



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Fragebogenerhebung über die vermutete Wirkung der Ernährung und einzelner Nahrungsmittel auf die kognitive Leistungsfähigkeit und Gehirnfunktion von Schulkindern

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)

Verfasserin:	Theresa Voglsam
Matrikel-Nummer:	0305372
Studienrichtung:	A 474 Diplomstudium Ernährungswissenschaften
Betreuer:	Univ. Prof. Dr. Rudolf Schoberberger

Wien, im Dezember 2009

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Univ. Prof. Dr. Rudolf Schoberberger für die Übernahme des Themas und die kompetente Beratung bei der Erstellung meiner Diplomarbeit.

Ein riesengroßes Dankeschön geht an meine Eltern und Großeltern, die mir in finanziellen Angelegenheiten immer zu Seite standen und es in jeder Situation gut verstanden haben mich zu motivieren und zu unterstützen.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei all meinen FreundInnen für die herzliche Unterstützung und die gute Zusammenarbeit bedanken. Ihr habt mir das Studium und die Jahre in Wien unvergesslich gemacht!

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Fragestellung	1
2	Theoretischer Teil	3
2.1	<i>Einfluss der Ernährung auf das Gehirn</i>	3
2.2	<i>Mechanismen</i>	4
2.3	<i>Was bedeutet „Kognitive Leistungsfähigkeit“?</i>	7
2.4	<i>Intelligenz, Schulleistung und deren Testbarkeit</i>	8
2.5	<i>Kognitive Entwicklung während der Kindheit und der Einfluss von Mangelernährung</i>	10
2.6	<i>Die wichtigsten Nährstoffe für das Gehirn</i>	12
2.6.1	<u>Makronährstoffe</u>	13
2.6.1.1	Kohlenhydrate	13
2.6.1.2	Aminosäuren und Proteine	19
2.6.1.3	Lipide und Fettbegleitstoffe	25
2.6.1.4	Zusammensetzung der Mahlzeit nach Makronährstoffen	35
2.6.2	<u>Mikronährstoffe</u>	38
2.6.2.1	<i>Mineralstoffe und Spurenelemente</i>	38
	Eisen	38
	Jod	40
	Zink	42
2.6.2.2	<i>Vitamine</i>	44
	Vitamin B ₁ (Thiamin)	45
	Vitamin B ₆ (Pyridoxin)	45
	Folsäure	46
	Vitamin B ₁₂ (Cobalamin)	47
	Vitamin C	50
2.6.3	Antioxidantien und Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe	51
2.6.4	Flüssigkeit	53
2.7	<i>Die richtigen Lebensmittel für das Gehirn</i>	56
2.7.1	Gemüse	56
2.7.2	Obst	57
2.7.3	Nüsse, Samen und Kerne	58
2.7.4	Getreide und Getreideerzeugnisse	59
2.7.5	Tierische Produkte	60
2.7.6	Milch und Milchprodukte	61
2.7.7	Eier	61
2.7.8	Fleisch und Fleischprodukte	62
2.7.9	Fisch	63

2.7.10 Süßwaren	64
2.7.11 Getränke	66
2.7.12 Multivitamin-tabletten als Nahrungsergänzung	68
2.7.13 Nahrungsmittelunverträglichkeit	69
2.8 <i>Der richtige Zeitpunkt der Mahlzeitaufnahme</i>	72
2.8.1 Die Beeinflussung der Leistungskurve von Kindern durch die Ernährung	72
2.8.2 Einfluss von Frühstück auf Kinder	73
2.8.3 Einfluss der Schuljause	78
2.8.4 Einfluss des Mittagessens, der zweiten Zwischenmahlzeit (Nachmittagssnack) und des Abendessens	80
2.8.5 Einfluss der Mahlzeiten- und Portionsgröße auf bestimmte Kognitionen	81
2.8.6 Individueller Bedarf	82
3 Empirischer Teil	83
3.1 <i>Ziel der Fragebogenerhebung</i>	83
3.2 <i>Erstellung des Fragebogens</i>	83
3.3 <i>Durchführung der Meinungserhebung</i>	89
3.4 <i>Ergebnisse</i>	90
3.4.1 Beschreibung der Stichprobe	90
3.4.2 Statistische Auswertung der Fragen und Hypothesentestung	92
4 Diskussion	110
5 Schlussbetrachtung	114
6 Zusammenfassung (deutsch und englisch)	117
7 Literaturverzeichnis	120
8 Anhang	128

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Glykämischer Index bestimmter Lebensmittel	15
Tabelle 2: Durchschnittlicher Tryptophangehalt bestimmter Lebensmittel	23
Tabelle 3: Empfohlene Nährstoffzufuhr für Kinder und Jugendliche (4-19 Jahre) pro Tag	51
Tabelle 4: Fettgehalt in Prozent und ω -3 Fettsäuregehalt in mg pro 100g essbaren Anteil von ausgewählten Salz- und Süßwasserfischen	64
Tabelle 5: Verteilung nach Geschlecht	90
Tabelle 6: Verteilung nach Alter	90
Tabelle 7: Verteilung nach höchster abgeschlossener Ausbildung	90
Tabelle 8: Verteilung nach derzeitigem Beruf	90
Tabelle 9: Verteilung nach Ernährungsweise	91
Tabelle 10: unter „Sonstiges“ genannte Ernährungsweise	91
Tabelle 11: Relative Häufigkeiten der Angaben zu den Einflüssen der abgefragten Nahrungsmittel auf die Denkleistung (Angaben in %)	96
Tabelle 12: Absolute Häufigkeiten zusätzlich genannter Nahrungsmittel- und inhaltsstoffe bzw. Lebensstilfaktoren in der Kategorie „Positiver Einfluss“ bzw. „Negativer Einfluss“	100
Tabelle 13: Die Nahrungsmittel mit den höchsten %-Werten in der Kategorie „positiver Einfluss“	103
Tabelle 14: Die Nahrungsmittel mit den höchsten %-Werten in der Kategorie „negativer Einfluss“	104
Tabelle 15: Die Nahrungsmittel mit den höchsten %-Werten in der Kategorie „gar kein Einfluss“	105
Tabelle 16: Die Nahrungsmittel mit den höchsten %-Werten in der Kategorie „weiß ich nicht“	106

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Leistungskurve des Körpers.....	72
Abbildung 2: „Die Ernährung hat Auswirkungen auf das Gehirn.“ nach Geschlecht	92
Abbildung 3: „Durch die richtige Auswahl von Lebensmitteln kann das Gehirn und seine Funktionen positiv beeinflusst werden.“ nach Geschlecht	93
Abbildung 4: „Durch die Ernährung kann der IQ verändert werden.“ nach Geschlecht	93
Abbildung 5: „Durch die Ernährung kann der IQ verändert werden.“ nach Altersgruppen	95
Abbildung 6: „Durch die richtige Auswahl von Lebensmitteln kann das Gehirn und seine Funktionen positiv beeinflusst werden.“ nach Ausbildungsgrad.....	95
Abbildung 7: Inwieweit glauben Sie, dass das Frühstück einen Einfluss auf die akademische Leistung eines Schulkindes hat? nach Geschlecht	107
Abbildung 8: Für wie wichtig halten Sie persönlich das Frühstück eines Schulkindes vor der Schule?	108
Abbildung 9: „Das Auslassen einer Frühstücksmahlzeit wirkt sich negativ auf die Denkleistung eines Schulkindes aus.“ nach Geschlecht	109
Abbildung 10: „Die Jause in der Schulpause ist für die kognitive Leistungsfähigkeit, das Konzentrationsvermögen und die Gehirnfunktion eines Schulkindes von großer Bedeutung.“ nach Geschlecht.....	109
Abbildung 11: „Die Jause in der Schulpause ist für die kognitive Leistungs- fähigkeit, das Konzentrationsvermögen und die Gehirnfunktion eines Schulkindes von großer Bedeutung.“ nach Ausbildungsgrad	110

Um die Schreibweise z.B. SchülerInnen zu vermeiden und im Sinne der besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit nur die männliche Personenbezeichnung gewählt; es gilt aber sinngemäß und inhaltlich auch die weibliche Form.

1 Einleitung und Fragestellung

Folgende Arbeit vergleicht die aktuelle Datenlage der wissenschaftlichen Literatur mit der Meinung und Einstellung in der Allgemeinbevölkerung. Es handelt sich um eine Literaturanalyse und eine empirische Studie mit Fragebogenerhebung zum Thema „Wirkung der Ernährung und einzelner Nahrungsmittel und Nahrungsmittelinhaltsstoffe auf das Verhalten, auf die kognitive Leistungsfähigkeit, Konzentrationsfähigkeit und Gehirnfunktion von Schulkindern.“

Der theoretische Teil behandelt den Zusammenhang zwischen der Ernährung und den kognitiven Fähigkeiten und beantwortet folgende Fragestellungen: Gibt es Wechselwirkungen zwischen der Ernährung und kindlichem Verhalten und hat sie Einfluss auf Konzentrationsvermögen, Aufmerksamkeit und andere Denkleistungsprozesse? Beeinflusst die richtige Zusammensetzung der Ernährung schulische Leistungen? Wie können Schul Kinder durch die richtige Wahl von Lebensmitteln profitieren?

Zu Beginn sollen begriffliche Bedeutungen abgeklärt werden und ein Überblick über die Mechanismen, über die die Ernährung auf das Gehirn wirkt, geschaffen werden.

In weiterer Folge werden jene Nährstoffe ausführlicher besprochen, die in der Literatur für die kognitive Entwicklung von Kindern als wesentlich betrachtet werden. Welche Nahrungsmittelinhaltsstoffe beeinflussen das kindliche Gehirn und in welcher Weise? Es soll auch der Frage nachgegangen werden, ob ein Mangel an bestimmten Makro- und Mikronährstoffen Auswirkungen auf die Gedächtnisleistung und sonstige kognitive Prozesse hat und ein Zusammenhang mit Verhaltensauffälligkeiten zu erkennen ist.

Nach diesen allgemeinen Informationen über wichtige Nährstoffe in der Ernährung von Kindern werden die Anforderungen an eine gesunde Nahrungsmittelauswahl und eine günstige Mahlzeitenzusammensetzung beleuchtet, bei der ihre körperlichen und geistigen Entwicklungsstadien Berücksichtigung finden. Einzelne Lebensmittelgruppen werden ernährungsphysiologisch dargestellt und hinsichtlich ihrer Funktion auf das Gehirn und ihrer Bedeutsamkeit für die geistige kindliche Entwicklung bewertet.

Mit Hilfe von wissenschaftlich fundierten Studien, die die Effekte der Ernährung auf das Gehirn bei vorwiegend Probanden im schulpflichtigen Alter beschreiben, sollen

anschließend weitere diätetische Einflussfaktoren, wie die Zusammensetzung der Mahlzeit und der Zeitpunkt der Mahlzeitaufnahme identifiziert werden. In der Literatur findet vor allem der Einfluss eines Frühstücks und der Schuljause auf die schulischen Leistungen von Kindern Beachtung, weshalb Untersuchungen zu diesem Thema ein Schwerpunkt dieser Arbeit sein sollen.

Inhalt des theoretischen Teils sind sämtliche aktuelle wissenschaftliche Forschungsergebnisse über die günstigen und schädlichen Auswirkungen von einzelnen Nährstoffen, Nahrungsmittelbestandteilen, verschiedenen Lebensmitteln, Mahlzeiten und dem gesamten Ernährungsverhalten.

Beim praktischen Teil dieser Arbeit handelt es sich um eine Fragebogenerhebung mit einem Stichprobenumfang von 181 Personen.

