% |
| Kalium (mg) | 1853 | 1853 | 2465 | 2465 | - | - |
| Vitamin D ₃ (µg) | 10,19 | 4,09 | 9,2 | 3,6 | 10% | 12% |

Tab. 58: Anhand von Nährwerttabelle berechneter Nährstoff Soll-Gehalt der Milch und angereicherte Nährstoffmenge im Vergleich zum analytisch ermittelten Ist-Gehalt

5 Schlussbetrachtung

Milch-Getreide-Beikost

Getreideprodukte sind eine wichtige Quelle an Mikro- wie auch an Makronährstoffen (Aisbitt et al., 2008), welche in Abhängigkeit von der Getreideart in der Konzentration variieren. Die Verwendung von glutenhaltigem Weizengrieß und Hafermehl wie dem glutenfreien Reismehl ist in der Säuglingsernährung bereits Standard. Amaranth dagegen ist trotz hohem Mineralstoffgehalt (Rathod und Udipi, 1991) in der Säuglingsernährung unüblich.

Amaranth als Pseudocerealie ist aufgrund seiner ernährungsphysiologisch wertvollen Nährstoffzusammensetzung und dem Fehlen von Gluten als diätetisches Lebensmittel sehr beliebt. Amaranth lässt sich gut mit diversen Getreidesorten mischen, wodurch Lebensmittel mit speziellem Nährstoffprofil entstehen. Als exzellente Quelle für Mineralstoffe bringt der Anteil von 25% Amaranth pro Mischprodukt Amaranth-Weizen einen höchst signifikant ($p < 0,001$) höheren Gehalt an Eisen, Magnesium und Zink im Vergleich zu den untersuchten Weizengrieß-Produkten der Marke Himmeltau. Der höchst signifikant ($p < 0,001$) höhere Gehalt an Calcium im Amaranth-Weizen-Produkt ist auf natürliches Calcium im Amaranth, wie auf die Anreicherung von 200mg Ca/100g A-W Rohprodukt zurückzuführen.

Das glutenhaltige Haferkorn, ist ähnlich dem Amaranthkorn, reich an leicht verdaulichem Protein und Fett. Hafer ist ein sehr bekömmliches Lebensmittel und wird in der Säuglings- und Kinderernährung sowie zu diätetischen Zwecken gerne eingesetzt. Das Beikostprodukt Hafer liefert pro 100g Rohprodukt höchst signifikant ($p < 0,001$) mehr an Eisen und Magnesium als die Produkte Amaranth-Weizen und Reis. Zink ist in Hafer höchst signifikant ($p < 0,001$) mehr enthalten als im Reis-Rohprodukt und signifikant ($p < 0,05$) mehr als im Amaranth-Weizen-Produkt. Der Gehalt an Calcium ist aufgrund des natürlichen Calciumgehalts wie der Anreicherung ebenfalls höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als in den anderen Produkten.

Reis ist im Vergleich zu Amaranth und Hafer wesentlich ärmer an Vitaminen und Mineralstoffen. Er ist glutenfrei, besitzt einen geringen Fett- (0,7g/100g) und Proteingehalt (6,7g/100g), ist leicht bekömmlich und findet sich daher vermehrt in der Beikosternährung (diätetischen Ernährung) wieder.

Ein Vollmilch-Brei soll nach Angaben des FKE 18E% Protein, 37E% Fett und 45E% Kohlenhydrate liefern (Kersting et al., 2003). Die EG-Richtlinie begrenzt den Fettgehalt in einfacher Getreidebeikost auf maximal 3,3g/100kcal bzw. 30E% (EG Richtlinie, 2006a). Vom FKE wird jedoch nach wie vor der selbst zubereitete Vollmilch-Getreide-Brei mit einem Fettanteil von bis zu 37E% empfohlen (Alexy und Kersting, 1999). Der Hafer-Vollmilch-Brei liegt mit 35E% nahe an den vom FKE aus wissenschaftlicher Sicht empfohlenen 37E% Fett pro Breimahlzeit, entspricht aber, wie auch die anderen mit Vollmilch zubereiteten Beikostprodukte mit Ausnahme des Reis-Produkts (30E%), nicht der EG-Richtlinie (EG Richtlinie, 2006a). Hier lässt sich eine gewisse Diskrepanz zwischen gesetzlicher Forderung und wissenschaftlicher Empfehlung erkennen.

Aufgrund des hohen Proteingehalts in der Kuhmilch werden mit einem Vollmilch-Brei durchschnittlich bis zu 91% der Tageszufuhrempfehlung gedeckt (Alexy, 2007; D-A-CH, 2008). Die FKE-Empfehlung, 37% des Protein Tagesbedarfs pro Breimahlzeit aufzunehmen, wird übertroffen. Da der Vollmilch-Getreide-Brei aber in der Beikost im Speziellen als Protein und Calciumlieferant fungiert (Kersting, 2001), sollte darauf nicht verzichtet werden, sofern keine medizinische Indikation vorliegt. In der Tagesernährung bedeutet dies 14E% Protein, die als akzeptabel angesehen werden (Agostoni et al., 2006; Alexy, 2007).

Bei der Entwicklung der drei Beikostprodukte ist bewusst auf Zusatz von raffiniertem Zucker verzichtet worden. Honig dient als Süßungsmittel bei den Beikostprodukten Hafer und Reis. Bei einer Mindesttageszufuhr von 50% Energie aus Kohlenhydraten werden im Durchschnitt durch eine Vollmilch-Breimahlzeit 32% und durch eine Zubereitung mit 1/3 Folgemilch 26% der Zufuhrempfehlung gedeckt. Der Anteil der Kohlenhydrate an der Gesamtenergie eines Breis beträgt beim Vollmilch-Getreide-Brei im Durchschnitt 50% und bei Zubereitung mit 1/3 Folgemilch im Durchschnitt 65%. Beide Zubereitungsarten liegen somit über den vom FKE für einen Milch-Getreide-Brei empfohlenen 45 E% an Kohlenhydraten.

Der Anteil von Amaranth am Weizengrieß im Verhältnis 25:75% führt zu einer signifikanten Steigerung des Magnesium- ($p < 0,001$) und Zinkgehalts ($p = 0,01$) pro 100g Vollmilch-Getreide-Brei, wie einer höchst signifikanten ($p < 0,001$) Steigerung beider Mineralien pro 100g 1/3 Folgemilch-Brei. Innerhalb der neu entwickelten Produkte enthält das Reisprodukt als Folgemilch- und Vollmilchzubereitung höchst signifikant

($p < 0,001$) weniger an Magnesium als das zubereitete Amaranth-Weizen- und Hafer-Produkt.

Ein signifikanter Anstieg ($p = 0,01$) des Eisengehalts pro 100g Brei als Folge des Amaranthanteils (25%) konnte nur bei der Folgemilchzubereitung festgestellt werden. Das Hafer-Produkt enthält, unabhängig von der zur Zubereitung verwendeten Milchart, gefolgt von Amaranth-Weizen- und Reis-Produkt höchst signifikant ($p < 0,001$) das meiste Eisen. Sowohl Phytinsäure im Getreide wie auch Casein in der zur Zubereitung verwendeten Kuhmilch wirken sich negativ auf die Eisenbioverfügbarkeit aus (Davidsson et al., 1997; Elmadfa und Leitzmann, 2004). Auf eine Anreicherung mit Eisen wurde bewusst verzichtet.

Die Zufuhrempfehlung von 400mg Ca/Tag ist bereits mit einer Portion Vollmilch-Getreide-Brei zu 81% abgedeckt. Die Empfehlung des FKE, 49% der Tageszufuhr an Calcium über den Vollmilch-Getreide-Brei zu decken, wird um das 1,7fache überschritten. Eine Portion Folgemilch-Getreide-Brei liefert im Durchschnitt 42% der Tageszufuhrempfehlung.

Keinem der drei entwickelten Beikostprodukte wurde Jod zugesetzt. Bis jetzt sind generell keine mit Jod angereicherten Getreideflocken am Markt (Alexy, 2007). Gerade für die Selbstzubereitung nach Rezepten des FKE wären Getreideflocken mit Jodzusatz von enormer Bedeutung, denn der Säugling ist bei Zubereitung des Vollmilch-Getreide-Breis mit unangereichertem Getreide schlechter mit Jod versorgt ($4\mu\text{g Jod}/100\text{g}$) als beim Konsum von kommerziell erhältlichen angereicherten „Beikostprodukten mit Eiweißzusatz“ ($17\mu\text{g Jod}/100\text{g}$) (Chahda, 1999). Laut EG Richtlinie 2006/125/EG dürfen bis zu $35\mu\text{g Jod}/100\text{kcal}$ verzehrfertigem Brei zugesetzt sein (EG Richtlinie, 2006a).

Während der mit Vollmilch gekochte Amaranth-Weizen-Brei mit $58\mu\text{g Vitamin B}_1/100\text{kcal}$ die EG-Richtlinie ($100\mu\text{g Vitamin B}_1/100\text{kcal}$) nicht erfüllt und über eine höhere Anreicherung nachgedacht werden muss, erfüllen die Vollmilch-Breie Hafer ($126\mu\text{g Vitamin B}_1/100\text{kcal}$) und Reis ($105\mu\text{g Vitamin B}_1/100\text{kcal}$) die gesetzlichen Anforderungen. Die Empfehlung des FKE, 1/4 der empfohlenen Zufuhr über den Milch-Getreide-Brei zu decken (Alexy und Kersting, 1999), wird durch den Amaranth-Weizen-Vollmilch-Brei erfüllt, während bei gleicher Zubereitungsart die Getreidesorten Hafer und Reis einen bis zu 2,8fach über den Empfehlungen liegenden Gehalt an Vitamin B₁ aufweisen. Bei Zubereitung mit 1/3 Folgemilch wird die FKE-Empfehlung

ebenfalls bis auf das 3,2fache überschritten, die EG-Richtlinie (EG Richtlinie, 2006a) jedoch vollauf erfüllt. Auch hier lässt sich, ebenso wie beim Fettgehalt in der Milch-Getreide-Beikost, eine Diskrepanz zwischen gesetzlicher Forderung und wissenschaftlicher Empfehlung erkennen. Die Abnahme an Thiamin im Zuge der Produktlagerung bei Raumtemperatur bis zum Ende der Mindesthaltbarkeit (EMH) erweist sich mit 24,6% (Reis), 29,2% (Hafer) und 42,5% (Amaranth-Weizen) als höchst signifikant ($p < 0,001$).

Die mit Vollmilch gekochte untersuchte Getreidebeikost deckt mehr als 100% der Tagesempfehlung von 400µg Vitamin B₂ (D-A-CH, 2008). Auch die Empfehlung des FKE, 45% der empfohlenen Tageszufuhr durch eine Portion Milch-Getreide-Brei zu decken, wird um das 2,6-2,8fache übertroffen. Die mit 1/3 Folgemilch zubereiteten Amaranth-Weizen- und Reis-Breie liefern 45% der Tagesempfehlung an Vitamin B₂ durch eine Breiportion, womit die Forderung des FKE zu 100% erfüllt wird. Der Hafer-Brei deckt 57% der Tageszufuhrempfehlung ab und liegt 27% über den FKE-Empfehlungen. Am Ende der Mindesthaltbarkeit enthält das Reisprodukt höchst signifikant ($p < 0,001$) um 13,9%, das Haferprodukt hoch signifikant ($p < 0,01$) um 17,4% und das Amaranth-Weizen Produkt um 9,3% weniger Riboflavin als zum Zeitpunkt der Herstellung.

Bei einer empfohlenen Vitamin B₆ Zufuhr von 300 µg/Tag (D-A-CH, 2008) werden pro Vollmilch-Breimahlzeit 40% (Amaranth-Weizen), 53% (Hafer) und 44% (Reis) der Zufuhrempfehlung abgedeckt. Die Zubereitung mit angereicherter 1/3 Folgemilch erhöht die Aufnahme an Vitamin B₆ pro 100 g Beikostmahlzeit auf das bis zu 1,6fache.

Das Haferprodukt wurde als Einziges pro 100g Rohprodukt mit 200µg synthetische Folsäure angereichert. Eine Portion Vollmilch- und 1/3 Folgemilch-Getreide-Brei liefert 80% und 126% der von den D-A-CH Gesellschaften empfohlenen Tageszufuhr. Während des Lagerprozesses bei Raumtemperatur kommt es bedingt durch den Zusatz von Ascorbinsäure zu keinem Verlust an synthetischer Folsäure im Produkt.

Ein mit Vollmilch gekochter Amaranth-Weizen-Brei deckt 11% der empfohlenen Tageszufuhr an Vitamin D₃. Wird der Brei mit 1/3 Folgemilch zubereitet, erhöht sich die Vitamin Zufuhr pro Portion bis auf das 3fache im Vergleich zum Vollmilch-Brei. Die empfohlene Zufuhr pro Tag wird in Folge bei Verzehr von einer Portion Brei zu 29% (Amaranth-Weizen), 16% (Hafer) und 13% (Reis) gedeckt. Nach Lutter und Dewey (2003) ist eine Anreicherung von 1-2µg Vitamin D₃ pro Tagesration (berechnet auf

einen AI von 5µg Vitamin D/Tag) unbedenklich (IOM, 1997; Lutter und Dewey, 2003). Unter Berücksichtigung des Upper Levels von 25µg pro Tag, dem geringen Vitamin D Angebot in der Ernährung des Säuglings sowie der D-A-CH Zufuhrempfehlung von 10 µg Vitamin D/Tag kann die Zufuhr von 2,9µg Vitamin D₃ im Zuge einer Beikostmahlzeit (Amaranth-Weizen) aber als unbedenklich angesehen werden. Bezugnehmend auf die Stabilität des angereicherten Vitamin D₃ während der Lagerung bei Raumtemperatur sind die Ergebnisse der Untersuchungen nicht zufriedenstellend gewesen. Am Ende der Mindesthaltbarkeit ist es nämlich zu höchst signifikanten ($p < 0,001$) Verlusten (50%) an zugesetztem Vitamin D₃ gekommen.