Anhand der Resultate der empirischen Studie sollen folgende von mir aufgestellten Hypothesen getestet werden:

These 1: Die Allgemeinbevölkerung ist der Meinung, dass die Ernährung Einfluss auf die kognitive Leistungsfähigkeit und die Gehirnfunktionen eines Menschen hat.

These 2: Für viele Menschen gelten Walnüsse, Obst und Gemüse, zuckerhaltige Lebensmittel und Fisch als „Brain-Food“.

These 3: Das Frühstück und die Schuljause werden in der Gesellschaft als wirksamer und besonders effizienter Treibstoff für unsere Schulkinder angesehen.

Im Rahmen dieser Untersuchung sollten die Ernährung allgemein, verschiedene Lebensmittel, das Frühstück und die Schuljause hinsichtlich ihrer vermuteten Wirkung auf das Gehirn und die damit verbundenen Denkleistungen beurteilt werden.

Herausgefunden werden sollte, ob die subjektive Einstellung und Meinung der Bevölkerung auch mit wissenschaftlichen Erkenntnissen kongruiert und eventuelle Unstimmigkeiten aufgezeigt werden können. Welche Ernährungsmärchen sind in dieser Hinsicht in der Population verbreitet und welche Fakten sind nicht bekannt? Wo gehört aufgeklärt und ernährungspolitisch interveniert?

Zielsetzung ist, die Unsicherheiten in der Bevölkerung aufzuzeigen und Empfehlungen daraus abzuleiten.

2 Theoretischer Teil

2.1 Einfluss der Ernährung auf das Gehirn

Früher hat man angenommen, dass das Gehirn und das Nervensystem durch die Ernährung nicht direkt zu beeinflussen wären. In den letzten Jahren jedoch ist das Gehirn weltweit immer mehr in den Brennpunkt der Ernährungsforschung gerückt.

Wissenschaftler suchen und finden Methoden, die Chemie des Gehirns durch die Ernährungsweise, bestimmte Diäten, oder eine Umstellung der Lebensgewohnheiten zu verändern. Ihre Entdeckungen zeigen auf, wie man ein Leben lang sein Gehirn in Höchstform halten kann – von der Steigerung der Gehirnfunktionen im Mutterleib über die Förderung der kognitiven Leistungen im Alltag eines Schulkindes bis hin zur Vorbeugung und Verzögerung des Gehirnabbaus im Alter. Dieser neue Schwerpunkt der Verbesserung und Erhaltung der Gehirnleistung hat zu einem neuen Fachbereich geführt, der sich mit Brainfood beschäftigt. Die Fragestellung dieser aktuellen Forschungsrichtung ist die Fähigkeit der Ernährung in all ihren Facetten, die geistigen Leistungen, das Konzentrationsvermögen und die sensomotorischen Fertigkeiten zu verbessern, die Gedächtnisleistung zu fördern und Reaktionszeiten zu beschleunigen. [Carper, 2000]

Heute gibt es in der wissenschaftlichen Literatur tatsächlich Hinweise darauf, dass das genetische Potential der kognitiven Fähigkeiten durch die Ernährung beeinflusst werden kann. [Kersting et al., 2003] Sowohl Makro- als auch Mikronährstoffe können unmittelbaren Einfluss auf die Gehirnzellen und damit auf die einzelnen Kognitionen haben und nachweislich auf bestimmte Gehirnfunktionen wirken: Konzentrationsvermögen, Gedächtnisleistung, Lernleistung und -erfolg, Abrufen von Informationen, Informationsübertragung, Wachheit, Abspeicherung von Informationen und die Entspannungsfähigkeit. [Kiefer et al., 2006; Kiefer et Zifko, 2006]

Der Grundgedanke basiert auf einem neuen Bild des Gehirns als ein wachsendes, in ständigem Wandel begriffenes Organ, das durch Umwelteinflüsse und ganz besonders durch die richtigen Nährstoffe und Nahrungsmittel beeinflusst werden kann. [Carper, 2000] Die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit hängen enorm von einer optimalen Hirnstoffwechseltätigkeit ab und diese wiederum direkt von der aufgenommenen Flüssigkeit und Nahrung. Aber nicht nur kurzfristig wird das Gehirn

wesentlich durch unsere Ernährung beeinflusst, sondern auch wiederholte ungesunde Diäten und wertlose Nahrungsmittel schädigen laufend und langfristig zahlreiche Hirnfunktionen. Insbesondere ein über einen längeren Zeitraum bestehender Mangel an Elektrolyten und Vitaminen kann zu Hirnerkrankungen führen. Durch eine langfristig richtige Ernährung sollen sowohl die Gefäßsituation und somit die Durchblutung des Gehirns als auch der Hirnstoffwechsel über Jahre hinaus verbessert werden. [Kiefer et Zifko, 2006]

2.2 Mechanismen

Die in der Nahrung vorhandenen Nährstoffe können in vielfältiger Weise Funktion und Leistung des Gehirns und in weiterer Folge unser Verhalten beeinflussen.

Kohlenhydrate sind in erster Linie Brennstoff, wobei Glukose als vorwiegende Energiequelle für das Gehirn dient. *Proteine* und *Fett* sind wichtige Bestandteile von Gehirnzellen, Aminosäuren sind als Neurotransmitter oder als -vorstufen bekannt. Fettsäuren dienen dem Aufbau von Myelin und Zellmembranen, sind aber auch Vorstufen von Prostaglandinen und Leukotrienen, wobei besonders n-3 Fettsäuren sowohl die Struktur als auch die Funktion des Gehirns beeinflussen. *Spurenelemente* und *Vitamine* sind als enzymatische Cofaktoren intensiv und auf vielfältige Weise am Hirnstoffwechsel beteiligt und sorgen dafür, dass die Botenstoffe in ausreichender Menge gebildet werden und diese auch entsprechend funktionieren. Zusätzlich schützen einige Vitamine aufgrund ihrer antioxidativen Kapazität das Gehirn vor oxidativem Stress. [Kiefer et Zifko, 2006; Baerlocher, 1991]

Die Ernährung garantiert neben der Bereitstellung der Vorstufen sämtlicher Neurotransmitter und Stoffe, die für deren effektive Synthese notwendig sind, auch für die Gehirnfunktion wichtige Peptide und Hormone. [Isaac et Oates, 2008]

1.) Energiebereitstellung

Einige Veränderungen der kognitiven Funktionen scheinen kurzzeitig aus der Energiebereitstellung für bestimmte Gehirnareale zu resultieren. Ernährung als Baustein- und Energielieferant garantiert das optimale Funktionieren aller Gehirnleistungen, auch wenn es derzeit noch keine eindeutigen Ernährungsempfehlungen gibt, die mit Sicherheit klarstellen, welche Nahrungsmitteln und Ernährungsweise die

Entwicklung und das Funktionieren des kindlichen Gehirns bestmöglich beeinflussen können. [Benton; 2008] Studienergebnisse zeigen die Tendenz auf, dass die generelle Bereitstellung von Energie an sich schon eine Verbesserung der Leistung zu bewirken vermag, auch wenn man mit circadianen Leistungseinbrüchen rechnen muss. Die Energieaufnahme per se erhöht die Leistungsfähigkeit in vielen kognitiven Bereichen, wenn man mit keiner Energieaufnahme vergleicht. [Dye et al.; 2000]

2.) Neurohormonelle Veränderungen

Die Wirkung diätetischer Maßnahmen auf bestimmte kognitive Parameter hängt aber nicht nur von der Energiezufuhr ab, sondern erfolgt vor allem aufgrund neurohormoneller Einflüsse. Dass auch in Situationen mit ausreichendem Ernährungsstatus das Gehirn empfindlich auf unterschiedliche Glukosegaben reagiert, legt die Vermutung nahe, dass Glukose nicht einzig und allein über die Energiebereitstellung fungiert. [Gibson et Green, 2002]

Sekundäre, durch die Nahrung ausgelöste Regulationsmechanismen, vermittelt durch Hormone (z.B. Insulin), Neuropeptide und Stoffwechselintermediärprodukte vermögen das Gehirn zu beeinflussen. [Baerlocher, 1991; Gómez-Pinilla, 2008] Diese Peptide können als Hormone wirken, aus Nervenendigungen freigesetzt werden oder neurokrine Wirkungen ausüben, wenn sie in die Blutbahn abgegeben werden.

Die Aufnahme von Lebensmitteln ist mit der Ausschüttung von etlichen gastrointestinalen Peptidhormonen und –neurotransmittern verbunden, die mit dem Zentralnervensystem (ZNS) und Gehirn in Verbindung stehen, indem sie z.B. den Energiemetabolismus, Signalübertragungswege, aber auch die synaptische Aktivität modulieren. [Gómez-Pinilla, 2008] Zu nennen sind Endorphine, Leptin, Insulin, Glucagon-Like-Peptid 1 (GLP1), Insulin-Like-Growth Factor (IGF1), Cholecystokinin (CKK) und Ghrelin. [Gómez-Pinilla, 2008]

Die physiologische Funktion solcher endogenen Hormone und verwandter Peptide liegt z.B. in der Stimulierung der Hypophysen-Nebennieren-Achse, der Regulation des sympathisch autonomen Nervensystems und der Modulation des vegetativ-nervösen Systems. [Baerlocher, 1991] In Folge des Verdauungsprozesses findet aber nicht nur eine Stimulation des sympatho-adrenalen Systems statt, sondern auch der Glucocorticoidsekretion und der pankreatischen Funktion der β -Zellen. Zudem sind

Änderungen in der Aktivität und der Funktion von Monoaminen, insbesondere serotoninerger Nervenbahnen, festzustellen. [Gibson et Green, 2002]

3.) Makrostruktur

Aus den Resultaten von Tierversuchen schließt man, dass sich die Ernährung auf die Makrostruktur des Gehirns auswirkt. [Bryan et al., 2004] Auf längere Sicht wird durch die angemessene Nährstoffzufuhr die Gehirnstruktur verändert, vor allem in Zeiten, in denen das Gehirn schnell wächst, was während der ganzen Kindheit passiert. [Benton; 2008] Deshalb hat die Ernährung vor allem Einfluss auf den Aufbau und die Entwicklung wichtiger Gehirnareale während des Wachstums von Kindern. [Kiefer et al., 2006]

4.) Mikrostruktur und Elektrophysiologie

Neben der Makrostruktur wird durch diätetische Einflüsse auch die Mikrostruktur beeinflusst. Darunter versteht man Veränderungen auf molekularer bzw. zellulärer Ebene, wie zum Beispiel die Zusammensetzung der Myelinschicht oder einen Eingriff in die Synthese und Wirkung der Neurotransmitter, beispielsweise durch die Veränderung ihrer Konzentration oder der Anzahl ihrer Rezeptoren. [Bryan et al., 2004] Viele Nahrungsmittelinhaltsstoffe zeigen dieses Vermögen, neuronale Prozesse und somit die synaptische Plastizität im Gehirn zu beeinflussen, indem sie in die Membranfluidität, Neurotransmitterbildung, Erregungsleitung und das Signalübertragungssystem regulierend eingreifen. Die synaptische Plastizität gilt als möglicher neurophysiologischer Mechanismus für Lernprozesse und Gedächtnis. [Gómez-Pinilla, 2008]

In der Literatur werden außerdem Änderungen im Ablauf der Mitose, Migration, Apoptose (programmierter Zelltod) und Genexpression als Mechanismen genannt, warum die Ernährung sich auf Makro- und Mikrostruktur, Elektrophysiologie (elektrochemische Signalübertragung im Nervensystem) und in weiterer Folge auf Gehirnfunktionen wie Gedächtnisleistung auswirken kann. [Zeisel, 2004; Uauy et al., 2001]