Aufgrund der entstandenen Verluste bei Raumtemperaturlagerung muss im Zuge der Produktion um 50-100% mehr an den wasserlöslichen Vitaminen Thiamin, Riboflavin und Pyridoxin zugesetzt werden. Ähnlich verhält es sich bei Vitamin D₃, das ebenfalls am Ende der Mindesthaltbarkeit (Lagerung bei Raumtemperatur) einen Verlust von 50% zeigt. Eine erhöhte Anreicherung von bis zu 10µg Vitamin D₃/100g Rohprodukt wird daher in Erwägung gezogen.

Kindervollmilch ab dem 1. Lebensjahr

Die Kindervollmilch ist ein mit Calcium, Magnesium, Kalium und Vitamin D₃ angereichertes Produkt. Durch den Konsum von 200ml Kindervollmilch (KVM 2) werden 41% Calcium, 31% Magnesium, 49% Kalium und 14% Vitamin D₃ der empfohlenen Zufuhrmenge für ein 1-4 Jahre altes Kind gedeckt.

6 Zusammenfassung

Untersuchungen zur Qualität und Optimierung von Beikostprodukten ab dem 6. Lebensmonat

Die vorliegende Arbeit wurde in den Jahren 2005-2007 als Kooperation zwischen der Firma Maresi GmbH und dem Department für Ernährungswissenschaften durchgeführt. Ziel dieser Studie war es, neue Milch-Getreide-Beikostprodukte und eine Kindermilch ab dem 1. Lebensjahr zu entwickeln und diese auf ihre Qualität hin zu untersuchen. Die im Handel erhältlichen Produkte der Firma (100% Weizengrießbasis) wurden ebenfalls auf die Qualität hin untersucht und zum Vergleich herangezogen. Die im Zuge des Pilotversuchs produzierten Produkte Amaranth-Weizen (A-W) (25:75%), Hafer und Reis wurden unter ernährungswissenschaftlichem Gesichtspunkt entwickelt und angereichert. Auf pauschalierte, willkürliche und überhöhte Anreicherung wurde bewusst verzichtet. Die Rohprodukte wie auch die verzehrfertige, mit 2 Milcharten zubereitete Beikost wurde laborchemisch mit HPLC (Vitamine), AAS (Mineral- und Spurenelemente) sowie mittels geeigneter Methoden zur Hauptnährstoffbestimmung auf das Nährstoffprofil hin untersucht. Ein Lagerversuch bis zum Ende der deklarierten Mindesthaltbarkeit war ebenfalls Teil dieser Studie. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Einfaktorieller Anova und unabhängigem- sowie gepaartem T-Test. Die Analyseergebnisse der Rohprodukte Amaranth-Weizen, Hafer und Reis bestätigen den zuvor ausgelobten, hohen Fett- und Mineralstoffgehalt von A-W und Hafer. Das Misch-Produkt A-W (25:75%) zeigt, bedingt durch den Amaranthzusatz, einen höchst signifikant ($p < 0,001$) höheren Gehalt an Hauptnährstoffen im Vergleich zu reinem Weizengrieß. Auch der Gehalt der nicht angereicherten Mineralstoffe Eisen, Zink und Magnesium ist im Mischprodukt höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als im reinen Weizengrieß. Die Anreicherung der Rohprodukte mit Thiamin, Riboflavin, Pyridoxin, Folsäure und Vitamin D₃ war bis auf Vitamin B₁ zufriedenstellend. Die Produkte A-W, Hafer und Reis liefern als mit Vollmilch zubereitetem Brei durchschnittlich 17E% Protein, 32E% Fett und 50E% Kohlenhydrate, bei Zubereitung mit 1/3 Folgemilch 10E% Protein, 25E% Fett und 65% Kohlenhydrate. Mit einer Portion Vollmilch-Brei der neu entwickelten Produkte werden 31-70%, der D-A-CH Empfehlung für die Thiaminzufuhr (D-A-CH, 2008) erfüllt. Die von der EG Richtlinie vorgeschriebene Mindestdichte von 100µg Vitamin B₁/100kcal in verzehrfertiger Beikost wird nur vom A-W-Produkt mit 58µg Thiamin/100kcal nicht erfüllt. Dieser muss daher höher angereichert werden (EG Richtlinie, 2006a). Ein Säugling nimmt bei 1/3 Folgemilchzubereitung pro Mahlzeit

bis zu 57% und bei Vollmilchzubereitung bis zum 1,3fachen der D-A-CH Empfehlung für die Riboflavin-Aufnahme zu sich. Maximal 53% (Vollmilchbrei) und 83% (1/3 Folgemilch) der Zufuhrempfehlung für Pyridoxin kann der Säugling pro Breimahlzeit aus den neuen Sorten zu sich nehmen. Die Anreicherung mit 200µg synthetischer Folsäure/100g Hafer-Rohprodukt liefert dem Säugling durch einen 1/3 Folgemilchbrei durchschnittlich 59µg Folsäure, als Vollmilchbrei 38µg. Durch die Zugabe von 5µg Vitamin D₃/100g A-W-Rohprodukt deckt der Säugling je nach Zubereitung 11% (Vollmilchbrei) bzw. 29% (1/3 Folgemilch) seines Vitamin D Tagesbedarfs (D-A-CH, 2008). Eine Portion Vollmilchbrei der Sorten A-W, Hafer und Reis liefert dem Säugling 323,9±4,6mg Ca, 34,4±4,0mg Mg, 3,2±0,6mg Zn. Der Eisengehalt variiert stark in Abhängigkeit von der Getreideart und ist im Vollmilch-Hafer-Brei mit durchschnittlich 2mg/Portion am höchsten. Mit einer Portion 1/3 Folgemilchbrei nimmt der Säugling weniger an Calcium (168,1±7,4mg), Magnesium (22,2±5,2mg), Zink (2,5±0,2mg) auf. Der Eisengehalt ist, bedingt durch die mit Eisen angereicherte Folgemilch, mit 3,5mg/Portion um das ca. 1,8fache höher als im Vollmilchbrei. Der Lagerversuch bis zum deklarierten Mindesthaltbarkeitsdatum (EMH) bei Raumtemperatur hat höchst signifikante ($p < 0,001$) Verluste an Vitamin B₁ bei allen Produkten des Pilotversuchs gezeigt. Auch beim Riboflavingehalt ist es in allen drei Produkten zu einer Abnahme gekommen, die sich als höchst signifikant ($p < 0,001$) für das Reis- und hoch signifikant ($p < 0,01$) für das Hafer-Produkt zeigt. Der Gehalt an Vitamin D₃ im A-W-Produkt ist während der Lagerung auf 50% des Ursprungsgehalts (5,0µg/100g) gesunken. Auch bei den Tocopherolen und Tocotrienolen sind signifikante Verluste in Folge der Lagerung bei Raumtemperatur aufgetreten. Um die entstandenen Verluste - bedingt durch Produktion und Lagerung - auszugleichen, bleibt es dem Produzenten überlassen, die Anreicherung entsprechend zu erhöhen.

Entwicklung einer Kindervollmilch ab dem 1. Lebensjahr

Auf Basis von Kuhmilch angereichert mit Calcium, Magnesium, Kalium und Vitamin D₃, ist die ESL-Kindervollmilch¹ ein ansprechendes Produkt für Kinder ab dem 1. Lebensjahr. Die Kalkulation der Nährstoffzugabe ist unter der Annahme geschehen, dass pro Tag nicht mehr als ein Glas Kinder-Vollmilch (Portion=200ml) getrunken wird und dadurch 41% Calcium, 31% Magnesium, 49% Kalium und 14% Vitamin D₃ der für ein 1-4 Jahre altes Kind empfohlenen Zufuhrmenge gedeckt werden.

¹ ESL ... extended shelf life

7 Summary

Analysis relating to quality and improvement of cereal based complementary foods (6 month up)

This study was carried out at the Department of Nutrition, University of Vienna, over a period of 2005-2007 and was a cooperation with Maresi GmbH. The main purpose of the present study was to develop new cereal based complementary foods and a full-cream milk for children (>1y) with restricted nutrition fortification. Chemical analyses were carried out with HPLC (vitamins), AAS (minerals) and adequate technique for macronutrient determination in raw products (before and at the end of expiration date) and pulps prepared with full-cream milk and 1/3 formula milk. Due to adding of amaranth to wheat, the product Amaranth-Wheat (25:75%) (A-W) shows a higher content ($p < 0.001$) of macronutrients (protein, fat, carbohydrates), iron, zinc and magnesium than wheat (100%). A full-cream milk cereal based complementary food A-W-, Oat- and Rice-based provides on average 17E% protein, 32E% fat and 50E% carbohydrates, if preparing with 1/3 formula milk 10E% protein, 25E% fat and 65% carbohydrates. A portion of ready to eat baby cereals prepared with full-cream milk provides 31-70% of the D-A-CH recommendation (D-A-CH, 2008) per day for thiamine. However, the thiamine content of the Amaranth-Wheat pulp ($58\mu\text{g}$ thiamine/100kcal) did not reach the regulatory requirement of the commission directive 2006/125/EC ($100\mu\text{g}$ B₁/100kcal) (Commission Directive, 2006). Due to the fortification level and the native content of riboflavin in cow milk a portion of ready to eat baby cereals provides more than 100% of the D-A-CH recommendation per day. Preparation with 1/3 formula milk meets 57%. Up to 53% (full-cream milk) and 83% (1/3 formula milk) of recommended vitamin B₆ intake is provided with one serving of baby cereals. A full-cream milk and formula milk based porridge contains $38\mu\text{g}$ and $59\mu\text{g}$ folic acid per serving, respectively. Due to the fortification with $5\mu\text{g}$ vitamin D₃/100g raw product, a portion of Amaranth-Wheat pulp provides more than 11% (full-cream milk) and 29% (1/3 formula milk) of the D-A-CH recommendation per day. Consumption of a portion A-W-, Oat- and Rice-based complementary food after preparation with full-cream milk provides the infant with $323.9 \pm 4.6\text{mg}$ Ca, $34.4 \pm 4.0\text{mg}$ Mg, $3.2 \pm 0.6\text{mg}$ Zn. Iron content depends on the type of grain. From all complementary foods prepared with full-cream milk, porridge (Oat pulp) contains most of iron (2mg/portion). A portion ready to eat baby cereals with 1/3 formula milk provides less calcium, magnesium and zinc per

serving. Formula milk is fortified with iron. Therefore iron content in a formula based pulp is 1.8fold higher (3.5mg/portion) per serving. Analyses at the end of expiration date show a decrease in thiamine ($p<0.001$) and riboflavin ($p<0.001$) for the Rice- and ($p<0.01$) for Oat-based complementary food due to storage at room temperature. The content of vitamin E decreased significantly in all products and also the vitamin D₃ in the Amaranth-Wheat product decreased up to 50%. Nutrient losses on account of production and storage have been expected. It is now up to the industry, whether they decide to compensate these losses.

Development of a fortified full-cream milk (1 year up)

The new full-cream milk with extended shelf life (ESL) for children (>1y) is fortified with calcium, magnesium, potassium and vitamin D₃. A portion (200ml) provides 41% calcium, 31% magnesium, 49% potassium and 14% vitamin D₃ of the D-A-CH recommendation (1-4y) per day.

8 Literaturverzeichnis

AAP: *American Academy of Pediatrics. Pediatric Nutrition Handbook*. 4ed, Washington, DC: Elk Grove Village, IL: American Academy of Pediatrics, 1998.

AAP: *American Academy of Pediatrics. Pediatric Nutrition Handbook*. 6ed, Washington, DC: Elk Grove Village, IL: American Academy of Pediatrics, in press, 2008.

Abrams SA, Grusak MA, Stuff J, O'Brien KO (1997): Calcium and magnesium balance in 9-14-y-old children. *Am J Clin Nutr*, 66, (5), 1172-1177.

Abrams SA, Atkinson SA (2003): Calcium, Magnesium, Phosphorus and Vitamin D fortification of complementary foods. *J Nutr*, 133, (9), 2994S-2999S.

Adams SF (1959): Use of vegetables in infant feeding through the ages. *J Am Diet Assoc*, 35, 692-703.

Aggett PJ, Bresson J, Haschke F, Hernell O, Koletzko B, Lafeber HN, Fleischer Michaelsen K, Micheli J, Ormission A, Rey J, Salazar de Sousa J, Weaver L (1997): ESPGAN Committee on Nutrition: Recommended Dietary Allowances (RDAs), Recommended Dietary Intakes (RDIs), Recommended Nutrient Intakes (RNIs), and Population Reference Intakes (PRIs) are not "Recommended Intakes". *J Pediatr Gastroenterol Nutr*, 25, (2), 236-241.

Agostoni C, Enrica R, Giovannini M (2006): Complementary food: International comparison on protein and energy requirement/ intake. *Nestlé Nutr Workshop Ser Pediatr Program*, 58, 147-159.

Aisbitt B, Caswell H, Lunn J (2008): Cereals-current and emerging nutritional issues. *Nutrition Bulletin*, 33, 169-185.

Alexy U, Kersting M: Was Kinder essen - und was sie essen sollten. Hans Marseille Verlag GmbH München, 1999.

Alexy U (2007): Die Ernährung des gesunden Säuglings nach dem "Ernährungsplan für das 1. Lebensjahr". *Ernährungs-Umschau*, 10, 588-593.

Allen LH (2003): B Vitamins: Proposed fortification levels for complementary foods for young children. *J Nutr*, 133, (9), 3000S-3007S.