Die genaue Aufklärung der Mechanismen ist von wesentlicher Bedeutung, wenn man insbesondere für Kinder Strategien entwickeln will, wie man im Schulalltag aber auch in Situationen, wo besonders viel Fleiß erfordert ist, deren optimalen metabolischen

Status erhalten kann, damit diese die besten physiologischen Voraussetzungen zum Lernen und zur bestmöglichen Leistungsfähigkeiten erfüllen. [Bellisle, 2004]

2.3 Was bedeutet „Kognitive Leistungsfähigkeit“?

Der Ausdruck „Kognition“ gilt als Sammelbezeichnung für alle Prozesse, die mit der Informationsaufnahme, dem Wahrnehmen und Beurteilen (Informationsverarbeitung) und der Informationsspeicherung (Lernen und Gedächtnis) zusammenhängen. Die kognitive Leistungsfähigkeit umfasst somit eine Reihe von verschiedenen Funktionen wie Wachsamkeit, Aktivität, Problemlösung und Entscheidungsfindung, Gedächtnisleistung, psychomotorische Funktionen, Aufmerksamkeitsbereitschaft, exekutive Funktionen, sprachliche Fertigkeiten, aber auch Intelligenz. Jeder dieser Bereiche kann wieder in einzelne Segmente gegliedert werden: Das Erinnerungsvermögen zum Beispiel kann als Begriff eines komplexen Zusammenspiels verschiedener Prozesse gesehen werden: Es werden Ultrakurzzeit-, Kurzzeit-, Langzeitgedächtnis, deklaratives und prozeduales Gedächtnis unterschieden. [Bellisle, 2004] Eine weitere Aufteilung kann je nach dem erhaltenen Informationstyp gemacht werden: auditive, verbale, visuelle, räumliche und abstrakte Erinnerung.

Aufmerksamkeit wird in selektive, gespaltene und nachhaltige Aufmerksamkeitsfähigkeit gegliedert, während exekutive Funktionen mehr komplexe Fertigkeiten wie Planen, strategisches und logisches Denken und Bewerten beinhalten. [D’Anci et al., 2006; Kiefer et al., 2006]

In der Psychologie versteht man unter „*Intelligenz*“ die Fähigkeit, Informationen aufzunehmen, zu verarbeiten, zu speichern und anzuwenden. Dabei ist die Anpassung der Person an die jeweilige Umwelt von Wichtigkeit, indem sie fähig ist, aus Erfahrungen zu lernen und sich an die Erfordernisse der Umgebung anzupassen. [Funke et Vaterrodt-Plünnecke, 2004] Man kann Intelligenz auch als die vielschichtige Fähigkeit, in bestehenden Abläufen Zusammenhänge, neue Gesetzmäßigkeiten und Problemlösungen zu erkennen, ansehen, aber auch als die Geschwindigkeit, mit der das Gehirn logische Verknüpfungen vornehmen kann. [Langbein et Fochler, 1997]

Zudem sind Motivation, Stimmung und Anstrengungsbereitschaft Faktoren, die die mentale Leistungsfähigkeit beeinflussen und vor allem bei der Messung zu beachten

sind. (siehe Kapitel „Intelligenz, Schulleistung und deren Testbarkeit“) [Funke et Vaterrodt-Plünnecke, 2004]

Zur Messung der kognitiven Fähigkeiten werden verschiedene standardisierte Testvarianten angewendet, die die jeweils unterschiedlichen Aspekte der Intelligenz berücksichtigen. Erfasst werden von den meisten Tests sprachliches und rechnerisches Denken, Raumvorstellung, logisches Schlussfolgern, das abstrakte Denkvermögen und das Erinnerungsvermögen. [Westenhofer et al., 2004] Für die Auswertung der Tests werden die Richtigkeit bzw. Genauigkeit der Testergebnisse und/oder die Geschwindigkeit, mit der die Aufgaben gelöst werden (Reaktionszeit), herangezogen. [Kaiser et Kersting, 2001; Dye et al., 2000]

2.4 Intelligenz, Schulleistung und deren Testbarkeit

Laut Funke und Vaterrodt-Plünnecke (2004) sagt die Intelligenz die Schulleistung gut voraus. Es gibt jedoch noch andere wichtige Faktoren, die für einen erfolgreichen Schul- und Berufsweg ausschlaggebend sind und nichts mit Intelligenz zu tun haben, wie der sozioökonomische Status, soziokulturelle Faktoren, die Erwartung der Eltern und Lehrer, und das Interesse für die schulischen Inhalte. Leistung ist durch ein Wechselspiel zwischen Persönlichkeitsmerkmalen (Leistungsmotivation, Anstrengungsbereitschaft, Kontrollüberzeugung), Begabungsfaktoren (Intelligenz, Kreativität, Musikalität) und Umweltmerkmalen (Anregungsgehalt der häuslichen Umwelt, Bildungsniveau der Eltern, Familienklima, Unterrichtsklima) gekennzeichnet. [Funke et Vaterrodt-Plünnecke, 2004] Es hängt von jedem einzelnen Kind ab, ob es die geistigen (Fähigkeiten, Intelligenz, Begabung), körperlichen (organische Leistungsfähigkeit, Gesundheit), seelischen (Motivation, Interesse, Haltung, emotionale Verfassung) und methodischen/handlungsbezogenen (Lerntechnik) Voraussetzungen erbringen kann oder in einem oder mehreren Bereichen Mängel gibt. [Kiefer et al., 2006]

Bedenkt man die vielen Faktoren, die die schulische Leistung eines Kindes beeinflussen, ist es übertrieben zu erwarten, dass die Ernährung die größte Macht hätte.

Bei den Studien soll die Wirkung von bestimmten Lebensmitteln auf die Gehirnfunktionen so exakt wie möglich ermittelt werden, was durch den Umstand erschwert wird, dass der Einfluss der Nahrung auf das kindliche Verhalten derart

komplex ist, dass es im Einzelfall schwierig ist, zu beweisen, welche der vorhandenen Faktoren letztendlich zu einer Verhaltensänderung geführt haben. [Baerlocher, 1991] Die intellektuelle Leistung während einer Testsituation unter besonderen Bedingungen hängt von einigen persönlichen Faktoren ab, zu denen man individuelle Geschicklichkeit, Stressanfälligkeit, Motivation, generelle Wachsamkeit, vorangegangenes Üben, Müdigkeit und Tageszeit zählen kann. [Bellisle, 2004] Wie ein Kind bei bestimmten kognitiven Tests abschneidet, hängt neben der Ernährung auch von der Stimmung, der Anstrengungsbereitschaft und dem Fleiß während der Testsituation ab. [Isaacs et Oates, 2008]

Von großer Bedeutung ist daher die statistische Kontrolle dieser Parameter. Confounder wie demographische Charakteristika (Geschlecht, Alter, Schulerfahrung,...), sozioökonomische Variablen (Einkommen, Arbeit und Ausbildung der Eltern), soziale Faktoren (häusliches Aufwachsen, Elternbeziehung, soziale Kontakte mit Familienmitgliedern und Gleichaltrigen), Motivation und Verhalten (emotionale Verfassung, Angst, Lethargie) müssen bei der Auswertung unbedingt berücksichtigt werden. [Bryan et al., 2004]

Aufgrund der Anzahl und Komplexität dieser Faktoren, die die Leistung eines Individuums in jedem Moment beeinflussen können, überrascht es wenig, dass es nur wenige einheitliche Studienergebnisse mit eindeutig wissenschaftlichen Beweisen gibt. [Bellisle, 2004] Viele Resultate von leistungsüberprüfenden Studien sind kurzlebig und nicht ohne Widersprüche. Sie variieren mit dem Alter und es mangelt an Langzeitstudien, vor allem in den Industrienationen. Studienergebnisse sind deshalb auch immer in Anbetracht von individuellen Unterschieden im Umgang mit stressigen Testsituationen und mit der Ernährungsgeschichte der jeweiligen Personen zu sehen, da viele kognitive Effekte auf (stress- oder ernährungsbedingte) hormonelle Veränderungen nach der Nahrungsaufnahme und während der Testsituation zurückzuführen sind. [Gibson et Green, 2002; Benton et al., 2007]

2.5 Kognitive Entwicklung während der Kindheit und der Einfluss von Mangelernährung

Aufgrund des schnellen Wachstums des Gehirns während der Kindheit und seiner hohen metabolischen Rate, scheint die Wichtigkeit der richtigen Ernährung in dieser Zeit unumstritten. Eine Rolle in der nachhaltigen gesunden Entwicklung des Gehirns spielt bereits die Ernährung der Mutter in der Schwangerschaft, aber auch die Ernährung des Säuglings nach der Geburt und während der gesamten Kindheit. [Benton, 2008] Da spezielle Regionen im Gehirn erst im Laufe der Kindheit ausreifen und ihr Wachstum erst im Erwachsenenalter komplett abgeschlossen ist, hat die Ernährungsweise nicht nur im pränatalen Stadium, sondern auch bis zur Adoleszenz einen grundsätzlichen Einfluss auf die geistige Reifung. Als einer von vielen Faktoren kann die Ernährungsweise bzw. Nährstoffversorgung die Ausbildung des Gehirns und damit die kognitive Entwicklung von Kindern beeinflussen und dementsprechend optimieren. Besonders Jod, Eisen, Folsäure, Vitamin B₁₂ und n-3 Fettsäuren haben sich als unerlässlich für die Gehirnbildung und die Entwicklung diverser kognitiver Funktionen herausgestellt. [Burger, 2005] Diese Nährstoffe können auf verschiedene Arten die Entwicklung des Gehirns beeinflussen, und sollten daher ausreichend durch eine entsprechende Anpassung des Nahrungsangebotes bereit gestellt werden.