AOAC: Association of Analytical Communities. Official Method 923.03: Ash of Flour In *Official Methods of Analysis of AOAC International*, vol 32, 17th ed, Edited by Horwitz W, Gaithersburg, MD, USA: 2000

AOAC: Association of Analytical Communities. Official Method 985.29: Total dietary fiber in foods. Enzymatic-gravimetric method. In *Official Methods of Analysis of AOAC International*, vol 45, Edited by Horwitz W, Gaithersburg, MD, USA: 2002a

AOAC: Association of Analytical Communities. Official Method 969.33: Fatty acids in oils and fats. Preparation of methyl esters. Boron trifluoride method. In *Association of Analytical Communities, vol 41*, Edited by Horwitz W, Gaithersburg, MD, USA: 2002b

AS§35 (1988): Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG. Bestimmung des Fettgehaltes von Milch und Milchprodukten, Verfahren nach Weibull (L 01.00-20). *BVL Methodensammlung online*,

AS§35 (1997): Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG. Bestimmung der Ballaststoffe in Lebensmitteln (L 00.00-18), Berichtigung im Dezember 2002. *BVL Methodensammlung online*,

AS§35 (2002): Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG. Bestimmung der Gesamtasche von Milch und Milchprodukten (L 01.00-77). *BVL Methodensammlung online*,

AS§35 (2003): Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG. Bestimmung von Elementspuren in Lebensmitteln, 1: Druckaufschluß (L 00.00-19/1). *BVL Methodensammlung online*,

AS§35 (2004a): Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG. Bestimmung von Vitamin B₂ mit HPLC (L 00.00-84). *BVL Methodensammlung online*,

AS§35 (2004b): Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG. Bestimmung von Vitamin B₁ mit HPLC (L 00.00-83). *BVL Methodensammlung online*,

AS§35 (2004c): Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG. Bestimmung der Trockenmasse in Fleisch und Fleischerzeugnissen (L46.02-6). *BVL Methodensammlung online*,

AS§64 (2007): Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB. Bestimmung des Rohproteingehaltes in Fleisch und Fleischerzeugnissen (L 06.00-7). *BVL Methodensammlung online*,

Athar N, Hardacre A, Taylor G, Clark S, Harding R, McLaughlin J (2006): Vitamin retention in extruded food products. *J Food Comp Anal*, 19, (4), 379-383.

Axelsson I (2006): Effects of high protein intakes. *Nestlé Nutr Workshop Ser Pediatr Program*, 58, 121-131.

Bailey LB, Moyers S, Gregory III JF: Folate. In *Present Knowledge in nutrition*, 8 ed, Edited by Bowmann BA, Russel RM, ILSI Press, International Life Science Institute, Washington, 2001

Baird J, Fischer D, Lucas P (2005): Being big or growing fast: systematic review of size and growth in infancy and later obesity. *BMJ*, 331, 929-934.

Ballabriga A, Schmidt E (1987): Weaning, why, what and when? *Nestlé Nutr Workshop Ser Pediatr Program*, 10, 129-151.

Banville C, Vuilleumard JC, Lacroix C (2000): Comparison of different methods for fortifying cheddar cheese with vitamin D. *International Dairy Journal*, 10, (5-6), 375-382.

- Barger-Lux MJ, Heaney RP, Lanspa SJ, Healy JC, DeLuca HF (1995): An investigation of sources of variation in calcium absorption efficiency. *J Clin Endocrinol Metab*, 80, (2), 406-411.
- Bässler K-H, Golly I, Loew D, Pietrzik K: Vitamin-Lexikon. *Für Ärzte Apotheker und Ernährungswissenschaftler*. 3ed, Urban & Fischer, München, Jena, 2002.
- Becker R, Wheeler EL, Lorenz KJ, Stafford AE, Grosjean OK, Betschart AA, Saunders RM (1981): A compositional study of amaranth grain. *J Food Sci*, 46, (4), 1175-1180.
- Betschart A, Irving D, Shepherd A, Saunders R (1981): *Amaranthus cruentus*: Milling characteristics, distribution of nutrients within seed components and the effects of temperature on nutritional quality. *J Food Sci*, 46, 1181-1184.
- BfR: Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR). Teil 1: Verwendung von Vitaminen in Lebensmitteln. Toxikologische und ernährungsphysiologische Aspekte BfR-Wissenschaft 03/2004 (ISBN 3-931675-87-4), 2004a.
- BfR: Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR). Teil 2: Verwendung von Mineralstoffen in Lebensmitteln. Toxikologische und ernährungsphysiologische Aspekte BfR-Wissenschaft 04/2004 (ISBN 3-931675-88-2), 2004b.
- BGBI (1999): Verordnung der Bundesministerin für Frauenangelegenheiten und Verbraucherschutz über Getreidebeikost und andere Beikost für Säuglinge und Kleinkinder (Beikostverordnung), BGBI. II, Nr. 200/1999 (CELEX-Nr.: 398L0036).
- BGBI (2006): Bundesgesetz über Sicherheitsanforderungen und weitere Anforderungen an Lebensmittel, Gebrauchsgegenstände und kosmetische Mittel zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher (Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz - LMSVG), BGBI. I, Nr. 13/2006 (CELEX-Nr.: 32004L0041).
- BGBI (2008): Verordnung der Bundesministerin für Gesundheit, Familie und Jugend über Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung, BGBI. II, Nr. 68/2008 (CELEX-Nr.: 32006L0141).
- Biesalski H-K, Fürst P, Kasper H, Kluthe R, Pöler W, Puchstein C, Stähelin HB: Ernährungsmethodik. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1995.
- Biesalski H-K: Vitamin A und Retinoide. In Vitamine Physiologie, Pathophysiologie, Therapie, Edited by Biesalski H-K, Schreimeier J, Weber P, Weiß H, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1997
- Biesalski H-K, Grimm P: Taschenatlas der Ernährung. 2ed, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2002.
- Bognár A (1995): Vitaminverluste bei der Lagerung und Zubereitung von Lebensmitteln. *Ernährung/Nutrition*, 19, (9-11), 411-416, 478-483, 551-554.
- Capdevila F, Vizmanos B, Martí-Henneberg C (1998): Implications of the weaning pattern on macronutrient intake, food volume and energy density in non-breastfed infants during the first year of life. *J Am Coll Nutr*, 17, (3), 256-262.

Capo-chichi CD, Guéant J-L, Feillet F, Namour F, Vidailhet M (2000): Analysis of riboflavin and riboflavin cofactor levels in plasma by high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr B Biomed Sci Appl* 739, (1), 219-224.

Caswell H (2008): A summary of the Infant Feeding Survey. *Nutrition Bulletin*, 33, (1), 47-52.

Chahda C (1999): Kinderernährung in Deutschland: Empfehlung und Realität. *Ernährungs-Umschau*, 46, (Sonderheft), S32-S40.

Chávez-Servín JL, Castellote AI, Rivero M, López-Sabater MC (2008): Analysis of vitamins A, E and C, iron and selenium contents in infant milk-based powdered formula during full shelf-life. *Food Chemistry*, 107, (3), 1187-1197.

Chen TC, Heath H, Holick MF (1993): An update on the vitamin D content of fortified milk from the United States and Canada. *N Engl J Med*, 329, 1507.

Chitpan M, Chavasit V, Kongkachuichai R (2005): Development of fortified dried broken rice as a complementary food. *Food and Nutrition Bulletin*, 26, (4), 376-384.

Christianson DW (1991): The structural body of zinc. *Adv Prot Chem*, 42, 281-335.

Coleman JE: Zinc proteins: enzymes, storage proteins, transcription factors and replication proteins. In *Annual Review of Biochemistry*, Edited by Richardson CC, Abelson JN, Meister A, Walsch ST, Annual Reviews Inc., Palo Alto CA, 1992

Commission Directive (2006): Commission Directive 2006/125/EC of 5. December 2006 on processed cereal-based foods and baby foods for infants and young children. *Official Journal of the European Union*, L 339/16, (6.12.2006),

Council on Foods (1937): Strained fruits and vegetables in the feeding of infants. *J Am Med Assoc*, 108, 1259-1261.

D-A-CH: DACH Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 1ed, Umschau Braus GmbH, Frankfurt am Main, 2000.

D-A-CH: DACH Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 1ed (3. Nachdruck), Neuer Umschau Buchverlag, Neustadt an der Weinstraße, 2008.

Davidek J, Velisek J, Pokorny J: Chemical changes during food processing. Elsevier, Amsterdam, 1990.

Davidsson L, Galan P, Cherouvrier F, Kastenmayer P, Juillerat MA, Hercberg S, Hurrell RF (1997): Bioavailability in infants of iron from infant cereals: effect of dephytinization. *Am J Clin Nutr*, 65, (4), 916-920.

Davies DP, O'Hare B (2004): Weaning: a worry as old as time. *Curr Paediatr*, 14, (2), 83-96.

Dewey KG (2001): Nutrition, growth and complementary feeding of the breastfed infant. *Pediatr Clin N Am*, 48, 87-104.

Dewey KG (2003): Nutrient composition of fortified complementary foods: Should age-specific micronutrient content and ration sizes be recommended? *J Nutr*, 133, (9), 2950S-2952S.

Dewey KG (2006): What is the optimal age for introduction of complementary foods? *Nestlé Nutr Workshop Ser Pediatr Program*, 58, 161-175.

DGE (1998): Schwangere können einem Jodmangel vorbeugen. *DGE-aktuell* 6/98 (07041998).

DGE (2003): DGE Stellungnahme: Vitaminversorgung in Deutschland *Forschung, Klinik und Praxis* 05/2003, <http://www.dge.de> (Zugang 14.10.2009).

DGF: Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaften. Deutsche Einheitsmethoden zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen. Band 2, Methode C-VI 11a (98): Fettsäuremethylester. Bortrifluorid-Methode. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 2006.

DGKJ (2002/2003): Beikostprodukte auf Milchbasis. *Pädiat Prax*, 62, 386-388.

DGKJ (2007): Stellungnahme zur Vermarktung von Beikostprodukten zur Flaschenfütterung. *Monatsschr Kinderheilkd*, 155, (10), 968-970.

Di Paolo ER, Nydegger A (2008): Vitamin D für Neugeborene und Säuglinge: Erhältliche Tropfen in den benachbarten Ländern der Schweiz. *Paediatrica*, 19, (3), 76.

Dionex (2004): Extraction of fat from chocolate using Accelerated Solvent Extraction (ASE). Application Note 344.

Drotleff AD: Analyse der RS, cis/trans - Tocotrienole. Dissertationsarbeit zur Erlangung des Grades einer Doktorin der Naturwissenschaften, Universität Hannover, 1999.

EFSA (2006): Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. European Food Safety Authority. Scientific Committee on Food. Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (ISBN 92-9199-014-0). February 2006.

EG Richtlinie (1996): EG Richtlinie 1996/5/EG der Kommission vom 16. Februar 1996 über Getreidebeikost und andere Beikost für Säuglinge und Kleinkinder. Amtsblatt der Europäischen Union.

EG Richtlinie (2006a): EG Richtlinie 2006/125/EG der Kommission vom 5. Dezember 2006 über Getreidebeikost und andere Beikost für Säuglinge und Kleinkinder. Amtsblatt der Europäischen Union, L 339/16, (1.12.2006).

EG Richtlinie (2006b): EG Richtlinie 2006/141/EG der Kommission vom 22. Dezember 2006 über Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung und zur Änderung der Richtlinie 1999/21/EG. Amtsblatt der Europäischen Union, L 401/1, (30.12.2006).

EG Richtlinie (2006c): EG Richtlinie 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln. Amtsblatt der Europäischen Union, L 364/5, (20.12.2006).

EG Verordnung (1997): Verordnung (EG) Nr. 2597/97 des Rates vom 18. Dezember 1997 zur Festlegung ergänzender Vorschriften für die gemeinsame Marktorganisation für Milch und Milcherzeugnisse hinsichtlich Konsummilch. Geändert am 26. September 2007 durch die Verordnung (EG) Nr. 1153/2007. Amtsblatt der Europäischen Union.

EG Verordnung (2006): Verordnung (EG) Nr. 1925/2006 des europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Dezember 2006 über den Zusatz von Vitaminen und Mineralstoffen sowie bestimmten anderen Stoffen zu Lebensmitteln. Amtsblatt der Europäischen Union, L 404/26, (30.12.2006).

Ekmekcioglu C (2000): Spurenelemente auf dem Weg ins 21. Jahrhundert-zunehmende Bedeutung von Eisen, Kupfer, Selen und Zink. *J Ernährungsmed*, 2, 18-23.

EKSGP (2008): Empfehlungen für die Säuglingsernährung 2008. *Schweiz Med Forum*, 8, (20), 366-369.

Elmadfa I, Bosse W: Vitamin E: Eigenschaften, Wirkungsweise und therapeutische Bedeutung. 2ed, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1998.

Elmadfa I, Aign W, Muskat E, Fritzsche D: Die große GU Nährwert Kalorien Tabelle. Gräfe und Unzer Verlag, München, 2003.

Elmadfa I, Leitzmann C: Ernährung des Menschen. 4ed, Eugen Ulmer GmbH & Co, 2004.

Elmadfa I, Al-Saghir S, Kanzler S, Frisch G, Majchrzak D, Wagner KH (2006): Selected quality parameters of salmon and meat when fried with or without added fat. *Int J Vitam Nutr Res*, 76, (4), 238-246.

Erbersdobler HF (2005): Die Energiedichte, eine vernachlässigte Größe? *Ernährungs-Umschau*, 52, (4), 136-139.

ESPGHAN (2008): Complementary feeding: A commentary by the ESPGHAN Committee on Nutrition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*, 46, (1), 99-110.

Febles CI, Arias A, Hardisson A, Rodríguez-Álvarez C, Sierra A (2001): Phytic acid level in infant flours. *Food Chemistry*, 74, (4), 437-441.

FKE: Empfehlungen für die Ernährung von Kindern und Jugendlichen. Die optimierte Mischkost "optimix". Forschungsinstitut für Kinderernährung (FKE) Dortmund, Bonn, 2005.

Fleischer Michaelsen K (2000): Cow's milk in complementary feeding. *Pediatrics*, 106, (5 II), S1302-S1303.

Fleischer Michaelsen K, Hoppe C (2007): Whole Cow's milk: why, what and when? *Nestlé Nutr Workshop Ser Pediatr Program*, 60, 201-219.

FNB: DRI (Dietary Reference Intakes) for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D and fluoride. Food and Nutrition Board (FNB), Institute of Medicine: National Academy Press, Washington, DC, 1997.

FNB: DRI (Dietary Reference Intakes) for thiamin, riboflavin, niacin, vitamin B₆, folate, vitamin B₁₂, pantothenic acid, biotin and choline. Food and Nutrition Board (FNB), Institute of Medicine: National Academy Press, Washington, DC, 1998.

FNB: DRI (Dietary Reference Intakes) for vitamin C, vitamin E, selenium und carotinoids. Food and Nutrition Board (FNB), Institute of Medicine: National Academy Press, Washington, DC, 2000a.

FNB: DRI (Dietary Reference Intakes) for thiamin, riboflavin, niacin, vitamin B₆, folate, vitamin B₁₂, pantothenic acid, biotin and choline. Food and Nutrition Board (FNB), Institute of Medicine: National Academy of Sciences, Washington, DC; 2000. Food and Nutrition Board (FNB), Institute of Medicine: National Academy Press, Washington, DC, 2000b.

FNB: DRI (Dietary Reference Intakes) for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. Food and Nutrition Board (FNB), Institute of Medicine: National Academy Press, Washington, DC, 2001.

FNB: DRI (Dietary Reference Intakes) for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. Food and Nutrition Board (FNB), Institute of Medicine: National Academy Press, Washington, DC, 2005.

Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH (1957): A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem*, 226, (1), 497-509.

Fomon SJ: Nutrition of normal infants. W. B. Saunders, St. Louis, MO, 1993.

Fomon SJ (2000): Potential renal solute load: Considerations relating to complementary feedings of breastfed infants. *Pediatrics*, 106, (5 II), 1284-1285.

Fomon SJ (2001): Infant feeding in the 20th century: Formula and Beikost. *J Nutr*, 131, (2), 409S-420S.

Freeman V, Van't Hof M, Haschke F (2000): Patterns of milk and food intake in infants from birth to age 36 months: The Euro-Growth study. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*, 31, (SUPPL. 1), S76-S85.

Funk W, Dammann V, Donnevert G: Qualitätssicherung in der analytischen Chemie. VCH Verlagsgesellschaft, 1992.

Garlick PJ (2006): Protein requirements of infants and children. *Nestlé Nutr Workshop Ser Pediatr Program*, 58, 39-50.

Gartner LM, Morton J, Lawrence RA, Naylor AJ, O'Hare D, Schanler RJ (2005): Breastfeeding and the use of human milk. *Pediatrics*, 115, 496-506.

Gibson RS, Ferguson EL, Lehrfeld J (1998): Complementary foods for infant feeding in developing countries: their nutrient adequacy and improvement. *Eur J Clin Nutr*, 52, 764-770.

Giovannini M, Riva E, Banderali G, Scaglioni S, Veehof SHE, Sala M, Radaelli G, Agostoni C (2004): Feeding practices of infants through the first year of life in Italy. *Acta Paediatr*, 93, (4), 492-497.

Goriup U (2004): Beikost im ersten Lebensjahr. *J Ernährungsmed*, 2, 30-34.

Griffin IJ, Abrams SA (2001): Iron and breastfeeding. *Pediatr Clin North Am*, 48, 401-413.

Grimshaw KEC, Warner JO (2005): Strategies for preventing allergic disease. *Current Paediatrics*, 15, (3), 221-227.

Grummer-Strawn LM, Scanlon KS, Fein SB (2008): Infant feeding and feeding transitions during the first year of life. *Pediatrics*, 122, (Suppl 2), S36-S42.

Guandalini S (2007): The influence of gluten: Weaning recommendations for healthy children and children at risk for celiac disease. *Nestlé Nutr Workshop Ser Pediatr Program*, 60, 139-155.

Guéguen L, Pointillart A (2000): The bioavailability of dietary calcium. *J Am Coll Nutr*, 19, 119S-136S.

Hambidge KM, Krebs NF (2007): Zinc deficiency: a special challenge. *J Nutr*, 137, (4), 1101-1105.

Hambridge KM, Casey CE, Krebs NF: Zinc. In: Trace elements in human and animal nutrition, vol 2, 5 ed, Edited by Mertz W, Academic Press, 1986

Harris LE, Chan JCM (1969): Infant feeding practices. *Am J Dis Child* 117, 483-491.

Haschke F, Javaid N (1991): Nutritional anemias. *Acta Paediatr Scand*, 374, (Suppl), S38-S44.

Haschke F, Van't Hof MA (2001): Influence of early nutrition on growth. *Nestlé Nutr Workshop Ser Pediatr Program*, 47, 53-66.

Haschke F (2002): Iron requirement during infancy and early childhood. *Nestlé Nutr Workshop Ser Pediatr Program*, 47, (Suppl), 53-69.

Hasenegger V: Untersuchungen zum Gehalt an Makronährstoffen in Beikostprodukten ab dem 6. Lebensmonat. Diplomarbeit an der Universität Wien; 2006.

Heaney RP, Recker RR, Weaver CM (1990): Absorbability of calcium sources: The limited role of solubility. *Calcif Tissue Int*, 46, (5), 300-304.

Hoffmann B: Pädiatrie. 2ed, Urban & Fischer Verlag, Elsevier GmbH, München, 2007.

Holick MF, Shao Q, Liu WW, Chen TC (1992): The vitamin D content of fortified milk and infant formula. *N Engl J Med*, 326, (18), 1178-1181.

Høst A, Koletzko B, Dreborg S, Muraro A, Wahn U, Aggett P, Bresson JL, Hernell O, Lafeber H, Michaelsen KF, Micheli JL, Rigo J, Weaver L, Heymans H, Strobel S,

- Vandenplas Y (1999): Dietary products used in infants for treatment and prevention of food allergy. Joint statement of the European society for paediatric allergology and clinical immunology (ESPACI) committee on hypoallergenic formulas and the european society for paediatric gastroenterology, hepatology and nutrition (ESPGHAN) committee on nutrition. *Arch Dis Child*, 81, (1), 80-84.
- Info (2007): Im Trend: ESL-Milch zwischen Frisch- und H-Milch. *Erährungs-Umschau*, 54, (2), 95.
- IOM: Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D and fluoride. National Academy Press, Washington, DC, 1997.
- Jakob E, Elmadfa I (1995): Rapid HPLC assay for the assessment of vitamin K₁, A, E and beta-carotene status in children (7-19 years). *Int J Vitam Nutr Res*, 65, (1), 31-35.
- Johansson M, Witthöft CM, Bruce Å, Jägerstad M (2002): Study of wheat breakfast rolls fortified with folic acid. *Eur J Nutr*, 41, (6), 279-286.
- Kamal-Eldin A, Gorgen S, Pettersson J, Lampi A-M (2000): Normal-phase high-performance liquid chromatography of tocopherols and tocotrienols: Comparison of different chromatographic columns. *J Chromatogr A*, 881, (1-2), 217-227.
- Kattelman KK, Ho M, Specker BL (2001): Effect of timing of introduction of complementary foods on iron and zinc status of formula fed Infants at 12, 24, and 36 months of age. *J Am Diet Assoc*, 101, (4), 443-447.
- Kazmi SA, Vieth R, Rousseau D (2007): Vitamin D₃ fortification and quantification in processed dairy products. *International Dairy Journal*, 17, (7), 753-759.
- Kehlenbach U: Optimierung und Anwendung einer Analyseverfahren zur selektiven und sensitiven Bestimmung von Folatmustern in klinischen Proben und Lebensmitteln. Dissertationsarbeit zur Erlangung des Grades einer Doktorin der Philosophie, Universität Hannover, 2004.
- Kersting M, Kaiser B, Schöch G (1995): Lebensmittel und Nährstoffe in der Beikost im 5.-12-Lebensmonat. *Ernährungs-Umschau*, 42, (1), 18-21.
- Kersting M (1997): Vollmilch in der Ernährung von Säuglingen. *Pädiat Prax*, 52, 297-298.
- Kersting M (2000): Die Lebensmittelgesetzgebung der EG und die Kinderernährung in Deutschland. Teil 2: Richtlinien über Beikost. *Ernährungs-Umschau*, 47, (11), 437-441.
- Kersting M, Alexy U, Schultze B (2000): Kommerzielle Säuglingsnahrung unter der Lupe. Produktangebot und Ernährungspraxis in der DONALD-Studie. *Kinderärztl Prax*, 71, 80-93.
- Kersting M (2001): Ernährung des gesunden Säuglings Lebensmittel- und mahlzeitenbezogene Empfehlungen. *Monatsschr Kinderheilkd*, 149, (1), 4-10.
- Kersting M, Alexy U, Rothmann N: Fakten zur Kinderernährung. Hans Marseille Verlag GmbH München, 2003.

- Kersting M: Kinderernährung aktuell. Umschau-Zeitschriftenverlag GmbH, 2009.
- Khakoo GA, Lack G (2004): Introduction of solids to the infant diet. *Arch Dis Child*, 89, (4), 295.
- Kilcast D (1994): Effect of irradiation on vitamins. *Food Chemistry*, 49, (2), 157-164.
- Kleinman RE (2000): American academy of pediatrics recommendations for complementary feeding. *Pediatrics*, 106, (5 II), 1274.
- Köhler S, Kersting M (2004): Nährstoffreiche und gut verträgliche Gemüsesorten für die Beikost von Säuglingen. *Tägl Prax*, 45, (4), 717-718.
- Köhler S, Remer T (2005): Jodzufuhr durch kommerzielle Säuglingsnahrung. *Erährungs-Umschau*, 52, (10), 406-408.
- Koletzko B, Rodriguez-Palermo M (1999): Polyunsaturated fatty acids in human milk and their role in early infant development. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 4, 269-284.
- Koletzko B, Dokoupil K, Weimert-Harendza B, Keller E, Lehner F (2001): Fettverzehr bei Säuglingen und Schulkindern in Deutschland. *Monatsschr Kinderheilkd*, 149, (SUPPL. 1), S75-S82.
- Koletzko B (2002): Beikostprodukte auf Milchbasis. *Aktuel Ernaehr Med*, 27, (05), 315-316.
- Koletzko B, Toschke AM, Kries R (2004): Herausforderungen bei der Charakterisierung und der Verbesserung der Ernährungssituation im Kindes- und Jugendalter. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz*, 47, (3), 227-234.
- Koletzko B, Baker S, Cleghorn G, Neto UF, Gopalan S, Hernell O, Hock QS, Jirapinyo P, Lonnerdal B, Pencharz P, Pzyrembel H, Ramirez-Mayans J, Shamir R, Turck D, Yamashiro Y, Zong-Yi D (2005): Global standard for the composition of infant formula: Recommendations of an ESPGHAN coordinated international expert group. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*, 41, (5), 584-599.
- Kornsteiner M, Wagner K-H, Elmadfa I (2006): Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry*, 98, (2), 381-387.
- Krebs NF, Reidinger CJ, Robertson AD, Hambidge KM (1994): Growth and intakes of energy and zinc in infants fed human milk. *J Pediatr*, 124, 32-39.
- Krebs NF, Reidinger CJ, Hartley S, Robertson AD, Hambidge KM (1995): Zinc supplementation during lactation: effects on maternal status and milk zinc concentrations. *Am J Clin Nutr*, 61, 1030-1036.
- Krebs NF (2007): Meat as an early complementary food for infants: Implications for macro- and micronutrient intakes. *Nestlé Nutr Workshop Ser Pediatr Program*, 60, 221-233.
- Kühne P (1986): Säuglingsernährung, Arbeitskreis für Ernährungsforschung Bad Liebenzell.

- Lack G (2008): Epidemiologic risks for food allergy. *J Allergy Clin Immunol*, 121, (6), 1331-1336.
- Lande B, Andersen LF, Bærug A, Trygg KU, Lund-Larsen K, Veierød MB, Bjørneboe G-EA (2003): Infant feeding practices and associated factors in the first six months of life: The Norwegian Infant Nutrition Survey. *Acta Paediatr*, 92, (2), 152-161.
- Lesková E, Kubíková J, Kováčiková E, Kosická M, Porubská J, Holčíková K (2006): Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. *J Food Comp Anal*, 19, (4), 252-276.
- Lieberei R, Reisdorff C, Franke W: *Naturpflanzenkunde*. 7ed, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2007.
- Lutter CK, Dewey KG (2003): Proposed nutrient composition for fortified complementary foods. *J Nutr*, 133, (9), 3011S-3020S.
- Lutter CK, Rivera JA (2003): Nutritional status of infants and young children and characteristics of their diets. *J Nutr*, 133, (9), 2941S-2949S.
- Marriot WM: *Infant Nutrition; A textbook of infant feeding for students and practioners of medicine*. 2ed, The C. V. Mosby Company, St. Louis, MO, 1935.
- Masaracchia R (2007): Gesunde Babyernährung - Stillen und Beikost. *Ernährung & Medizin*, (4), 179-182.
- Matissek R, Schnepel F-M, Steiner G: *Lebensmittelanalytik (Grundzüge-Methoden-Anwendungen)*. 2ed, Springer-Verlag, 1992.
- McNulty H, Pentieva K (2004): Folate bioavailability. *Proc Nutr Soc*, 63, 529-536.
- Melø R, Gellein K, Evje L, Syversen T (2008): Minerals and trace elements in commercial infant food. *Food Chem Toxicol*, 46, (10), 3339-3342.
- Merck Index: *The Merck Index. An encyclopedia of chemicals, drugs and biologicals*. 11ed, Merck & Co., Inc., Rahway, N. J., USA, 1989.
- Merke J, Ritz E, Schettler G (1986): Neue Gesichtspunkte zur Rolle von Vitamin D. *Dtsch Med Wschr*, 111, 345-349.
- Meyer AL (2009): Die Rolle der Ernährung in der Entwicklung und Reifung des Immunsystems - Schwerpunkt Säuglings-Beikost. *Ernährung aktuell*, 2, 1-5.
- Miquel E, Alegría A, Barberá R, Farré R, Clemente G (2004): Stability of tocopherols in adapted milk-based infant formulas during storage. *International Dairy Journal*, 14, (11), 1003-1011.
- Monteiro PO, Victora CG (2005): Rapid growth in infancy and childhood and obesity in later life: a systematic review. *Obes Rev*, 6, 143-154.
- Morgan J, Williams P, Norris F, Williams CM, Larkin M, Hampton S (2004): Eczema and early solid feeding in preterm infants. *Arch Dis Child*, 89, (4), 309-314.