Wichtig ist die genaue Beachtung des Zeitpunkts der diätetischen Beeinflussung, da es innerhalb der Kindheit kritische Phasen der besonders schnellen Gehirnentwicklung gibt. Im zweiten Drittel der Schwangerschaft, in den ersten zwei Jahren des Lebens, sowie innerhalb der ganzen Kindheit und der Adoleszenz ist der Bedarf an bestimmten Nährstoffen aufgrund der schnellen Ausdehnung des Gehirngewebes stark erhöht. Während der Schwangerschaft wächst das Gehirn heran und reagiert aufgrund seiner Abhängigkeit von der Ernährungsweise der Mutter sehr sensibel auf Fehl- und Mangelernährung. Faktoren wie eingeschränkte Lipid- und Kalorienzufuhr, Proteinmalnutrition und Aminosäurenmangel während der Schwangerschaft und auch in den ersten Monaten nach der Geburt können das Gewicht, die Größe, Nukleinsäuresynthese und den Fettgehalt des Gehirns stark beeinträchtigen. [Essmann, 1987]

Die Entwicklung des Gehirns ist bei der Geburt des Kindes noch nicht abgeschlossen. Vor allem in den ersten beiden Lebensjahren reagiert das Kind sehr sensibel auf

diätetische Einflüsse, weil in diesem Lebensabschnitt das Gehirn sehr schnell wächst und sich rasant entwickelt. [Kiefer et al., 2006] Aufgrund dieser Tatsache haben sich Studien zum Einfluss der Ernährung in der Vergangenheit meist auf dieses Lebensalter konzentriert. Diese Sichtweise lässt aber die Tatsache unberücksichtigt, dass bestimmte Areale des Gehirns mit dem vollendeten zweiten Lebensjahr noch nicht vollständig entwickelt sind. [Burger, 2005] So beginnt beispielsweise die Myelinisierung der Frontallappen erst mit sechs Monaten, dauert aber die gesamte Kindheit und Adoleszenz über bis ins Erwachsenenalter an. [Bryan et al., 2004] Die Entwicklung des Gehirns ist bei Frauen mit 20 Jahren, bei Männern mit 25 Jahren endgültig abgeschlossen. [Munro, 1987] Falsche oder unzureichende Ernährung in den kritischen Phasen könnten negative Auswirkungen auf die Entwicklung der Frontallappen haben, die für die Ausführung von strategischem und logischem Denken, Problemlösungsvermögen, Konzeption, Planen, das Fokussieren der Aufmerksamkeit und Unterdrückung irrelevanter Informationen verantwortlich sind. [Bryan et al., 2004] Nährstoffdefizite in dieser Zeit führen teilweise auch zu langfristigen Schäden, die selbst im Erwachsenenalter nicht mehr behoben werden können. [Benton, 2008]

Da die Rate und die Natur der Gehirnentwicklung beeinträchtigt werden, wird ein unzureichender Ernährungsstatus während der Kindheit mit beeinträchtigten Gehirnfunktionen und Kognitionen sowie Verhaltensstörungen in Zusammenhang gebracht. [Bellisle, 2004] Ein Mangel an bestimmten Nährstoffen führt zu einer eingeschränkten kognitiven Entwicklung des Gehirns, was sich in einer verminderten Leistungsfähigkeit, reduzierten Aufmerksamkeit und schlechteren Gedächtnisleistung bemerkbar macht. [Kiefer et Zifko, 2006]

Solche Entwicklungsstörungen des Gehirns zeigen sich bei Kindern, die generell unterernährt sind, einem Umstand, der vor allem in so genannten Entwicklungsländern sehr häufig anzutreffen ist. Dort führt vor allem Malnutrition, einschließlich Protein-Energie-Malnutrition und Fettsäuremangel zum schlechten kognitiven Status unterernährter Kinder. Diese Kinder haben einen niedrigen IQ und eine verringerte schulische Leistung. [Kiefer et al., 2006; Yehuda et al., 2005]

Zahlreiche Interventionsstudien in diesen geographischen Gebieten zeigen aber, dass nicht alleine Energie- und Proteinsupplementierung zur gewünschten positiven

kognitiven Entwicklung der Kinder beitragen, sondern dass zusätzliche Verabreichungen von Mikronährstoffen einen noch größeren Vorteil bringen.

Es sei erwähnt, dass nicht nur schwerwiegende Nährstoffmängel zu Verhaltensänderungen führen, sondern bereits geringfügige Vitamin- und Mineralstoffdefizite den Zustand des Körpers oder des Gehirns, die Stimmungslage oder die Leistungsfähigkeit beeinflussen. [Winter et Winter, 1988] Daraus kann man schließen, dass eine Abnahme der mentalen Leistungsfähigkeit in der Schule die Ursache auch in subtilen, unerkannten und korrigierbaren Mangelerscheinungen an bestimmten Vitaminen und Mineralstoffen haben könnte. [Carper, 2000] Da auch in den Industrienationen Mangelerscheinungen keine Seltenheit sind, kann auch hier durch Aufheben bestimmter Nährstoffmängel eine messbare Verbesserung festgestellt werden. Nach wie vor gibt es Fragen zu klären, die sich mit den Effekten von Mikronährstoffmangel und –supplementierung auf die geistige Entwicklung und mentale Verfassung von Kindern befassen: Einer Antwort bedarf es bei der Frage nach dem Einfluss der Schwere und des Grades des Mangels, sowie dem Zeitpunkt und der Zeitdauer, in der dieser stattgefunden hat. Weiters sollte in zukünftigen Studien auf die langfristigen Auswirkungen auf die akademische Leistung eines Kindes eingegangen werden und die genauen physiologischen Prozesse und die dahinterstehenden Mechanismen abgeklärt werden. [Black, 2003]

2.6 Die wichtigsten Nährstoffe für das Gehirn

Vielen Substanzen wird eine positive oder negative Wirkung auf die Gehirnleistung zugeschrieben, mit denen es möglich ist, durch entsprechende Aufnahme bzw. Restriktion das Verhalten und die Leistungsfähigkeit zu beeinflussen. Ein primärer und sekundärer Mangel an Nährstoffen einerseits, aber auch eine Überlastung mit bestimmten Nahrungsbestandteilen, Genussmitteln oder toxischen Substanzen andererseits, können die Gehirnfunktion negativ beeinflussen und mitunter sogar zu Verhaltensänderungen führen. [Baerlocher, 1991]

Die Hauptnährstoffe für das Gehirn sind Sauerstoff und Glukose. Daneben benötigt es noch Eiweiß, Fette, Vitamine, Mineralstoffe und Flüssigkeit. Als besonders wesentliche Nährstoffe für die kognitive Entwicklung von Kindern hat man die Mineralstoffe Eisen,

Jod, Zink, die B-Vitamine und die langkettigen n-3 Fettsäuren identifiziert, weshalb diese näher beschrieben werden sollen. [Bryan, 2004]

2.6.1 Makronährstoffe

In der Fachliteratur zeigt sich ein steigendes Interesse an den Auswirkungen der Makronährstoffe auf die psychologische Verfassung, die kognitive Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden. Die Makronährstoffe Protein, Fett, Kohlenhydrate und Alkohol sind der mengenmäßig dominierende energieliefernde Hauptanteil unserer Ernährung und deren Zufuhr und Zusammensetzung kann daher am ehesten variiert werden.

Wie diese einzelnen Komponenten die Neurochemie oder die neuralen Funktionen des Gehirns auf welche Weise und mit welchen Mechanismen beeinflussen, steht im gegenwärtigen Interesse der neuropsychologischen Forschung. [Dye et al., 2000]

2.6.1.1 Kohlenhydrate

Da das Gehirn und die Nervenzellen ausschließlich Glukose als Brennstoff verwenden können, ist das Zentralnervensystem obligat auf die Zufuhr von Glukose als Energiequelle angewiesen. [Elmadfa et Leitzmann, 2004]

Energiestoffwechsel des zentralen Nervensystems

Das zentrale Nervensystem deckt seinen Energiebedarf durch aerobe Glukoseoxidation. Das Gehirn macht zwar nur etwa 2% der Körpermasse eines normalgewichtigen Erwachsenen aus, seine Durchblutung beträgt jedoch 15% des Minutenvolumens des Herzens, was die enorme metabolische Aktivität dieses Organs unterstreicht. [Löffler, 2005] Aufgrund der hohen metabolischen Rate des Gehirns muss eine ständige Energiezufuhr garantiert werden. [Benton, 2008] Glukoseversorgungsprobleme können ungünstige Auswirkungen auf das Gedächtnis, die Aufmerksamkeitsspanne, die Konzentration, die Erregbarkeit und die Stimmung haben. [Carper, 2000]

Dabei stellt man fest, dass das kindliche Gehirngewebe einen größeren Glukosebedarf als das ausgewachsene Gehirn hat. Von der Geburt bis zum vierten Lebensjahr steigt die Glukoserate merklich, sodass sie mit vier Jahren doppelt so ausgeprägt ist wie bei einem Erwachsenen. Ab dem 10. Lebensjahr sinkt die Glukoseumsatzrate dann kontinuierlich bis 16-17 Jahre. [Benton, 2008]

Unmittelbar erfolgende akute Effekte von Glukose

Es gibt reichlich Literatur, die davon ausgeht, dass einige Aspekte kognitiver Leistung durch die Einnahme reiner Glukose oder eines kohlenhydrathaltigen Lebensmittels verbessert werden können: Bei der Messung von fokussierter Aufmerksamkeit, Kurzzeitgedächtnis, verbaler Erinnerung, schneller Informationsverarbeitung, Reaktionszeit, Labyrinth-Lernen und logisch-mathematischer Fähigkeiten konnte eine Verbesserung bei Kindern festgestellt werden. [Bellisle, 2004; Benton (2008); Korol et Gold, 1998]

Studien variieren allerdings in der Menge der Glukosezufuhr, in der Form in der diese dargereicht wird und die abgewartete Zeit nach der Gabe, nach der die Leistungstests durchgeführt werden. Oft wurden Zeit und Zusammensetzung der letzten vorangegangenen Mahlzeit und der Verlauf des Blutglukosespiegels am Beginn, während der Testphase und nach Bewältigung der Aufgaben nicht kontrolliert. [Gibson et Green, 2002]

Welche *Mechanismen* stehen hinter den beobachteten Effekten?

.) Anstieg des Blutglukosespiegels

Der Glukosespiegel im Blut beeinflusst nachweislich die Gedächtnisleistung, Lernfähigkeit und Stimmung. Insbesondere Mahlzeiten, die einen Anstieg der Blutglukosekonzentration im Blut bewirken, zeigen Verbesserungen bestimmter kognitiver Prozesse. [Gibson et Green, 2002] Allerdings ist diese Beziehung nicht linear, es gibt eine U-förmige Kurve, d.h. zu wenig Blutzucker behindert das Gedächtnis, ebenso zuviel. Es scheint ein Optimum der Glukosezufuhr zu geben, dessen Unter- und Überschreitung sich negativ auf die Gedächtnisleistung auswirkt. Eine alimentäre Hyperglykämie durch eine zu hohe Aufnahme schnell verfügbarer Kohlenhydrate ist demnach genauso zu vermeiden, wie eine postalimentäre Hypoglykämie. [Kaiser et Kersting, 2001]

Verschiedene Untersuchungen deuten grundsätzlich darauf hin, dass ein mäßiger Anstieg des Blutglukosespiegels eine Reihe von Hirnfunktionen am Günstigsten moduliert. [Kaiser et Kersting, 2001] Leichte Anstiege der Blutkonzentration sind im Bezug auf die kognitive Leistungsfähigkeit effizienter als scharfe Spitzen, da das Gehirn besonders empfindlich auf kurzzeitige Schwankungen im Glukosemetabolismus

reagiert. [Hoyland et al., 2008] Eine sehr schnelle Aufnahme von Glukose in den Blutkreislauf und eine anschließende starke Insulinausschüttung führt zu Symptomen wie Benommenheit, Erschöpfung, Schwäche, Nervosität und Herzklopfen. [Winter et Winter, 1988]

Somit ist ein ausgeglichener Blutglukosespiegel zwischen den Mahlzeiten der beste Weg, um die Leistungsfähigkeit aufrechtzuerhalten und zu verbessern. In der Praxis heißt das, dass niedrig-glykämische Lebensmittel starken Blutglukoseschwankungen entgegenwirken und somit in den Stunden nach der Aufnahme mentale Fähigkeiten unterstützen. [Bellisle, 2004] Die tatsächliche Wirkung des GI auf die geistige Leistung konnte zwar wissenschaftlich noch nicht bestätigt werden, jedoch vermutet man in aktuellen Studien positive Effekte von niedrig-glykämischen Lebensmittel auf das Erinnerungsvermögen im Tierversuch aber auch bei jungen Erwachsenen und Erwachsenen mit Gedächtnisschwierigkeiten. [Mahoney et al., 2005]