Mortensen L, Charles P (1996): Bioavailability of calcium supplements and the effect of vitamin D: comparisons between milk, calcium carbonate and calcium carbonate plus vitamin D. *Am J Clin Nutr*, 63, 354-357.

ÖGKJ (1992): Ernährungskommission der Österreichischen Gesellschaft für Kinder und Jugendheilkunde: Kommentar zur Ernährung mit Beikost im Säuglings- und Kleinkindesalter, Komiteebericht. *Pädiatr Pädol*, 27, 57-59.

ÖGKJ (2003): Konsensuspapier der Österreichischen Gesellschaft für Kinder- und Jugendheilkunde (ÖGKJ). Vorschlag zur Vitamin K- Prophylaxe bei Neugeborenen. *Monatsschr Kinderheilkd*, 5, 563-564.

ÖGKJ: Österreichs Kinder- und JugendfachärztInnen beantworten Leserfragen: Verabreichung von Vitamin K und D₃ in den ersten Lebenswochen. In *Die Ganze Woche*, Edited by Zwiauer K, http://www.docs4you.at/Content.Node/PresseCorner/DieGanzeWoche/Artikel2005/vitamin_k_und_d3.php (Zugang 14.10.2009), 2008a.

ÖGKJ: Arbeitsgruppe Pädiatrische Endokrinologie & Diabetologie Österreich (APED). Jod-Jodversorgung-Jodmangel. Edited by Köstl G, Blümel P, http://www.docs4you.at/Content.Node/Spezialbereiche/Endokrinologie_und_Diabetes/elterninformation_jod_jodversorgung_jodmangel.php (Zugang 14.10.2009), 2008b.

Olson R, Shahar E, Pankow J, McGovern P, Michaelsen KF, Hernell O, Deutsch M (1995): Restriction of fat in the diet of infants. *The Lancet*, 345, (8957), 1116-1118.

Ong K, Loos R (2006): Rapid infancy weight gain and subsequent obesity: systematic reviews and hopeful suggestions. *Acta Paediatr*, 95, 904-908.

PAHO/WHO (2003): Guiding principles for complementary feeding of the breastfed child. Washington, PHO/WHO, Division of Health Promotion and Protection/ Food and Nutrition Program,

Pali-Schöll I, Renz H, Jensen-Jarolim E (2009): Update on allergies in pregnancy, lactation and early childhood. *J Allergy Clin Immunol*, 123, 1012-1021.

Parvanta I, Knowles J (2004): Practical considerations for improving micronutrient status in the first two years of life. *Nestlé Nutr Workshop Ser Pediatr Program*, 54, 203-211.

Pavlovic M, Prentice A, Thorsdottir I, Wolfram G, Branca F (2007): Challenges in harmonizing energy and nutrient recommendations in Europe. *Ann Nutr Metab*, 51, 108-114.

Pedersen B, Hallgreen L, Hansen I, Eggum B (1987): The nutritive value of amaranth grain. *Plant Foods Hum Nutr*, 36, 325-334.

Perales S, Delgado MM, Alegria A, Barbera R, Farre R (2005): Liquid chromatographic determination of Vitamin D₃ in infant formulas and fortified milk. *Anal Chim Acta*, 543, (1-2), 58-63.

Phywe_04403.00: Bedienungsanleitung für die Kalorimeterbombe. Arbeitsblatt 04403.00. Phywe Systeme GmbH Göttingen. Handbuch Kalorimetrie "Physik in Demonstrationsversuchen", Ausgabe A/B.

- Poole JA, Barriga K, Leung DYM, Hoffman M, Eisenbarth GS, Rewers M, Norris JM (2006): Timing of initial exposure to cerealgrains and the risk of wheat allergy. *Pediatrics*, 117, (6), 2175-2182.
- Prentice A, Branca F, Decsi T, Michaelsen KF, Fletcher RJ, Guesry P, Manz F, Vidailhet M, Pannemans D, Samartiín S (2004): Energy and nutrient dietary reference values for children in Europe: Methodological approaches and current nutritional recommendations. *Br J Nutr*, 92, (Suppl 2), S83-S146.
- Prescott SL, Smith P, Tang M, Palmer DJ, Sinn J, Huntley SJ, Cormack B, Heine RG, Gibson RA, Makrides M (2008): The importance of early complementary feeding in the development of oral tolerance: Concerns and controversies. *Pediatr Allergy Immunol*, 19, (5), 375-380.
- Prosky L, Asp NG, Furda I (1985): Determination of total dietary fiber in food and food products: Collaborative study. *J Assoc Off Anal Chem*, 68, (4), 677-679.
- Przyrembel H (2006): Energiedichte der Nahrung: Welche Rolle spielen Kohlenhydrate? *Aktuel Ernaehr Med*, (Suppl 1), S28-S36.
- Rathod P, Udipi SA (1991): The nutritional quality and acceptability of weaning food incorporating amaranth. *Food Nutr Bull*, 13, 58.
- Renken SA, Warthesen JJ (1993): Vitamin D stability in milk. *J Food Sci*, 58, 502-555.
- Reynolds RD, Leklem JE: *Clinical and physiological applications of vitamin B₆*. Alan R. Liss, New York, 1988.
- Sackett WW (1953): Results of three years experience with a new concept of baby feeding. *South Med J*, 46, 358-363.
- Santelli RE, Bezerra MdA, de SantAna OD, Cassella RJ, Ferreira SLC (2006): Multivariate technique for optimization of digestion procedure by focussed microwave system for determination of Mn, Zn and Fe in food samples using FAAS. *Talanta*, 68, (4), 1083-1088.
- Saracoglu S, Saygi KO, Uluozlu OD, Tuzen M, Soylak M (2007): Determination of trace element contents of baby foods from Turkey. *Food Chemistry*, 105, (1), 280-285.
- Sarrett HP, Bain KR, O'Leary JC (1983): Decisions on breast-feeding or formula-feeding and trends in infant-feeding practices. *Am J Dis Child*, 137, 719-725.
- SCF (1990): Report of the Scientific Committee for Food on "The essential requirements for weaning foods". Food-Science and Techniques. Commission of the European Communities, 24th series, Luxembourg.
- SCF (1993): Report of the Scientific Committee for Food on "Nutrient and energy intakes for the European Community". Commission of the European Communities, 31st series, Luxembourg.
- SCF (2000): Scientific Committee on Food. Guidelines of the Scientific Committee on Food for the development of tolerable upper intake levels for vitamins and minerals (adopted on 19 October 2000). SCF/CS/NUT/UPPLEV/11 FINAL, 28 November 2000.

Schöch G, Kersting M: Pädiatrie. 2nd edition, edited by Lentze MJ, Schaub J, Schulte J, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003

Schwartz J, Markmann B, Kalhoff H, Kersting M (2008): Mehrfach ungesättigte Fettsäuren in der Säuglingsernährung unter besonderer Berücksichtigung der Beikost. *Aktuel Ernaehr Med*, 33, (5), 247-252.

Sedlaczek B: Untersuchungen zum Gehalt an wasserlöslichen Vitaminen in Beikostprodukten ab dem 6. Lebensmonat. Diplomarbeit an der Universität Wien; 2006.

Sharaf MA, Illmann DL, Kowalsky BR: Chemometrics. John Wiley & Sons, New York, 1986.

Shewry PR, Tatham AS, Lazzeri P (1997): Biotechnology of wheat quality. *J Sci Food Agric*, 73, (4), 397-406.

Sichert-Hellert W, Kersting M (2004): Fortifying food with folic acid improves folate intake in german infants, children, and adolescents. *J Nutr*, 134, (10), 2685-2690.

Singh G, Arora S, Sharma GS, Sindhu JS, Kansal VK, Sangwan RB (2007): Heat stability and calcium bioavailability of calcium-fortified milk. *LWT - Food Sci Technol*, 40, (4), 625-631.

Souci-Fachmann-Kraut: Der kleine Souci Fachmann Kraut: Lebensmitteltabelle für die Praxis. 3. Auflage. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 2004.

Soylak M, Saracoglu S, Tuzen M, Mendil D (2005): Determination of trace metals in mushroom samples from Kayseri, Turkey. *Food Chemistry*, 92, (4), 649-652.

Struhl K (1989): Helix-turn-helix, zinc-finger and keucine-zipper motifs for eukaryotic transcriptional regulatory proteins. *Trend Biochem Sci*, 14, 137-140.

Tangpricha V, Koutkia P, Rieke SM, Chen TC, Perez AA, Holick MF (2003): Fortification of orange juice with vitamin D: a novel approach for enhancing vitamin D nutritional health. *Am J Clin Nutr*, 77, (6), 1478-1483.

Tanner JT, Smith J, Defibaugh P, Angyal G, Villalobos M, Bueno MP, McGarrahan ET, Wher HM, Muniz JF, Hollis BW (1988): Survey of vitamin content of fortified milk. *J Assoc Off Anal Chem*, 71, 607-610.

Tarini BA, Carroll AE, Sox CM, Christakis DA (2006): Systematic review of the relationship between early introduction of solid foods to infants and the development of allergic disease. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 160, (5), 502-507.

Thygarajan A, Burks AW (2008): American Academy of Pediatrics recommendations on the effects of early nutritional interventions on the development of atopic disease. *Curr Opin Pediatr*, 20, (6), 698-702.

Tuzen M (2003): Determination of heavy metals in soil, mushroom and plant samples by atomic absorption spectrometry. *Microchem J*, 74, 289-297.

Upreti P, Mistry VV, Warthesen JJ (2002): Estimation and fortification of vitamin D₃ in pasteurized processed cheese. *J Dairy Sci*, 85, 3173-3181.

- Vallee BL, Galdes A (1984): The metallobiochemistry of zinc enzymes. *Advanc Anzymol Relat Areas Mol Biol*, 56, 283-430.
- Vallee BL, Auld DS (1990): Active-site zinc legands and activated H₂O of zinc enzymes. *Proc Natl Acad Sci USA*, 87, 220-224.
- Vanura H (2000): Optimierte Säuglingsernährung. *J Ernährungsmed*, 2, 12-15.
- Viñas P, López-Erroz C, Balsalobre N, Hernández-Córdoba M (2003): Reversed-phase liquid chromatography on an amide stationary phase for the determination of the B group vitamins in baby foods. *J Chromatogr A*, 1007, (1-2), 77-84.
- Wagner D, Rousseau D, Sidholm G, Pouliot M, Audet P, Vieth R (2008a): Vitamin D₃ fortification, quantification and long term stability in cheddar and low-fat cheeses. *J Agric Food Chem*, 56, 7964-7969.
- Wagner K-H, Plasser E, Proell C, Kanzler S (2008b): Comprehensive studies on the trans fatty acid content of Austrian foods: Convenience products, fast food and fats. *Food Chemistry*, 108, (3), 1054-1060.
- Walter T, Dallman PR, Pizarro F, Velozo L, Pena G, Bartholmey SJ, Hettrampf E, Olivares M, Letelier A, Arredondo M (1993): Effectiveness of iron-fortified infant cereal in prevention of iron deficiency anemia. *Pediatrics*, 91, 976-982.
- Weaver CM (1998): Calcium in food fortification strategies. *International Dairy Journal*, 8, (5-6), 443-449.
- WHO (1991): World Health Organisation. 44th World Health Assembly. Resolution WHA 44.33 on the world summit of children: follow-up action, Geneva.
- WHO (1998): World Helath Organisation. Complementary feeding of young children in developing countries:a review of current scientific knowledge. WHO/NUT/98.1, Geneva.
- WHO (2001): World Health Organisation. 54th World Health Assembly. WHA 54.2. Infant and child nutrition, Geneva.
- WHO/UNICEF (1990): Innocenti Declaration on the protection, promotion and support of breastfeeding. Breastfeeding in the 1990s: a globale initiative. Florence, Italy.
- Yang Q, Penninckx W, Smeyers-Verbeke J (1994): Closed-vessel microwave acid digestion of foodstuffs and trace aluminium determination by Graphit Furnace Atomic Absorption Spectrometry. *J Agric Food Chem*, 42, 1948-1953.
- Yang T, Hung L, Caudill MA (2005): Long-term controlled folate feeding study in young women supports the validity of the 1.7 multiplier in the dietary folate equation. *J Nutr*, 135, (5), 1139-1145.
- Yip R: Iron. In *Present Knowledge in nutrition*, 8th edition, edited by Bowmann BA, Russel RM, ILSI Press, Washington, DC, 2001.
- Zempleni J: Vitamin B₆. In *Vitamine - Physiologie, Pathophysiologie, Therapie*, edited by Biesalski H-K, J. S, Weber P, Weiß H, Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1997.

Zhang H, Önning G, Triantafyllou AO, Öste R (2007): Nutritional properties of oat-based beverages as affected by processing and storage. *J Sci Food Agric*, 87, (12), 2294-2301.

Zhou JR, Erdman Jr JW (1995): Phytic acid in health and disease. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 35, (6), 495-508.

Ziegler EE, Jiang T, Romero E, Vinco A, Frantz JA, Nelson SE (1999): Cow's milk and intestinal blood loss in late infancy. *J Pediatr*, 135, (6), 720-726.

Zielinski H, Kozłowska H, Lewczuk B (2001): Bioactive compounds in the cereal grains before and after hydrothermal processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2, (3), 159-169.

Zittermann A, Scheld K, Stehle P (1998): Seasonal variations in vitamin D status and calcium absorption do not influence bone turnover in young women. *Eur J Clin Nutr*, 52, (7), 501-506.

Zunk B (1990): Mikrowellenaufschluss zur Bestimmung von Spurenelementen in Pflanzenmaterial. *Anal Chim Acta*, 236, 337-343.

Zutavern A, von Mutius E, Harris J, Mills P, Moffatt S, White C, Cullinan P (2004): The introduction of solids in relation to asthma and eczema. *Arch Dis Child*, 89, (4), 303-308.