Tabelle 1: Glykämischer Index bestimmter Lebensmittel

Niedrig glykämisch (GI ≤ 55)	Glykämisch (GI zwischen 56 und 70)	Stark glykämisch (GI ≤ 71)
Apfel	Haushaltszucker	Traubenzucker
Orange	Honig	Weißbrot
Erdnüsse	Banane	Cornflakes
Grüne Bohnen	Vollkornbrot, -reis	Müsli
Linsen	Kartoffeln	Reis
Haferflocken	Mais	Croissant
Fettarme Milch		
Joghurt		

Quelle: mod. nach [Carper, 2000]

Da der Anstieg des Blutzuckers nach einer Mahlzeit jedoch nicht nur mit der Art der Kohlenhydrate, sondern auch mit der Zusammensetzung der Nahrung zusammenhängt und die Reaktion des Organismus auf die Zufuhr von Kohlenhydraten je nach Kohlenhydrat-, Fett- und Proteinanteil der Mahlzeit noch von mehreren weiteren Faktoren abhängig ist, (Konsistenz der Speise, Geschlecht, Stressempfinden zur Zeit der Nahrungsaufnahme, etc.) ist das GI-Konzept daher nicht so einfach und präzise definierbar und anwendbar wie ursprünglich angenommen. [Elmadfa, 2004]

Blutglukose wirkt über glykolytische und oxidative Stoffwechselwege und Wechselwirkungen mit der Synthese von Neurotransmittern bzw. anderen Substanzen die im

Lern- und Gedächtnisprozess eine Rolle spielen (GABA, Glutamat, Acetylcholin), auf das Gehirn. [Hoyland et al., 2008] Sie verändert wahrscheinlich die neurophysiologische Beschaffenheit durch die Beeinflussung der Aktivität von Ionenkanälen und wirkt zusammen mit dem neurochemischen System, möglicherweise dadurch, dass es Substrate für die Synthese von Neurotransmittern bereitstellt. [Korol, 2006] Kohlenhydrate wirken dabei nicht ausschließlich über die Glukosebereitstellung, sondern ändern die Intensität serotinerger Informationsübertragung, die direkt mit der Denkleistung in Verbindung steht. [Dye et al., 2000] (vgl. Kapitel „Tryptophan als Vorstufe von Serotonin und Melatonin“)

Aber nur in stark beanspruchten Gehirnregionen kann Glukose ihre Wirkungen entfalten, da sie dort den erhöhten Bedarf deckt und somit den Informationsfluss in diesen Bereichen maximiert (vgl. Kapitel „Abhängigkeit vom Schweregrad der Testaufgabe“). Glukosegaben erleichtern kognitive Anstrengungen vor allem bei lang andauernden, anspruchsvollen Aufgaben.

Einfluss der Stressempfindlichkeit des Individuums

Auf welche Weise eine Erhöhung des Blutzuckerspiegels durch den Verzehr von Kohlenhydraten das Gehirn beeinflusst, hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie etwa dem gegenwärtigen Blutzuckerspiegel, aber auch vom Stressbefinden, da Stresshormone den Glukosespiegel in die Höhe treiben. Der Verzehr von Kohlenhydraten zu Zeiten erhöhten Stresses, beispielsweise vor Prüfungen, treibt den Glukosespiegel in höhere Regionen, als in Situationen, in denen die Person nicht belastet ist.

Eine sympathische Aktivierung, wie sie bei Stress stattfindet, bedingt die Aktivierung der Nebennierenrinde und ist daher mit dem Anstieg des Plasmaspiegels von Adrenalin, Noradrenalin und Cortisol verbunden. Es wird vermutet, dass einige der gefundenen Einflüsse von Glukose, die das Erinnerungsvermögen verbessern bzw. verschlechtern, über die Modifizierung von Katecholamin- bzw. Glucocorticoidkonzentrationen wirken dürften. [Gold, 1995] Eine stressbedingte Aktivierung des sympathischen Nervensystems führt zur Ausschüttung von *Adrenalin* aus dem Nebennierenmark. Adrenalin kann nicht -wie Glukose- die Blut-Hirn-Schranke passieren, wirkt aber peripher über die Erhöhung des Blutzuckerspiegels. [Hoyland et al., 2008] Diese

adrenerge Stimulierung führt bekanntermaßen zu einer Verbesserung bestimmter kognitiver Bereiche, insbesondere des Erinnerungsvermögens, da aufgrund der Aktivierung der peripheren β -Adrenozeptoren in den jeweiligen Zielzellen die Glykolyse bzw. in der Leber auch die Gluconeogenese stimuliert wird, zudem die Aufnahme und die Freisetzung von Glukose gehemmt wird, und es dadurch zu einem Anstieg der Glukose- und Laktatwerte im Blut kommt. [Gibson et Green, 2002]

Ein typischer Anstieg von *Cortisol* in stressigen Testsituationen wird vor allem nach der Gabe von Glukose gesehen. Stressempfindliche Personen haben höhere Cortisollevel als weniger stressempfindliche Kinder und Erwachsene. [Gibson et Green, 2002] Es ist anzunehmen, dass das Kurzzeitgedächtnis, besonders die deklarative Gedächtnisleistung negativ mit erhöhten Cortisolleveln korreliert. Akute Bereitstellung von Cortisol verschlechtert die Leistung des Arbeitsgedächtnisses und des räumlichen Erinnerungsvermögens. Cortisol wirkt besonders auf die neuronalen Funktionen im Hippocampus, in dem es viele Glucocorticoidrezeptoren gibt, da es dort die Aufnahme von Glukose in den Hippocampus, der für die Erinnerung unerlässlich wäre, verhindert.

.) *Insulinantwort*

Glukosebereitstellung ist in weiterer Folge mit vielen komplexen Mechanismen, wie Hormonantworten, verbunden, die die einwandfreie Glukoseregulation garantieren. [Korol, 2006] Insulin wird infolge des Blutzuckeranstiegs nach der Nahrungsaufnahme ausgeschüttet und fördert die Aufnahme von Glukose und Aminosäuren ins Gewebe. Die Insulinantwort infolge einer Hyperglykämie und sämtliche weitere glukoregulatorische Prozesse nach einer Glukosegabe werden in der Literatur mit einer Verbesserung der Gedächtnisleistung in Verbindung gebracht. [Mahoney et al., 2007; Hoyland et al., 2008]

Bei Hyperinsulinämie passiert Insulin die Blut-Hirns-Schranke und wirkt dort über Rezeptoren direkt auf das ZNS. Eine besonders dichte Rezeptorendichte findet man im Hypothalamus und im Hippocampus. Auf diese Weise kann Insulin die neuronalen Mechanismen steuern, die mit der synaptischen Aktivität, der Erinnerungsfunktion und anderen kognitiven Prozessen in Verbindung stehen. [Benton et Parker, 1998; Gómez-Pinilla, 2008]

Personen mit einer niedrigen Glukosetoleranz, also jene, bei denen hohe Glukosespitzen nur langsam wieder ursprüngliche Werte annehmen, weil die Glukoseeinstellung beeinträchtigt ist, zeigen unabhängig vom Alter schlechtere Ergebnisse bei Erinnerungstests. [Benton, 2007] Je besser die Glukosetoleranz und die Effizienz der Glukoregulation, d.h. je schneller und besser die Blutglukosewerte wieder ihre ursprünglichen Werte erreichen, desto besser wird das Erinnerungsvermögen positiv beeinflusst. [Westenhofer et al., 2004]

.) Synthese von Neurotransmittern

Ein möglicher Mechanismus, über den erhöhte Blutglukosespiegel die kognitiven Fähigkeiten verbessern, ist die vermehrte Synthese von Neurotransmittern, zum Beispiel Acetylcholin. [Kaiser et Kersting, 2001] Aus Forschungsergebnissen wird ersichtlich, dass die acetylcholin-vermittelte Erregungsübertragung eng mit der Gedächtnisbildung und Lernen zusammenhängt. [Benton et Parker, 1998]

Glukose fungiert als cholinerges Agonist und Opioidrezeptor-Antagonist [Bellisle, 2004] und bewirkt so über die Stimulierung des cholinergen Systems eine Erhöhung der Acetylcholinsynthese. In den entsprechenden Neuronen wird Acetylcholin mit Hilfe der Cholin-Acetyltransferase aus Cholin und AcetylCoA gebildet. AcetylCoA, das gemeinsam mit Cholin das Cosubstrat der Acetylcholinsynthese darstellt, ist ein Nebenprodukt des Kohlenhydratstoffwechsels. Je mehr AcetylCoA vorhanden ist, desto mehr des Neurotransmitters kann gebildet werden. Durch den erhöhten Glukosemetabolismus in den beanspruchten Gehirnregionen wird dementsprechend mehr AcetylCoA bereitgestellt, da Glukose das einzige Substrat im ZNS für die AcetylCoA-Synthese darstellt, da sie die vorrangige Quelle der benötigten Acetylgruppen ist.

Die erhöhte Verfügbarkeit von Glukose beeinflusst über die vermehrte AcetylCoA Produktion indirekt auch die Syntheserate und Ausschüttung von Acetylcholin. Die Acetylcholinkonzentration steigt jedoch nur dann, wenn der Glukosebedarf aufgrund von erhöhter neuronaler Aktivität erhöht ist. Steigende Blutglukosewerte erleichtern demnach die Acetylcholinsynthese ausschließlich in Phasen, in denen das Gehirn beansprucht wird, da diese glukose-induzierte Freisetzung von Acetylcholin auf eine erhöhte Aktivität der cholinergen Neuronen während anspruchsvollen Lern- und Erinnerungstests zurückzuführen ist. [Gibson et Green, 2002; Benton et Parker, 1998]

So hat im Tierversuch die Injektion von Glukose nur dann eine stimulierende Wirkung auf die Ausschüttung von Acetylcholin im Hippocampus, wenn die Ratten schwere Prüfungen zu erledigen hatten, nicht aber, wenn sie rasteten. Wenn Ratten Glukose injiziert wird, löst dies ein Ansteigen des Acetylcholins aus, allerdings nur dann, wenn die Tiere direkt während einer Lernsituation stimuliert werden, nicht aber wenn sie in ihren Käfigen sitzen. [McNay et al., 2000]

Einfluss des Schweregrads der Testaufgaben

Je anspruchsvoller eine Aufgabe, desto größer ist auch der Effekt von Glukose in den beanspruchten Bereichen des Gehirns. Nur beim Erledigen von schwer empfundenen Aufgaben profitiert der Proband von einer Glukosegabe, nicht aber bei zu leichten Testaufgaben. Der Schweregrad einer Aufgabe dürfte die Empfindlichkeit für Glukose und andere metabolische Substrate im Gehirn bestimmen. [Bellisle, 2004] Aus Aufzeichnungen der Positronen-Emissions-Tomographie wird ersichtlich, dass eine verstärkte neuronale Aktivität mit einem höheren Glukosebedarf im Gehirn verbunden ist, da der Glukosemetabolismus in den benützten aktiven Gehirnbereichen stark ansteigt. [Dye et al., 2000]

2.6.1.2 Aminosäuren und Proteine

Mit Ausnahme von Acetylcholin sind Neurotransmitter Aminosäuren, deren Derivate oder Peptide. [Löffler, 2005]

Neurotransmitter

Neurotransmitter sind jene chemischen Wirkstoffe, die Botschaften zwischen den Gehirnzellen übermitteln. [Winter et Winter, 1988]

Man kann die Neurotransmitter aufgrund ihres biochemischen Aufbaus in drei Klassen einteilen: Aminosäuren, Monoamine und Neuropeptide. Beispiele für die erste Gruppe wären Glutamat, Aspartat, Glycin und γ -Aminobuttersäure (GABA). Zu den monoaminergen Neurotransmitter zählt man Acetylcholin, Dopamin, Adrenalin, Noradrenalin und Serotonin. Opiode, Vasopressin und Substanz P sind Neuropeptide. [Clark et al., 2005]

Die Reizübertragung an den Synapsen setzt die Bereitstellung entsprechender Transmitter voraus. Eine direkte Zufuhr von Neurotransmittern mit der Nahrung ist jedoch ohne jede Bedeutung, da diese die Blut-Hirn-Schranke nicht passieren können. [Kiefer et Zifko, 2006] Allerdings ist die Synthese von Neurotransmittern durchaus von der Ernährung abhängig: Neurotransmitter werden von den Nervenzellkörper aus jenen Grundstoffen produziert, die in der Nahrung enthalten sind. Beispiele wären Serotonin mit seiner Vorstufe Tryptophan, Katecholamine mit den Vorstufen Phenylalanin und Tyrosin und Acetylcholin, das aus Cholin und aktivierter Essigsäure synthetisiert wird. Zudem erfüllen diverse nicht-essentielle Aminosäuren, wie Glutamat, Aspartat und GABA Aufgaben als Neurotransmitter im ZNS. [Chafetz, 1990]

Die Neurotransmitter reisen nach ihrer Synthese am Axon entlang und werden in winzigen Kapseln am Ende des Axons gespeichert, wo sie durch elektrische Impulse aktiviert werden. [Winter et Winter, 1988]

Zur Erzeugung eines chemischen Botenstoffes aus einem Nahrungsbestandteil müssen mehrere Voraussetzungen erfüllt sein: Die Substanz muss vom Verdauungstrakt aufgenommen werden können. Anschließend muss der Blutkreislauf sie in einen bestimmten Bereich des Gehirns transportieren können, das heißt sie müssen die Blut-Hirn-Schranke passieren können. Durch Enzyme müssen sie in einen bestimmten Neurotransmitter umgewandelt werden können. Wenn die Synthese der Neurotransmitter stattgefunden hat, müssen sie am dafür vorgesehenen Ort gespeichert werden und im Bedarfsfall verfügbar sein. Jede Einwirkung auf diesen Produktionsprozess kann verschiedenartigste Funktionsstörungen verursachen, angefangen von Gedächtnisverlust und Depression bis hin zur Muskellähmung und zur Unfähigkeit zu sprechen. [Winter et Winter, 1988] Vermindert vorhandene Botenstoffe können Konzentrationsmangel, Verlust des Neuzeitgedächtnisses, der Reaktionsfähigkeit, der Rechenfunktionen und Ähnliches bedingen. [Kiefer et Zifko, 2006]

Tryptophan als Vorstufe von Serotonin und Melatonin

Wesentlich für das Gehirn ist die essentielle Aminosäure Tryptophan, da es die Ausgangssubstanz für die Botenstoffe Serotonin und Melatonin darstellt.

Tryptophan gelangt mit den anderen neutralen Aminosäuren Tyrosin, Phenylalanin, Valin, Isoleucin und Methionin über ein gemeinsames spezifisches Carriersystem durch die Blut-Hirn-Schranke, wobei die einzelnen Aminosäuren um den Carrier

konkurrieren. Der Übertritt einer Aminosäure ins Gehirn wird jedoch nicht nur durch ihre eigene Konzentration im Blut und ihre Affinität zum Transportstoff bestimmt, sondern auch durch die Konzentration der anderen Aminosäuren im Blutplasma und deren Affinität zu demselben Transportmittel. [Schwinghammer et Wormer, 1997] Die zerebrale Serotoninsynthese ist somit von der Verfügbarkeit und der Menge von Tryptophan im Blutplasma, sowie von den mit ihr konkurrierenden Aminosäuren Tyrosin, Phenylalanin, Leucin, Isoleucin und Valin abhängig, die den Übertritt durch die Blut-Hirn-Schranke blockieren können. [Elmadfa, 2009]

Tryptophan kommt in Protein in verhältnismäßig geringen Mengen vor, so dass nach einer eiweißreichen Mahlzeit durch den Anstieg der anderen neutralen Aminosäuren im Blutplasma die Aufnahme an Tryptophan ins Gehirn verringert ist, da das Transportsystem besetzt wird. Das ist der Grund, warum bei sehr eiweißreicher Kost (große Fleisch- und Fischportionen) weniger Tryptophanmoleküle ins Gehirn über-treten. [Kiefer et Zifko, 2006]

Ein zuckerreiches Nahrungsmittel hingegen führt zur Freisetzung von Insulin, das eine Verringerung der Aminosäuren im Blutplasma zur Folge hat, da diese in den Muskeln aufgenommen werden. Zudem kommt es zu einer Senkung der Konzentration an freien Fettsäuren im Plasma. Tryptophan belegt die gleiche Bindungsstelle an Albumin wie freie Fettsäuren und ist somit in erhöhter Konzentration im Blutplasma vorhanden, wenn sich die Menge an freien Fettsäuren verringert.

Sinkt die Konzentration der konkurrierenden Aminosäuren und steigt die Tryptophankonzentration im Blut, kann es vermehrt ins Gehirn aufgenommen werden und steht dort für die Umwandlung zu Serotonin zur Verfügung. Kohlenhydratreiche Mahlzeiten eignen sich demnach dazu, den Tryptophanspiegel zu erhöhen, wodurch in weiterer Folge die Serotoninsynthese steigt. [Elmadfa et Leitzmann, 2004; Hofbauer, 1995]

Serotonin ist in der Biochemie als 5-Hydroxytryptamin, kurz 5-HT bekannt. Vom Tryptamin, dem Decarboxylierungsprodukt aus Tryptophan leitet sich Serotonin ab, das durch Hydroxylierung von Tryptophan und anschließender Decarboxylierung synthetisiert wird. [Claus, 2002]

Das zentralnervöse serotonerge System spielt eine wesentliche Rolle in der Regulation vieler Körperfunktionen sowie beim Verhalten, Befinden und bei verschiedenen Aspekten der Leistungsfähigkeit. Serotonin hat die Funktion eines Neurotransmitters im zentralen und peripheren Nervensystem sowie eines Gewebshormons, wirkt gefäßkontrahierend, spielt eine Rolle im Regelkreis Hunger/Sättigung, aber auch bei Angst und Verteidigungshaltung. [Claus, 2002; Essmann, 1987]

Die Funktionen von Serotonin im Bezug auf das Gehirn liegen in einer Steigerung der Konzentrationsfähigkeit, Denk- und Merkfähigkeit, Lernen und Gedächtnis und in der Regulation von Stimmung, Wohlbefinden und Entspannung und Müdigkeit. Es steuert die Kontrolle des Appetits vor allem für Kohlenhydrate, Schmerzempfindlichkeit und die Schlafbereitschaft. [Baerlocher, 1991] Je nachdem mit welchen Rezeptoren Serotonin agiert, werden unterschiedliche Funktionen aktiviert.

Verglichen mit der Literaturlbasis zu den physiologischen Effekten von Serotonin oder seinen Präkursoren existieren nur sehr wenige experimentelle oder korrelative Belege, was den Zusammenhang mit der kognitiven oder sensomotorischen Leistungsfähigkeit betrifft. Besonders was eine direkte Beeinflussung des zentralnervösen Serotoninspiegels durch die Gabe von Serotonin-Präkursoren oder Serotoninagonisten und – antagonistien angeht, finden sich in der Literatur nur uneinheitliche Hinweise. Eine Mehrheit der Studien beschäftigt sich mit der Aufnahme von Mahlzeiten unterschiedlicher Makro- und Mikronährstoffzusammensetzung, die die Serotoninsynthese differentiell modulieren. (vgl. Kapitel „Zusammensetzung der Mahlzeit nach Makronährstoffen“) [Gutberlet, 1997]

Das in Lebensmitteln vorkommende Serotonin kann nicht vom Blut ins Gehirn gelangen, das heißt es muss Tryptophan für die Synthese über die Nahrung aufgenommen werden. Tryptophanreiche Lebensmittel sind Käse und andere Milchprodukte, Sojabohnen, Fleisch, Fisch (Makrele, Hering, Sardelle), Haferflocken, Tomaten, Bananen, Erdnüsse, Cashewnüsse, Linsen, Hühnerfleisch, Weizen und Reis. Damit Tryptophan als Baustein für Serotonin verwendet werden kann, ist es von Vorteil wenn gleichzeitig Glukose oder stärkehaltige Nahrungsmittel aufgenommen werden, die die Insulinausschüttung bewirken. [Kiefer et Zifko, 2006]

Tabelle 2: Durchschnittlicher Tryptophangehalt bestimmter Lebensmittel

Lebensmittel	Tryptophan (mg) /100g
Fisch	215
Fleisch (Rind, Schwein, Geflügel)	205
Eier	180
Brot, Reis	105
Milch	45
Kaffee, Tee	30
Gemüse	20
Obstsäfte	2

Quelle: mod. nach [Harada et al., 2007]

Melatonin ist ein Antioxidans, das direkt auf das hormonelle und nervöse Immunsystem wirkt. Es ist für den Tag-Nacht-Rhythmus verantwortlich und wird im Schlaf ausgeschüttet. (vgl. Kapitel „Der richtige Zeitpunkt der Mahlzeitaufnahme“) [Kiefer et Zifko, 2006]

Tyrosin und Phenylalanin als Vorstufen der Katecholamine

Tyrosin und Phenylalanin werden zur Neurotransmitterherstellung der im Nebennierenmark gebildeten Katecholamine Adrenalin, Noradrenalin und Dopamin benötigt.

L-Dopa (Dioxyphenylalanin) entsteht auf enzymatischem Weg durch Hydroxylierung von L-Tyrosin. L-Dopa wird zu Dopamin decarboxyliert. Bei Dopaminmangel wird therapeutisch der biosynthetische Vorläufer von Dopamin L-Dopa verabreicht, welches die Blut-Hirn-Schranke im Gegensatz zu Dopamin überwinden kann und im Gehirn zu Dopamin decarboxyliert wird. [Fernstrom et Fernstrom; 2007] Dopamin ist der weitere Vorläufer von Noradrenalin und Adrenalin.

Die Funktion der Katecholamine liegt in der Aufmerksamkeits-, Aktivitäts-, und Wachheitserhaltung. Der Wirkungskomplex dieser Hormone (besonders Adrenalin) ergänzt die ergotropen Funktionen des Sympathikus, was als sympathiko-adrenales System bezeichnet wird. [Trebsdorf et Gebhardt, 2000]

Noradrenalin stimuliert im Stoffwechsel Glykolyse der Leber, Fettgewebe und Skelettmuskel, *Adrenalin* bewirkt im Zuge einer Aktivierungskaskade einen erhöhten Glykogenabbau und einen damit verbunden Blutglukoseanstieg. Es regt den oxidativen Stoffwechsel an und bewirkt insgesamt eine erhöhte Einsatzbereitschaft des

Organismus. Adrenalin bereitet den Körper auf Stress vor und aktiviert Gehirn und Körper in belastenden Situationen, unterstützt das Gedächtnis in Stresssituationen, so dass auch unter Leistungsdruck Informationen aus dem Gehirn abgerufen werden können, die unter normalen Umständen nicht bewusst aktiviert werden können.