Zutavern A, Brockow I, Schaaf B, Bolte G, von Berg A, Diez U, Borte M, Herbarth O, Wichmann HE, Heinrich J, the LSG (2006): Timing of solid food introduction in relation to atopic dermatitis and atopic sensitization: Results from a prospective birth cohort study. *Pediatrics*, 117, (2), 401-411.

Tabellenanhang

(Anhang I – IX)

Anhang I: Vergleich der amerikanischen Referenzwerte (DRI) mit den D-A-CH Referenzwerten zur empfohlenen täglichen Nährstoffzufuhr im 1. Lebensjahr

| Lebensmonat | D-A-CH ¹ | | USA-KANADA ² | |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|------------------|
| | 0 - <4 | 4 - <12 | 0 - 6 | 7 - 12 |
| Energie (kcal/d) | w 450, m 500 | 700 | ** ⁹ | ** ⁹ |
| Protein (g/d) | 10 ⁸ | 10 ⁸ | 9,1* | 11 |
| Kohlenhydrate (g/d) | >50*** ¹⁰ | >50*** ¹⁰ | 60* | 95* |
| Fett (g/d) | 45-50 | 35-45 | 31* | 30* |
| Linolsäure (g/d) | 4 ¹⁰ | 3,5 ¹⁰ | 4,4* | 4,6* |
| α-Linolsäure (g/d) | 0,5** ¹⁰ | 0,5** ¹⁰ | 0,5* | 0,5* |
| Wasser (L/d) | 0,62** | 0,9 | 0,7* | 0,8* |
| Ballaststoffe (g/d) | k A | k A | k A | k A |
| Vit. A (µgRÄ/d) | 500 | 600 | 400* | 500* |
| Vit. C (mg/d) | 50** | 55 | 40* | 50* |
| Vit. D (µg/d) | 10 | 10 | 5* | 5* |
| Vit. E (mgTÄ/d) | 3** | 4** | 4* ⁵ | 5* ⁵ |
| Vit. K (µg/d) | 4** | 10** | 2* | 2,5* |
| Vit. B ₁ (mg/d) | 0,2 | 0,4 | 0,2* | 0,3* |
| Vit. B ₂ (mg/d) | 0,3 | 0,4 | 0,3* | 0,4* |
| Niacin (mgNÄ/d) | 2** | 5 | 2* ⁶ | 4* ⁶ |
| Vit. B ₆ (mg/d) | 0,1** | 0,3 | 0,1* | 0,3* |
| Folat (µgFÄ/d) | 60** | 80 | 65* ⁷ | 80* ⁷ |
| Vit. B ₁₂ (µg/d) | 0,4** | 0,8 | 0,4* | 0,5* |
| Pantothersäure (mg/d) | 2** | 3** | 1,7* | 1,8* |
| Biotin (µg/d) | 5** | 5-10** | 5* | 6* |
| Calcium (mg/d) | 220** | 400** | 210* | 270* |
| Chrom (µg/d) | 1-10** | 20-40** | 0,2* | 5,5* |
| Kupfer (mg/d) | 0,2-0,6** | 0,6-0,7** | 0,2* | 0,22* |
| Fluorid (mg/d) | 0,25*** | 0,5*** | 0,01* | 0,5* |
| Jod (µg/d) | 40** | 80 | 110* | 130* |
| Eisen (mg/d) | 0,5** | 8 | 0,27* | 11 |
| Magnesium (mg/d) | 24** | 60 | 30* | 75* |
| Mangan (mg/d) | k A | 0,6-1,0** | 0,003* | 0,6* |
| Molybdän (µg/d) | 7** | 20-40** | 2* | 3* |
| Phosphor (mg/d) | 120** | 300 | 100* | 275* |
| Selen (µg/d) | 5-15** | 7-30** | 15* | 20* |
| Zink (mg/d) | 1** | 2 | 2* | 3 |
| Kalium (g/d) | 0,4** | 0,65** | 0,4* | 0,7* |
| Natrium (g/d) | 0,1** | 0,18** | 0,12* | 0,37* |
| Chlorid (g/d) | 0,2** | 0,27** | 0,18* | 0,57* |

¹ (D-A-CH, 2008), ² (FNB, 1997; FNB, 1998; FNB, 2000a; FNB, 2001; FNB, 2005), * Adequate Intake (AI), ** Schätzwert, *** Richtwert, ⁵ α Tocopherol, ⁶ 0-6Mo präformiertes Niacin, ⁷ Dietary folate equivalente (DFE). 1DFE = 1µg Nahrungsfolat = 0,6µg Folat von angereicherten Lebensmitteln bzw. Folatsupplement in Kombination mit Nahrung = 0,5µg Folat aus einem Supplement auf nüchternem Magen, ⁸ 12g/d (0 bis unter 1 Monat), 10g/d (1 bis unter 12 Monate), ⁹ (89 x KG [kg] - 100) + 175kcal (0-3Mo) bzw. + 56kcal (4-6Mo) bzw. + 22kcal (7-12Mo), ¹⁰ % der Energie

**Anhang II: Laut Beikostverordnung (BGBl, 1999) zur Anreicherung zugelassene Nährstoffe, die erlaubten chemischen Formen sowie die maximale Anreicherungs-
menge pro 100kcal verzehrfertige Beikost (Ausnahme Calcium & Kalium)**

| Nährstoff | pro 100kcal | zugelassene chemische Formen |
|------------------------------|----------------------|--|
| Vitamin A (µg RÄ) | 180 | Retinol, Retinylacetat, Retinylpalmitat, Beta-Carotin |
| Vitamin E (mg α-TÄ) | 3 | D-alpha-Tocopherol, D-alpha-Tocopherylacetat, DL-alpha-Tocopherylacetat, DL-alpha-Tocopherol |
| Vitamin D (µg) | 3 | Ergocalciferol, Cholecalciferol |
| Vitamin K | keine Angabe | Phyllochinon |
| Vitamin C (mg) | 12,5/25 ¹ | L-Ascorbinsäure, Natrium-L-Ascorbat, Calcium-L-Ascorbat, L-Ascorbylpalmitat, Kaliumascorbat |
| Thiamin (mg) | 0,5 | Thiaminhydrochlorid, Thiaminnitrat |
| Riboflavin (mg) | 0,4 | Riboflavin, Riboflavin-5`-phosphat-Natrium |
| Niacin (mg NÄ) | 4,5 | Nicotinsäureamid, Nicotinsäure |
| Vitamin B ₆ (mg) | 0,35 | Pyridoxinhydrochlorid, Pyridoxin-5-phosphat, Pyridoxindipalmitat |
| Folsäure (µg) | 50 | Folsäure |
| Vitamin B ₁₂ (µg) | 0,35 | Cyanocobalamin, Hydroxocobalamin |
| Pantothensäure (mg) | 1,5 | Calcium-D-pantothenat, Natrium-D-pantothenat, Dextranthenol |
| Biotin (µg) | 10 | D-Biotin |
| Kalium (mg) | 160 ² | Kaliumchlorid, -glycerophosphat, -citrate, -gluconat, -lactat |
| Calcium (mg) | 80 ² | Calciumcarbonat, -chlorid, -citrate, -gluconat, - lactat, - glycerophosphat, -orthophosphate, -oxid, -hydroxid |
| Magnesium (mg) | 40 | Magnesiumcarbonat, -glycerophosphat, -chlorid, -citrate, - gluconat, -oxid, -hydroxid, -orthoposphate, -sulfat, -lactat, |
| Eisen (mg) | 3 | Eisen-(II)-citrat, Eisen-(II)-ammoniumcitrat, Eisen-(II)-gluconat, Eisen-(II)-lactat, Eisen-(II)-sulfat, Eisen-(II)-fumarat, Eisen-(III)-diphosphat, Elementares Eisen (Carbonyl-, Elektrolyt, - und hydrogen reduziertes Eisen), Eisen-(III)-saccharat, Eisennatriumdiphosphat, Eisen-(II)-carbonat |
| Zink (mg) | 2 | Zinkacetat, -chlorid, -citrat, -sulfat, -oxid, gluconat |
| Kupfer (µg) | 40 | Kupfer-Lysin-Komplex, Kupfer-(II)-sulfat, Kupfer-(II)-carbonat, Kupfer-(II)-citrat, Kupfer-(II)-gluconat |
| Jod (µg) | 35 | Natriumjodid, Kaliumjodid, Kaliumjodat, Natriumjodat |
| Mangan (mg) | 0,6 | Mangan-(II)-carbonat, Mangan-(II)-chlorid, Mangan-(II)-citrat, Mangan-(II)-gluconat, Mangan-(II)-sulfat, Mangan-(II)-glycerophosphat |

¹ Grenzwert für mit Eisen angereicherte Erzeugnisse, ² verkaufsfertiges Erzeugnis

Anhang III: Neu entwickelte Produkte - Hauptnährstoffe (pro 100g)

| n=4Chargen | Portion (g) | <i>Asche (%)</i> | <i>TM (%)</i> | <i>Wasser (%)</i> | <i>BW (kcal)</i> | <i>KH (g)</i> | <i>Protein (g)</i> | <i>Fett (g)</i> ¹ |
|---|---------------------|------------------|---------------|-------------------|------------------|---------------|--------------------|------------------------------|
| Rohprodukt | | | | | | | | |
| Amaranth-Weizen | | 1,22 ± 0,03 | 94,44 ± 0,37 | 5,56 ± 0,37 | 548,86 ± 69,32 | 78,38 ± 0,26 | 11,53 ± 0,48 | 3,30 ± 0,17 |
| Hafer | | 1,58 ± 0,08 | 93,88 ± 0,85 | 6,12 ± 0,85 | 518,41 ± 52,31 | 75,94 ± 1,20 | 11,78 ± 0,33 | 4,57 ± 0,06 |
| Reis | | 0,82 ± 0,02 | 94,07 ± 0,15 | 5,93 ± 0,15 | 472,57 ± 37,65 | 85,39 ± 0,23 | 6,45 ± 0,39 | 1,42 ± 0,26 |
| Vollmilchbrei | | | | | | | | |
| Amaranth-Weizen | 213,1 ± 0,50 | 0,66 ± 0,02 | 21,24 ± 0,35 | 78,76 ± 0,35 | 115,13 ± 3,91 | 12,42 ± 0,30 | 4,61 ± 0,11 | 3,54 ± 0,06 |
| Hafer | 217,1 ± 0,29 | 0,69 ± 0,02 | 21,37 ± 0,11 | 78,63 ± 0,11 | 104,82 ± 7,17 | 12,08 ± 0,23 | 4,70 ± 0,07 | 3,94 ± 0,09 |
| Reis | 214,1 ± 0,08 | 0,67 ± 0,04 | 22,06 ± 0,31 | 77,94 ± 0,31 | 104,27 ± 4,76 | 13,94 ± 0,46 | 4,02 ± 0,13 | 3,42 ± 0,04 |
| Folgemilchbrei | | | | | | | | |
| Amaranth-Weizen | 230,2 ± 2,17 | 0,27 ± 0,002 | 12,82 ± 0,03 | 87,18 ± 0,03 | 67,07 ± 3,67 | 9,26 ± 0,05 | 1,69 ± 0,04 | 1,60 ± 0,02 |
| Hafer | 232,0 ± 3,57 | 0,30 ± 0,01 | 12,87 ± 0,02 | 87,13 ± 0,02 | 74,60 ± 5,04 | 9,06 ± 0,08 | 1,71 ± 0,06 | 1,80 ± 0,08 |
| Reis | 228,1 ± 2,34 | 0,23 ± 0,005 | 13,14 ± 0,14 | 86,86 ± 0,14 | 75,02 ± 2,95 | 10,25 ± 0,14 | 1,18 ± 0,04 | 1,48 ± 0,12 |
| Haltbarkeit (EMH) | | | | | | | | |
| Amaranth-Weizen | | - | 92,91 ± 0,10 | 7,09 ± 0,10 | - | - | 10,79 ± 0,21 | - |
| Hafer | | - | 94,64 ± 0,06 | 5,36 ± 0,06 | - | - | 12,03 ± 0,23 | - |
| Reis | | - | 93,43 ± 0,11 | 6,57 ± 0,11 | - | - | 6,29 ± 0,19 | - |
| - ...kein Wert vorhanden, EMH...Ende der Mindesthaltbarkeit, TM...Trockenmasse, BW...physikal. Brennwert, KH...Gesamtkohlenhydrate, ¹ ...n=2 | | | | | | | | |

Anhang IV: Himmeltau Produkte auf Weizengrießbasis - Hauptnährstoffe (pro 100g)

| n=4Chargen | Portion (g) | Asche (%) | TM (%) | Wasser (%) | BW (kcal) | KH (g) | Protein (g) | Fett (g) ¹ |
|---|---------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|-----------------------|
| Rohprodukt | | | | | | | | |
| Traubenzucker | | 0,38 ± 0,01 | 94,87 ± 0,12 | 5,13 ± 0,12 | 332,49 ± 26,4 | 84,13 ± 0,30 | 9,57 ± 0,20 | 0,79 ² |
| Bienenhonig | | 0,34 ± 0,01 | 95,69 ± 0,13 | 4,31 ± 0,13 | 298,03 ± 34,0 | 83,59 ± 0,29 | 10,97 ± 0,32 | 0,79 ² |
| Vanille | | 0,40 ± 0,02 | 95,97 ± 0,43 | 4,03 ± 0,43 | 295,08 ± 23,2 | 83,97 ± 0,31 | 10,80 ± 0,52 | 0,79 ² |
| Feinster-Weizengrieß | | 0,30 ± 0,02 | 88,85 ± 0,15 | 11,2 ± 0,15 | 327,86 ± 2,5 | 77,82 ± 0,49 | 9,95 ± 0,43 | 0,79 ² |
| Vollmilchbrei | | | | | | | | |
| Traubenzucker | 215,2 ± 0,62 | 0,69 ± 0,03 | 20,67 ± 0,15 | 79,33 ± 0,15 | 72,12 ± 4,54 | 12,40 ± 0,06 | 3,91 ± 0,10 | 3,67 ± 0,01 |
| Bienenhonig | 216,0 ± 0,59 | 0,67 ± 0,01 | 20,59 ± 0,16 | 79,41 ± 0,16 | 85,49 ± 5,87 | 12,32 ± 0,15 | 3,96 ± 0,05 | 3,63 ± 0,07 |
| Vanille | 215,9 ± 0,57 | 0,69 ± 0,02 | 20,76 ± 0,12 | 79,24 ± 0,12 | 79,55 ± 3,27 | 12,33 ± 0,16 | 4,03 ± 0,05 | 3,70 ± 0,01 |
| Feinster-Weizengrieß | 188,4 ± 3,73 | 0,68 ± 0,02 | 18,58 ± 0,17 | 81,42 ± 0,17 | 61,44 ± 3,38 | 9,75 ± 0,22 | 3,90 ± 0,04 | 4,24 ± 0,28 |
| Folgemilchbrei | | | | | | | | |
| Traubenzucker | 226,4 ± 0,22 | 0,19 ± 0,005 | 14,08 ± 0,21 | 85,92 ± 0,21 | 39,34 ± 3,76 | 11,04 ± 0,20 | 1,52 ± 0,05 | 1,31 ± 0,01 |
| Bienenhonig | 224,2 ± 0,21 | 0,20 ± 0,03 | 13,92 ± 0,18 | 86,08 ± 0,18 | 41,20 ± 2,03 | 10,84 ± 0,16 | 1,59 ± 0,03 | 1,27 ± 0,07 |
| Vanille | 226,7 ± 0,18 | 0,19 ± 0,01 | 14,12 ± 0,09 | 85,88 ± 0,09 | 43,02 ± 2,39 | 11,02 ± 0,06 | 1,60 ± 0,01 | 1,27 ± 0,02 |
| Feinster-Weizengrieß | 202,8 ± 2,22 | 0,17 ± 0,01 | 11,61 ± 0,22 | 88,39 ± 0,22 | 37,41 ± 3,05 | 8,57 ± 0,22 | 1,34 ± 0,004 | 1,52 ± 0,07 |
| Haltbarkeit (EMH) | | | | | | | | |
| Traubenzucker | | - | 93,44 ± 0,07 | 6,56 ± 0,07 | - | - | 9,62 ± 0,08 | - |
| Bienenhonig | | - | 93,66 ± 0,07 | 6,34 ± 0,07 | - | - | 9,98 ± 0,02 | - |
| Vanille | | - | 93,29 ± 0,06 | 6,71 ± 0,06 | - | - | 10,28 ± 0,04 | - |
| Feinster-Weizengrieß | | - | 89,36 ± 0,06 | 10,6 ± 0,06 | - | - | 9,50 ± 0,11 | - |
| -..kein Wert vorhanden, ¹ ...n=2, ² ...Wert aus Nährwerttabelle, EMH...Ende der Mindesthaltbarkeit, TM...Trockenmasse, BW...physikal. Brennwert, KH...Gesamtkohlenhydrate | | | | | | | | |

Anhang V: Neu entwickelte Produkte - Vitamine (pro 100g)

| n=4Chargen | Vitamin E ($\mu\text{gT}\ddot{\text{A}}$) | Vitamin D ₃ (μg) | Vitamin A ($\mu\text{gR}\ddot{\text{A}}$) | Thiamin (μg) | Riboflavin (μg) | Pyridoxin (μg) | Folsäure (μg) ¹ |
|---|---|--|---|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|---|
| Rohprodukt | | | | | | | |
| Amaranth-Weizen | 51,10 ± 2,78 | 4,84 ± 0,12 | 0,0 | 404,70 ± 47,05 | 455,63 ± 16,34 | - | 0,0 |
| Hafer | 71,50 ± 8,52 | - | 0,86 ± 0,12 | 1135,87 ± 22,86 | 614,90 ± 37,30 | - | 228,51 ± 7,27 |
| Reis | 0,0 | - | 0,0 | 781,92 ± 9,42 | 464,98 ± 12,79 | - | 0,0 |
| Vollmilchbrei | | | | | | | |
| Amaranth-Weizen | 79,27 ± 8,44 | 0,51 ± 0,06 | 12,04 ± 1,11 | 57,99 ± 3,69 | 216,81 ± 11,67 | 55,80 ± 3,24 | 0,0 |
| Hafer | 89,03 ± 4,64 | - | 12,27 ± 0,50 | 129,02 ± 2,05 | 23,96 ± 7,95 | 73,73 ± 1,74 | 17,34 ± 1,17 |
| Reis | 71,95 ± 2,22 | - | 12,42 ± 0,85 | 107,50 ± 0,44 | 225,05 ± 6,98 | 61,57 ± 1,15 | 0,0 |
| Folgemilchbrei | | | | | | | |
| Amaranth-Weizen | 451,08 ± 55,13 | 1,27 ± 0,06 | 33,24 ± 0,59 | 77,40 ± 3,30 | 78,02 ± 7,45 | 91,68 ± 7,02 | - |
| Hafer | 487,35 ± 39,52 | 0,69 ± 0,02 | 31,72 ± 1,64 | 138,07 ± 16,27 | 98,60 ± 10,41 | 107,35 ± 10,60 | 25,50 ± 2,75 |
| Reis | 382,10 ± 31,90 | 0,53 ± 0,07 | 29,05 ± 1,63 | 112,88 ± 7,43 | 78,80 ± 3,16 | 83,34 ± 4,57 | - |
| Haltbarkeit (EMH) | | | | | | | |
| Amaranth-Weizen | 14,72 ± 2,74 | 2,40 ± 0,16 | 0,0 | 232,86 ± 12,93 | 413,06 ± 25,16 | 513,69 ± 29,66 | 0,0 |
| Hafer | 18,58 ± 1,82 | - | 0,0 | 803,98 ± 5,37 | 508,03 ± 19,85 | 785,07 ± 23,54 | 248,25 ± 4,33 |
| Reis | 0,0 | - | 0,0 | 589,68 ± 13,11 | 400,36 ± 3,07 | 506,68 ± 10,92 | 0,0 |
| - ...kein Wert vorhanden, EMH...Ende der Mindesthaltbarkeit, TÄ...Tocopheroläquivalente, RÄ...Retinoläquivalente, ¹ ...synth. Folsäure | | | | | | | |

Anhang VI: Himmeltau Produkte auf Weizengrießbasis - Vitamine (pro 100g)

| n=4Chargen | Vitamin E ($\mu\text{gT}\ddot{\text{A}}$) | Vitamin D ₃ (μg) | Vitamin A ($\mu\text{gR}\ddot{\text{A}}$) | Thiamin (μg) | Riboflavin (μg) | Pyridoxin (μg) | Folsäure (μg) ¹ |
|---|---|--|---|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|---|
| Rohprodukt | | | | | | | |
| Traubenzucker | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3424,05 ± 65,24 | 13,27 ± 0,31 | 0,0 | 0,0 |
| Bienenhonig | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2833,65 ± 298,34 | 15,45 ± 0,24 | 0,0 | 0,0 |
| Vanille | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3291,17 ± 115,78 | 13,67 ± 0,09 | 0,0 | 0,0 |
| Feinster-Weizengrieß | 121,01 ± 8,99 | 0,0 | 2,63 ± 0,36 | 4114,03 ± 179,36 | 13,07 ± 0,38 | 0,0 | 0,0 |
| Vollmilchbrei | | | | | | | |
| Traubenzucker | 38,21 ± 4,47 | - | 11,39 ± 0,14 | 333,42 ± 3,66 | 149,92 ± 4,82 | 24,07 ± 1,82 | 0,0 |
| Bienenhonig | 47,60 ± 10,75 | - | 11,11 ± 1,05 | 295,40 ± 5,15 | 158,32 ± 5,16 | 24,07 ± 2,49 | 0,0 |
| Vanille | 38,18 ± 5,17 | - | 12,27 ± 0,46 | 283,24 ± 14,53 | 161,84 ± 6,75 | 26,30 ± 1,01 | 0,0 |
| Feinster-Weizengrieß | 136,59 ± 13,56 | - | 12,61 ± 1,21 | 355,55 ± 9,91 | 146,49 ± 7,90 | 27,29 ± 1,54 | 0,0 |
| Folgemilchbrei | | | | | | | |
| Traubenzucker | 479,01 ± 47,47 | 0,64 ± 0,01 | 24,56 ± 0,95 | 316,95 ± 17,12 | 40,87 ± 1,60 | 38,86 ± 0,62 | 0,0 |
| Bienenhonig | 491,75 ± 25,99 | 0,61 ± 0,02 | 27,21 ± 0,86 | 279,40 ± 8,75 | 40,57 ± 1,25 | 38,65 ± 0,54 | 0,0 |
| Vanille | 409,66 ± 28,94 | 0,65 ± 0,004 | 23,84 ± 1,82 | 310,74 ± 6,11 | 43,58 ± 2,87 | 37,36 ± 1,29 | 0,0 |
| Feinster-Weizengrieß | 500,14 ± 70,21 | 0,75 ± 0,03 | 27,18 ± 0,79 | 286,25 ± 21,99 | 36,98 ± 1,73 | 40,32 ± 0,24 | 0,0 |
| Haltbarkeit (EMH) | | | | | | | |
| Traubenzucker | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2994,06 ± 252,28 | 15,23 ± 0,33 | 0,0 | 0,0 |
| Bienenhonig | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2632,03 ± 277,49 | 16,01 ± 0,08 | 0,0 | 0,0 |
| Vanille | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4122,19 ± 150,83 | 18,20 ± 0,19 | 0,0 | 0,0 |
| Feinster-Weizengrieß | 103,03 ± 8,21 | 0,0 | 1,77 ± 0,33 | 3623,08 ± 417,73 | 12,90 ± 0,07 | 0,0 | 0,0 |
| - ...kein Wert vorhanden, EMH...Ende der Mindesthaltbarkeit, TÄ...Tocopheroläquivalente, RÄ...Retinoläquivalente, ¹ ...synth. Folsäure | | | | | | | |

Anhang VII: Neue entwickelte Produkte - Mineralstoffe/Spurenelemente, Fettsäuren & Ballaststoffe (pro 100g)

| n=4Chargen | Calcium (mg) | Magnesium (mg) | Zink (mg) | Eisen (mg) | GFS (%) | MFS (%) | PFS (%) | Ballaststoffe (g) ² |
|---|----------------|----------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------------|
| Rohprodukt | | | | | | | | |
| Amaranth-Weizen | 244,55 ± 4,05 | 69,92 ± 1,79 | 2,27 ± 0,17 | 5,50 ± 0,14 | 25,27 ± 0,54 | 26,35 ± 0,38 | 48,37 ± 0,69 | 6,55 |
| Hafer | 247,08 ± 1,52 | 77,46 ± 0,68 | 2,85 ± 0,55 | 11,49 ± 0,77 | 19,38 ± 0,14 | 36,38 ± 0,17 | 44,24 ± 0,25 | 8,52 |
| Reis | 216,63 ± 11,94 | 32,56 ± 2,82 | 1,53 ± 0,15 | 1,25 ± 0,04 | 47,96 ± 0,95 | 37,41 ± 1,05 | 14,62 ± 0,26 | 3,87 |
| Vollmilchbrei | | | | | | | | |
| Amaranth-Weizen | 152,57 ± 0,52 | 17,18 ± 0,14 | 1,57 ± 0,20 | 0,31 ± 0,02 | 68,12 ± 0,52 | 27,87 ± 0,51 | 4,01 ± 0,17 | 0,62 |
| Hafer | 150,95 ± 0,78 | 16,95 ± 0,24 | 1,45 ± 0,27 | 0,97 ± 0,10 | 67,16 ± 0,41 | 27,88 ± 0,43 | 4,95 ± 0,05 | 0,79 |
| Reis | 148,91 ± 1,10 | 13,91 ± 0,08 | 1,76 ± 0,42 | 0,13 ± 0,003 | 68,84 ± 0,34 | 27,85 ± 0,41 | 3,31 ± 0,09 | 0,36 |
| Folgemilchbrei | | | | | | | | |
| Amaranth-Weizen | 73,57 ± 1,93 | 10,59 ± 0,48 | 1,17 ± 0,28 | 0,69 ± 0,07 | 42,10 ± 0,28 | 37,35 ± 0,27 | 20,55 ± 0,53 | 0,72 |
| Hafer | 75,30 ± 3,89 | 11,18 ± 1,10 | 1,02 ± 0,22 | 1,52 ± 0,13 | 40,90 ± 1,11 | 37,37 ± 0,34 | 21,73 ± 1,07 | 0,89 |
| Reis | 70,18 ± 3,57 | 7,15 ± 0,29 | 1,04 ± 0,15 | 0,48 ± 0,02 | 41,46 ± 1,15 | 38,34 ± 0,95 | 20,19 ± 1,78 | 0,49 |
| Haltbarkeit (EMH) | | | | | | | | |
| Amaranth-Weizen | 242,48 ± 3,76 | 74,00 ± 0,32 | 1,49 ± 0,30 | 4,49 ± 0,10 | 39,21 ± 1,26 | 31,83 ± 0,62 | 28,96 ± 0,79 | - |
| Hafer | 255,68 ± 3,29 | 83,11 ± 1,53 | 2,92 ± 0,37 | 13,10 ± 0,15 | 20,41 ± 0,46 | 36,15 ± 0,25 | 43,44 ± 0,21 | - |
| Reis | 219,95 ± 2,95 | 34,91 ± 0,50 | 1,68 ± 0,15 | 1,29 ± 0,04 | 47,96 ± 0,95 | 37,41 ± 1,05 | 14,62 ± 0,26 | - |
| - ...kein Wert vorhanden, EMH...Ende der Mindesthaltbarkeit, GFS...Gesättigte Fettsäuren, MFS...Monoen Fettsäuren, PFS...Polyen Fettsäuren, ² ...n=1 | | | | | | | | |

Anhang VIII: Himmeltau Produkte auf Weizengrießbasis - Mineralstoffe/Spurenelemente, Fettsäuren & Ballaststoffe (pro 100g)

| n=4Chargen | Calcium (mg) | Magnesium (mg) | Zink (mg) | Eisen (mg) | GFS (%) | MFS (%) | PFS (%) | Ballaststoffe (g) ² |
|---|----------------|----------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------------|
| Rohprodukt | | | | | | | | |
| Traubenzucker | 26,66 ± 2,90 | 13,31 ± 0,30 | 0,63 ± 0,10 | 0,76 ± 0,02 | 25,25 ± 1,36 | 10,54 ± 0,76 | 64,21 ± 1,90 | 4,15 |
| Bienenhonig | 28,24 ± 1,01 | 11,04 ± 0,21 | 0,21 ± 0,01 | 1,04 ± 0,05 | 24,92 ± 1,24 | 11,03 ± 1,61 | 64,06 ± 2,25 | 3,57 |
| Vanille | 29,83 ± 0,98 | 13,43 ± 0,13 | 0,25 ± 0,02 | 1,23 ± 0,09 | 24,77 ± 0,38 | 10,48 ± 0,50 | 64,75 ± 0,25 | 3,12 |
| Feinster-Weizengrieß | 18,37 ± 0,50 | 10,19 ± 0,19 | 0,32 ± 0,02 | 0,33 ± 0,01 | 23,72 ± 0,84 | 8,95 ± 0,49 | 67,33 ± 0,39 | 3,29 |
| Vollmilchbrei | | | | | | | | |
| Traubenzucker | 129,55 ± 4,95 | 13,16 ± 0,42 | 0,84 ± 0,22 | 0,23 ± 0,02 | 69,54 ± 1,35 | 27,86 ± 0,59 | 2,59 ± 1,73 | 0,39 |
| Bienenhonig | 131,01 ± 8,39 | 12,79 ± 0,35 | 0,94 ± 0,16 | 0,24 ± 0,04 | 69,46 ± 0,59 | 27,03 ± 0,55 | 3,51 ± 0,10 | 0,33 |
| Vanille | 141,75 ± 13,41 | 13,81 ± 0,81 | 0,92 ± 0,11 | 0,26 ± 0,02 | 69,17 ± 0,37 | 27,38 ± 0,32 | 3,44 ± 0,10 | 0,29 |
| Feinster-Weizengrieß | 138,76 ± 4,18 | 14,19 ± 0,50 | 0,83 ± 0,14 | 0,24 ± 0,04 | 68,52 ± 0,75 | 27,59 ± 0,59 | 3,88 ± 0,25 | 0,26 |
| Folgemilchbrei | | | | | | | | |
| Traubenzucker | 46,60 ± 1,28 | 5,58 ± 0,19 | 0,52 ± 0,04 | 0,50 ± 0,004 | 45,10 ± 0,96 | 36,60 ± 0,68 | 18,30 ± 0,42 | 0,52 |
| Bienenhonig | 48,98 ± 3,12 | 5,43 ± 0,25 | 0,53 ± 0,08 | 0,52 ± 0,02 | 42,05 ± 2,26 | 38,95 ± 1,34 | 19,00 ± 1,27 | 0,48 |
| Vanille | 49,01 ± 4,12 | 5,80 ± 0,42 | 0,49 ± 0,10 | 0,53 ± 0,01 | 46,41 ± 8,45 | 35,45 ± 5,70 | 18,15 ± 2,75 | 0,43 |
| Feinster-Weizengrieß | 50,14 ± 0,61 | 5,49 ± 0,10 | 0,49 ± 0,06 | 0,52 ± 0,02 | 39,88 ± 3,57 | 38,80 ± 1,15 | 21,32 ± 2,88 | 0,42 |
| Haltbarkeit (EMH) | | | | | | | | |
| Traubenzucker | 28,17 ± 4,46 | 16,34 ± 0,11 | 0,77 ± 0,14 | 0,62 ± 0,03 | 25,05 ± 0,84 | 12,19 ± 0,94 | 62,76 ± 0,72 | - |
| Bienenhonig | 28,51 ± 1,61 | 12,97 ± 0,08 | 0,68 ± 0,11 | 1,04 ± 0,06 | 25,74 ± 0,57 | 10,10 ± 1,30 | 64,16 ± 1,53 | - |
| Vanille | 23,24 ± 2,12 | 18,39 ± 0,15 | 0,65 ± 0,06 | 1,14 ± 0,08 | 24,70 ± 0,26 | 11,05 ± 0,43 | 64,25 ± 0,37 | - |
| Feinster-Weizengrieß | 14,69 ± 1,11 | 9,77 ± 0,50 | 0,37 ± 0,05 | 0,42 ± 0,03 | 23,85 ± 1,12 | 9,03 ± 0,36 | 67,12 ± 1,44 | - |
| - ...kein Wert vorhanden, EMH...Ende der Mindesthaltbarkeit, GFS...Gesättigte Fettsäuren, MFS...Monoen Fettsäuren, PFS...Polyen Fettsäuren, ² ...n=1 | | | | | | | | |

Anhang IX: Kalkulierte Gehalte (Soll) an Nährstoffen in den verzehrfertigen Beikostprodukten Reis, Hafer und Amaranth-Weizen versus analytisch ermittelten Nährstoffkonzentrationen (Ist)

| Pro Portion, n=4 | | <i>REIS-Produkt</i> | | | |
|--------------------------------|---------------------|---|---------------------------------------|--------------------|--|
| | | <i>Vollmilchbrei (VM) & Folgemilchbrei (FM)</i> | | | |
| Verluste: Nährstoff | Nährstoffberechnung | | Analysedaten | | |
| | keine ¹ | | Produktion & Zubereitung ² | | |
| | Soll - FM | Soll - VM | Ist - FM | Ist - VM | |
| Energie (kcal) | 122,4 | 195,3 | 134,6 | 219,6 | |
| Eiweiß (g) | 2,5 | 7,7 | 2,7 | 8,3 | |
| Kohlenhydrate (g) ⁵ | 21,7 | 24,8 | 23,3 | 28,6 | |
| Fett (g) | 2,7 | 7,1 | 3,4 | 7,5 | |
| Calcium (mg) | 124,0 | 274,2 | 160,1 | 318,8 | |
| Magnesium (mg) | 10,6 | 28,3 | 16,3 | 29,8 | |
| Eisen (mg) | 0,71 | 0,20 | 1,1 | 0,28 | |
| Zink (mg) | 0,56 | 0,70 | 2,4 | 3,76 | |
| Vitamin D ₃ (µg) | 3,4 | 2,2 | 1,3 | - | |
| Vitamin A (µg) | 56,0 | 58,2 | 66,3 ³ | 25,6 ³ | |
| Vitamin E (µg) | 760,0 | 335,8 | 871,8 ⁴ | 154,0 ⁴ | |
| Thiamin (µg) | 232,0 | 230,0 | 257,6 | 230,2 | |
| Riboflavin (µg) | 218,0 | 455,0 | 179,7 | 481,8 | |
| Pyridoxin (µg) | 238,0 | 208,0 | 190,1 | 131,8 | |

¹ berechnet anhand von Nährwerttabellen, ² analysiert, ³ als RÄ, ⁴ als TÄ, ⁵ Gesamtkohlenhydrate

| Pro Portion, n=4 | | <i>HAFER-Produkt</i> | | | |
|--------------------------------|---------------------|---|---------------------------------------|--------------------|--|
| | | <i>Vollmilchbrei (VM) & Folgemilchbrei (FM)</i> | | | |
| Verluste: Nährstoff | Nährstoffberechnung | | Analysedaten | | |
| | keine ¹ | | Produktion & Zubereitung ² | | |
| | Soll - FM | Soll - VM | Ist - FM | Ist - VM | |
| Energie (kcal) | 131,4 | 204,3 | 137,4 | 222,6 | |
| Eiweiß (g) | 4,0 | 9,2 | 3,4 | 9,6 | |
| Kohlenhydrate (g) ⁵ | 19,7 | 22,7 | 20,6 | 24,8 | |
| Fett (g) | 4,0 | 8,4 | 4,2 | 8,5 | |
| Calcium (mg) | 133,6 | 283,8 | 174,8 | 327,7 | |
| Magnesium (mg) | 31,6 | 49,3 | 26,0 | 36,8 | |
| Eisen (mg) | 1,47 | 0,96 | 3,5 | 2,1 | |
| Zink (mg) | 0,56 | 0,70 | 2,4 | 3,2 | |
| Vitamin D ₃ (µg) | 1,4 | 0,2 | 1,6 | - | |
| Vitamin A (µg) | 56,0 | 58,2 | 73,6 ³ | 25,9 ³ | |
| Vitamin E (µg) | 560 | 135,8 | 1131 ⁴ | 193,3 ⁴ | |
| Thiamin (µg) | 332,0 | 330,0 | 320,1 | 280,1 | |
| Riboflavin (µg) | 236,0 | 473,0 | 229,0 | 505,7 | |
| Pyridoxin (µg) | 238,0 | 208,0 | 249,3 | 160,1 | |
| Folsäure synth. (µg) | 53,3 | 49,7 | 59,2 | 37,7 | |

¹ berechnet anhand von Nährwerttabellen, ² analysiert, ³ als RÄ, ⁴ als TÄ, ⁵ Gesamtkohlenhydrate

| Pro Portion, n=4 | AMARANTH-WEIZEN-Produkt Vollmilchbrei (VM) & Folgemilchbrei (FM) | | | |
|--------------------------------|---|-----------|---|--------------------|
| | Nährstoffberechnung keine ¹ | | Analysedaten Produktion & Zubereitung ² | |
| Verluste: Nährstoff | Soll - FM | Soll - VM | Ist - FM | Ist - VM |
| Energie (kcal) | 119,6 | 192,5 | 133,9 | 213,1 |
| Eiweiß (g) | 3,4 | 8,6 | 3,9 | 9,5 |
| Kohlenhydrate (g) ⁵ | 19,3 | 22,3 | 21,2 | 25,6 |
| Fett (g) | 3,2 | 7,5 | 3,7 | 7,7 |
| Ballaststoffe (mg) | 1811 | 1461 | 1660 | 1310 |
| Calcium (mg) | 135,9 | 286,1 | 169,4 | 325,1 |
| Magnesium (mg) | 25,6 | 43,3 | 24,4 | 36,6 |
| Eisen (mg) | 1,23 | 0,72 | 1,6 | 0,65 |
| Zink (mg) | 0,76 | 0,90 | 2,7 | 3,4 |
| Vitamin D ₃ (µg) | 2,4 | 1,2 | 2,9 | 1,1 |
| Vitamin A (µg) | 56,0 | 58,2 | 76,5 ³ | 24,8 ³ |
| Vitamin E (µg) | 680 | 255,8 | 1039 ⁴ | 168,9 ⁴ |
| Thiamin (µg) | 278 | 280 | 178,2 | 123,6 |
| Riboflavin (µg) | 227,5 | 464,5 | 179,7 | 462,0 |
| Pyridoxin (µg) | 210,8 | 180,8 | 211,16 | 118,9 |

¹ berechnet anhand von Nährwerttabellen, ² analysiert, ³ als Retinoläquivalente (RÄ), ⁴ als Tocopheroläquivalente (TÄ), ⁵ Gesamtkohlenhydrate

CURRICULUM VITAE

Name Hertel Agnes Regina
Adresse 22., Markomannenstraße 13/1/29
Geburtsdatum 27.12.1979
Familienstand ledig

SCHULAUSBILDUNG

09/90 – 07/98 Bundesrealgymnasium (BRG/BORG) Wien XXII
22., Polgarstraße 24

09/86 – 06/90 Volksschule Wien XXII
22., Markomannenstraße 9

STUDIUM

seit 03/05 Doktoratsstudium der Ernährungswissenschaften an der
Universität Wien

09/98 – 06/04 Diplomstudium der Ernährungswissenschaften an der
Universität Wien
Schwerpunkt: Lebensmitteltechnologie

BERUFSERFAHRUNG UND PRAKTIKA

seit 05/09 Biotechnologin in der Qualitätskontrolle
Boehringer Ingelheim RCV GmbH & Co KG
Dr. Boehringer-Gasse 5-11, 1121 Wien

04/06 – 04/09 Technische Assistentin, Labortätigkeit und Betreuung von
Studenten, Department für Ernährungswissenschaften, Univer-
sität Wien

04/05 – 09/09 Tätigkeit als Tutorin bzw. Lehrauftrag bei den Übungen zur
Ernährung des Menschen II

01/05 – 02/05 Schulung von Apotheken im Zuge eines Projekts von Pharmcare
(Außendienst)

1999 – 2002 Teilzeitbeschäftigung im Back Office Bereich in einer CA Filiale
(Studentenjob während des Diplomstudiums)

08/02 – 09/02 Saatzucht Edelhof

- 07/01 – 08/01 Qualitative und quantitative Kornbestimmungen im Labor und direkt im Zuchtgarten, Mithilfe bei Ernte + Anbau
LSF Edelhof 1, 3910 Zwettl
- 02/02 Zuckerforschung Tulln GmbH
Laborchemische und enzymatische Zuckerbestimmung
Reitherstraße 21-23, 2430 Tulln

WISSENSCHAFTLICHE TÄTIGKEIT

21. – 24.01.09 Teilnahme am 35. Internationalen Pädiatrischen Symposium
„...vom richtigen Zeitpunkt..“, Obergurgl, Tirol
- 28.11.08 VEÖ success Workshop: HACCP, Qualitätssicherung, IFS &
Produktentwicklung: Ernährungswissenschaftler als Drehscheibe
im Innovationsprozess, Wien
03. + 17.12.07 Verfassen von naturwissenschaftlichen Publikationen, Seminar,
Wien
17. – 19.09.07 MLS Mikrowellentechnik-Seminar mit Praxisworkshop „Proben-
vorbereitung Mikrowellenaufschluss“, Leutkirch, Deutschland

KONGRESSE

04. – 09.10.09 19th International Congress of Nutrition, Bangkok, Thailand,
Posterpräsentation
*Amaranth as important source of minerals in complementary food
(6 month up)*
12. + 13.03.09 46. Wissenschaftl. Kongress der DGE, Gießen, Deutschland,
Posterpräsentation
Zielorientierte Nährstoffanreicherung von Milch-Getreide-Beikost