Tyrosin wird aus eben genannten Gründen indirekt eine Verminderung der Müdigkeit, ein Einfluss auf die Gedächtnisleistung und eine stimmungsaufhellende Wirkung nachgesagt. Tyrosinhaltige Lebensmittel sind Fisch- und Fleischzubereitungen, Käse, Bohnen und Sojaprodukte. [Kiefer et Zifko, 2006]

Serin und Methionin als Vorstufen von Cholin

Aus *Serin* und *Methionin* kann mit Hilfe von Vitaminen Cholin gebildet werden, das die Ausgangssubstanz von Acetylcholin darstellt, ohne das im Gehirn keine Informationen gespeichert und abgerufen werden kann. β -Hydroxyethyl-Trimethyl-Ammoniumhydroxid (Cholin) entsteht aus der Leber aus Ethanolamin, decarboxyliertem Serin, das dreifach methyliert wird. [Elmadfa, 2009]

Cholin und seine Metabolite sind für den strukturellen Aufbau aber auch für das reibungslose Ablaufen von Signalübertragungsfunktionen von Zellmembranen unerlässlich, da es direkt auf die cholinergen Erregungsübertragung und den Lipidtransport und –metabolismus wirkt. In den cholinergen Neuronen wird aus freiem Cholin der Neurotransmitter Acetylcholin synthetisiert. Die Bildung von Acetylcholin erfolgt durch einen Reaktionszyklus aus Acetyl-CoA, die Übertragung des Acetats auf Cholin mittels Cholinacetyltransferase. (vgl. Kapitel „Kohlenhydrate – Synthese von Neurotransmittern“) [Elmadfa et Leitzmann, 2004]

Inwieweit die Acetylcholin-Bildung im Gehirn durch Gaben von Cholin bzw. Lecithin gesteigert werden kann, wird in der Literatur noch diskutiert, man geht aber davon aus, dass eine bessere Verfügbarkeit von Cholin in einer verstärkten Freisetzung von Acetylcholin resultiert, was wiederum einen positiven Effekt auf kognitive Funktionen hat. [Kiefer, 2006] Serin und Methionin sind in Getreide, Gemüse, Nüsse, Leber und Fleisch enthalten. [Kiefer et Zifko, 2006]

2.6.1.3 Lipide und Fettbegleitstoffe

Auf den ersten Blick scheint das Gehirn keine Fette zu benötigen, da seine Brennstoffe Glukose und Sauerstoff sind. Allerdings ist das Gehirn das fetthaltigste Organ des Körpers, bei dem 50% der Trockenmasse aus Lipiden besteht. [Wachter, 1994]

Ursprünglich sagte man den Fettsäuren bloß eine indirekte Wirkung auf das Gehirn aufgrund ihrer Effekte auf den Blutholesterinspiegel und in weiterer Folge auf die kardiovaskuläre Physiologie nach. Mittlerweile erlangen sie Aufmerksamkeit durch ihren direkten Einfluss auf die neuronale Struktur und die Funktion des Gehirns. [Gómez-Pinilla, 2008] Der Fetttyp, den man über die Nahrung zu sich nimmt, beeinflusst nicht nur die Funktion der Gehirnzellen, sondern sogar ihre Gestalt, ihre Morphologie, da sie auf molekularer Ebene wirken. [Carper, 2000]

Fette sind sowohl für den Aufbau als auch für die korrekte Funktion der Zellwände unabdingbar. [Dalla-Via, 1998] Fettsäuren sind die Hauptbestandteile von zwei wesentlichen Komponenten des Gehirns: einerseits der neuronalen Zellmembran und andererseits der Myelinschicht. 50% der Membran bestehen aus Fettsäuren, und sogar 70% der Myelinschicht besteht aus Lipiden. [Yehuda et al., 2005]

Einfluss der Fettsäuren auf die Membranfluidität

Je nach Phospholipidzusammensetzung variiert die Fluidität der neuronalen Zellmembran. Phospholipide mit gesättigten Fettsäuren haben eine andere Struktur und sind weniger geschmeidig als Phospholipide die aus ungesättigten Fettsäuren gebildet werden. Maßgeblich für die Fluidität ist aber nicht der absolute Gehalt der jeweiligen Fettsäuren, sondern das richtige Verhältnis zwischen ω -3 und ω -6 Fettsäuren. Dabei spielen noch weitere Substanzen eine Rolle, die die Fluidität beeinflussen, wie z.B. Alkohol und Cholesterin. [Yehuda et al., 2005] Die Fluidität garantiert das korrekte Funktionieren der Zellwände, da sie die ausreichende Versorgung des Gehirns mit Sauerstoff und Neurotransmitter sicherstellt, auf denen wiederum die gesamte Aktivität der Nervenzellen und die Nachrichtenübermittlung des Körpers beruhen. [Dalla-Via, 1998]

Einfluss der Fettsäuren auf die Integrität der Myelinschicht

Alle markhaltigen Neurone verfügen über sogenannte Myelinscheiden, die für deren Funktionieren von ausschlaggebender Bedeutung sind. Im Prinzip sind die durch Gliazellen gebildeten Myelinscheiden Ausstülpungen der Plasmamembran, die sich

spiralig um die Axone wickeln. Die Myelinscheiden bestehen daher aus den Plasmamembranlipiden der Gliazellen, in die spezifische Myelinproteine eingelagert sind. [Löffler, 2005] Diese Hülle aus Myelin, einer fetthaltigen Substanz, schützt die Axone und ist notwendig, damit die Informationen von einer Nervenzelle auf die nächste schnell übertragen werden können. Für die optimale Funktionsfähigkeit des Gehirns muss diese Myelinschicht auf lange Sicht geschmeidig gehalten werden. [Singer, 2000] Besonders in den kindlichen Phasen der Myelinsynthese ist die Aufnahme von Fettsäuren besonders wichtig. Sollte es in dieser Zeit der Myelinisierung zu Mangel und in weiterer Folge zu einem Verlust der Integrität kommen, können durch den verzögerten Myelinisierungsprozess Lernschwierigkeiten, motorische, visuelle und auditive Beeinträchtigungen die Folge sein. [Yehuda et al., 2005; Ryan, 2007]

Ungesättigte Fettsäuren

Fette mit vorwiegend ungesättigten Fettsäuren erfüllen im Körper und auch im Gehirn wichtige Funktionen. Sie sind besonders wichtig zur Vermeidung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, stärken das Immunsystem und wirken positiv bei chronisch entzündlichen Erkrankungen. Mehrfach ungesättigte Fettsäuren sind die Vorstufen vieler Eicosanoide, die als Immunmodulatoren und Neurotransmitter zahlreiche Zell- und Organfunktionen regulieren. Als Bestandteile von Membranstrukturen des zentralen Nervensystems ermöglichen sie einen reibungslosen Informationsfluss im Gehirn, und eine effiziente Informationsverarbeitung. [Dye et al., 2000]

Der Körper kann die initialen Fettsäuren der Linolsäurereihe (ω 6- Reihe) und der α -Linolensäurereihe (ω 3-Reihe) nicht selbst aufbauen, weshalb sie für den Menschen essentiell sind und mit der Nahrung aufgenommen werden müssen. [Elmadfa, 2009] Die essentiellen Fettsäuren werden über die Ernährung in Form der Vorläufersubstanzen α -Linolensäure und Linolsäure und den langkettigen Derivaten Docosahexaensäure (DHA) und Arachidonsäure bereitgestellt. Eine mangelnde Zufuhr von bestimmten Fettsäuren über die Ernährung verhindert deren Einbau in die Phospholipidmembran. [Chalon et al., 2001]

ω -3 Fettsäuren

Langkettige ω -3 Fettsäuren, die in fetten Seefischen in größeren Mengen enthalten sind, sind der normale Bestandteil aller Zellmembranen und essentiell für das einwandfreie

Funktionieren der kognitiven Fähigkeiten und für die gesamte Gehirnentwicklung und -reifung. [Gómez-Pinilla, 2008]

Der Hauptbestandteil der Fette in den Zellmembranen, vor allem als Struktur Fett in den Synapsen und Myelinscheiden, stellt dabei die ω -3 Fettsäure Docosahexaensäure (DHA) dar. Mit bis zu 30% trägt sie zu der Phospholipidzusammensetzung bei und ist deshalb unerlässlich für die Erhaltung der Membranintegrität, neuronalen Erregbarkeit und dem Funktionieren von Rezeptoren und Synapsen. [Gómez-Pinilla, 2008] DHA beeinflusst wesentlich die neuronale Entwicklung, insbesondere die Ausreifung der visuellen Fähigkeiten und weiteren Funktionen des ZNS beim Kleinkind. Langkettige Fettsäuren unterstützen insbesondere die Reifung der Zellstruktur im präfrontalen Kortex. [Burger, 2005]

Viele Studien mit Menschen beschäftigen sich mit der Verbesserung von Leistungsstörungen, die mit diversen psychiatrischen Störungen einhergehen. [Gómez-Pinilla, 2008] Besonderes wissenschaftliches Interesse gilt auch der Aufnahme von langkettigen Fettsäuren während der Schwangerschaft und in der postnatalen kindlichen Entwicklung. Die fetale Versorgung mit langkettigen, mehrfach ungesättigten Fettsäuren und der Gehalt in Muttermilch sind abhängig von der Versorgung der Mutter. Ein Nährstoffmangel in den frühen Wachstumsphasen kann zu langfristiger Beeinträchtigung der visuellen, kognitiven und neurologischen Leistungsfähigkeit führen, weshalb während der Schwangerschaft auf die ausreichende Aufnahme von DHA geachtet werden soll. Stillen bzw. Muttermilch nach der Geburt bietet wesentliche Vorteile. [Kersting et al., 2003] Es gibt aber auch einige Studien, die die Auswirkungen einer ω -3 Fettsäuren-Supplementation bei Schulkindern auf deren schulische Leistung ermitteln. [Gómez-Pinilla, 2008] Bei einer randomisierten Doppelblindstudie erhielt die eine Hälfte der Kinder ω -3 Fettsäuren-Präparate und die andere Hälfte Placebo, wobei diese Fettsäurengabe mit reduzierten kognitiven Beschwerden wie Schreib- und Leseschwäche und Verhaltensauffälligkeiten verbunden war. [Richardson et Montgomery, 2005] Bei 100 männlichen Schülern zwischen 6 und 12 Jahren zeigten jene mit den höchsten n-3 Fettsäuregehalt im Blut die geringsten Lernschwierigkeiten. [Richardson et Puri, 2002] In den USA untersuchten Zhang et al. 3666 Schüler zwischen 6-16 Jahren nach den Möglichkeiten eines Zusammenhangs zwischen PUFA-Status und Verhaltensauffälligkeiten bzw. Lernschwierigkeiten. Die Gesamt-

fettaufnahme hatte keinen Einfluss, wohl aber wurde eine dosisabhängige Wirkung zwischen geringer PUFA-Aufnahme und geringer Leistungsfähigkeit gefunden. [Zhang et al., 2007]

Mehrere *Mechanismen*, über welche die essentiellen mehrfach ungesättigten Fettsäuren auf neurochemischer Ebene ihre Wirkung auf die synaptische Plastizität und auf Gehirnfunktionen ausüben, sind aus der Literatur zu entnehmen [Chalon et al., 2001]:

- 1.) Modifizierung der Plasmamembranfluidität vor allem in den synaptischen Regionen und damit verbundene erleichterte Erregungsübertragung. [Gómez-Pinilla, 2008]
- 2.) Modifizierung der Aktivität membrangebundener Enzyme und Rezeptor- und Transportproteine und Interaktion mit Transmembranproteinen. [Uauy et al., 2001]
- 3.) Modifizierung der Anzahl und Affinität von Rezeptoren.
- 4.) Modifizierung der Sensibilität von Ionenkanälen, die bei der Erregungsleitung eine Rolle spielen.
- 5.) Modifizierung der Synthese und Aktivität von Neurotransmittern (z.B. Dopamin). Einige Studien beschreiben einen direkten Effekt von mehrfach ungesättigten Fettsäuren auf die Aktivität von neuronalen Peptiden und Neurotransmitter.
- 6.) Regulierung der Genexpression oder Transkriptionsfaktoren, die die Aktivität von Neurotransmittern und die neuronalen Wachstumsfaktoren regulieren und bei der Ausreifung und Wachstum von Gehirnbereichen wichtig sind. [Chalon et al., 2001]
- 7.) Eine weitere Möglichkeit, wie die Fettaufnahme auf die Stimmung und die kognitive Begabungen wirken kann, ist die Beeinflussung der Aktivität von gastrointestinalen Hormonen, wie zum Beispiel Cholecystokinin. [Gibson et Green, 2002]
Cholecystokinin wird nach der Nahrungsaufnahme ausgeschüttet und gilt als Sättigungshormon. CKK wirkt direkt über Afferenzen des Vagus auf zentralnervöse Strukturen (Hippocampus und Amygdala) und soll auch Erinnerungsfunktionen beeinflussen. [Benton et Parker, 1998]
- 8.) Möglich sind auch Effekte auf Stoffwechselprozesse im Körper, da DHA beispielsweise die Glukosenutzung und die mitochondriale Aktivität steigert und den oxidativen Stress reduzieren kann. [Gómez-Pinilla, 2008]

Mangel

Mangelercheinungen von *essentiellen Fettsäuren* oder Störungen im Gleichgewicht der Prostaglandin- und Leukotriensynthese zeigen sich in zahlreichen neurologischen und psychiatrischen Störungen, wie Müdigkeit und Schwäche, aber auch dermatologische Probleme, Immunstörungen, gastrointestinale Beschwerden, Herz-Kreislaufprobleme bis hin zur Sterilität. Ein Mangel kann Ursache für sämtliche Wahrnehmungsstörungen sein, die die Sehkraft und das Hörvermögen betreffen, aber auch taktiler und olfaktorischer Natur sind. Es können Gedächtnisstörungen bei Kindern auftreten, die durch das verzögerte Wachstum der Pyramidenzellen des Hippocampus verursacht werden. [Yehuda et al., 2005]

Ein *n-3 Fettsäuren*-Mangel ist mit einem höheren Risiko verbunden, an mental-psychische Störungen und neurodegenerativen Erkrankungen wie Demenz, Dyslexie, Depression und Schizophrenie zu erkranken. [Gómez-Pinilla, 2008] Ein Mangel wurde auch als Ursache von Verhaltensstörungen und ADHD bei Kindern vermutet. [Chalon et al., 2001] Hohe Plasmakonzentrationen von Osbondsäure und Mead'sche Säure bei der Geburt, welche als Marker für Mangel an essentiellen Fettsäuren herangezogen werden, sind negativ mit späteren Intelligenzleistungen verbunden, da diese suboptimale Liganden für Transkriptionsfaktoren, ungeeignete Substrate für enzymatische Reaktionen und unpassende Bestandteile im Aufbau des ZNS darstellen. [Helland et al., 2003] *α -Linolensäuren-Mangel* verschlechterte die Leistung in diversen Lerntests, die die Aufnahmefähigkeit, die sensorische Wahrnehmung, Motivation und motorische Fähigkeiten untersuchten. Der Grund liegt in pathologischen neurochemischen Veränderungen, besonders der monoaminergen Erregungsübertragung. [Chalon et al., 2001] *DHA Mangel* während der Schwangerschaft kann zu einer mentalen Fehl- und Unterentwicklung beim Kind führen, die auch im späteren Leben nicht mehr korrigiert werden können. [Hibbeln et al., 2007]

Gesättigte Fettsäuren

Im Gegensatz zu den positiven Auswirkungen einer Ernährung, die reich an ω -3 Fettsäuren ist, deuten epidemiologische Studien darauf hin, dass Lebensmittel mit einem hohen Gehalt an gesättigten Fettsäuren und Transfettsäuren die kognitive Leistungsfähigkeit ungünstig beeinflussen. [Gómez-Pinilla, 2008]

Ein gleichbleibend hoher Anteil von gesättigten Fettsäuren in der Ernährung scheint direkt toxische Auswirkungen auf die Lernfähigkeit zu haben: Tierversuchsstudien an Nagetieren, die sogenanntes „Junk food“ erhielten, das durch einen hohen Anteil an gesättigten Fettsäuren und Zucker gekennzeichnet ist, zeigten bereits nach drei Wochen Leistungseinbußen und Abnahmen in der synaptischen Plastizität. [Gómez-Pinilla, 2008]

Es ist nicht geklärt, auf welche Weise die gesättigten Fettsäuren die Gehirnzellen beeinträchtigen. Langzeitstudien verglichen eine Ernährung reich an gesättigten, einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren drei Monate lang und kamen zu dem Ergebnis, dass die Gefahr wohl in den gesättigten Fettsäuren selbst liegt, nicht nur in einer Unausgewogenheit oder dem Mangel an anderen nützlichen Fetten. [Dye et al., 2000] Tierische Fette - so zeigen Forschungen - verzerren die normale Struktur der Nervenzellmembrane, behindern das Wachstum der Synapsen und stören die Biochemie der Neurotransmitter. Ein hoher gesättigter Fettanteil in der Ernährung verändert somit die Zusammensetzung der Zellmembranen, die elektrische Aktivität der Neurotransmitter, besonders Serotonin und den Enzymhaushalt. Weitere Theorien sind vermehrte Angriffe durch freie Radikale, verminderte Insulinempfindlichkeit (erhöhte Insulinresistenz), und Änderungen der Aufnahme und Verarbeitung von Glukose. [Carper, 2000]

Chronische und akute Auswirkung des Ernährungsverhaltens je nach Fettaufnahme.

Eine Ernährung reich an ungesättigten Fettsäuren, ist mit einer besseren Lernleistung verbunden, aber nur wenn sie 5 Energie% der Ernährung ausmachen. Bei 20 Energie% war die Leistungsfähigkeit beeinträchtigt, unabhängig davon ob das Fett gesättigt oder ungesättigt war. Eine generelle fettreiche Ernährung wirkt sich demnach störend auf die kognitiven Funktionen aus. [Dye et al., 2000]

Eine epidemiologische Studie mit mehr als 7000 Erwachsenen untersuchte die Reaktionszeit der Teilnehmer und verglich sie mit deren Ernährungsweise hinsichtlich des Fettgehalts. Das Resultat war, dass eine generelle fettreiche Ernährung positiv mit einer schnelleren Reaktionszeit korrelierte. Je höher die Menge an fettreichen Lebensmitteln in der Ernährung, desto schneller war die Reaktionszeit bei bestimmten

Aufgaben. Dieses Ergebnis weicht von den anderen Studien ab, die die akuten Effekte von fetthaltigen Speisen untersuchten: Es existieren Studien, die fettarme (11-29 Energie%), mittelmäßig fetthaltige (45 Energie%) und fettreiche (56-74 Energie%) Frühstücksmahlzeiten, Vormittagsjause und Mittagessen gegenüberstellen. Ein eindeutiges Fazit auszusprechen ist schwierig, generell kann man aber davon ausgehen, dass Fettsäuren die Lernleistung und das Erinnerungsvermögen verbessern, akut aber die Reaktionszeit verlängert wird, da sie die nachträgliche Müdigkeit erhöhen und die Wachsamkeit beeinträchtigen. Fettreiche Speisen können insbesondere dann zu einer Reduktion der Aufmerksamkeit führen, wenn der Fettgehalt von der üblichen gewohnten Fettaufnahme stark abweicht. Der grundsätzliche Ernährungsstil (fettreich oder fettarm) stellt demnach einen Einflussfaktor auf die kognitive Leistungsfähigkeit dar. [Gibson et Green, 2002; Dye et al., 2000]

Welche *Empfehlungen* können aus den eben erwähnten Daten abgeleitet werden?

Kinder und Jugendliche haben wegen ihres Wachstums einen zusätzlichen Energiebedarf, der besonders in den ersten Lebensjahren durch einen erhöhten Fettanteil in der Nahrung gedeckt werden kann. Die Ergebnisse von epidemiologischen Untersuchungen und Interventionsstudien am Menschen sprechen dafür, dass eine Fettzufuhr in Höhe von 30-35% der Nahrungsenergie mit einer ausgewogenen Zusammensetzung der Fettsäuren im Rahmen einer vollwertigen Ernährung und in Verbindung mit ausreichender körperlicher Bewegung verfolgt werden sollte. [DGE, 2000] Ein ausgewogenes Verhältnis von gesättigten, einfach- und mehrfach ungesättigten Fettsäuren ist anzustreben, wobei ein Zuviel bei keiner Fettsäurengruppe günstig ist. Gesättigte Fettsäuren sollten höchstens ein Drittel der zugenommen Fettsäuren bzw. 10% der Gesamtenergiezufuhr ausmachen, n-3 Fettsäuren 0,5% der Nahrungsenergie und n-6 Fettsäuren 2,5% der Energie bei Kindern ab 4 Jahren betragen. [Elmadfa, 2009]

Nach wie vor ist unklar, welche Konzentration und Quellen von langkettigen essentiellen Fettsäuren sich am günstigsten für die neuronale Entwicklung erweisen. [Smithers et al., 2008]

Aufgrund ihrer Fettsäurezusammensetzung besonders zu empfehlen sind Lebensmittel wie fettreiche Fische (Makrele, Lachs, Hering, Tunfisch, Forelle), Walnüsse, Spinat,

Linsen und sämtliche Pflanzenöle (Rapsöl, Distelöl, Maiskeimöl, Erdnussöl, Traubenkernöl und Sojaöl). In geringen Mengen sollten Kokosfett, Schmalz, tierische Fette, fettreiche Wurstwaren, fettreiche Milch und Milchprodukte, Schlagobers, Rahm, panierte und frittierte Speisen, Innereien, Meeresfrüchte, Transfettsäuren-reiche Lebensmittel wie Burger, Pommes und viele industriell hergestellte Backwaren und Süßigkeiten konsumiert werden. [Kiefer et al., 2006]

Cholesterin

Cholesterin ist wesentlicher Bestandteil der biologischen Membranen, Vorstufe von Steroidhormonen und wird im Körper für den Fetttransport benötigt. [Elmadfa, 2009] Außerhalb der Norm liegende Cholesterinkonzentrationen in den Lipoproteinen sind wesentliche Risikofaktoren für Herz-Kreislaferkrankungen, was ihren schlechten Ruf bedingt. [DGE, 2000]

Im kognitiven Bereich jedoch waren geringe Cholesterinspiegel bei Frauen mit psychomotorischen Schwierigkeiten verbunden: Bewegungsabläufe und Reaktionszeiten waren signifikant langsamer. Bei Männern fand man keine lineare Beziehung zwischen Reaktionszeit und Cholesterinpegel, worauf man auf biochemische und hormonelle Unterschiede schließen kann. [Dye et al., 2000]

Generelle Veränderungen im Cholesterinspiegel sind mit Leistungseinbußen verbunden. So konnten niedrige oder sinkende Blut-Cholesterinlevel in Zusammenhang mit schlechteren Reaktionszeiten gebracht werden. Querschnittsstudien kamen zu dem Ergebnis, dass höhere Cholesterinlevel mit einer besseren kognitiven Funktion verbunden sind.

Zwei klinische Studien [Wardle et al., 2000; Muldoon et al., 2000] konnten aufzeigen, dass das aktive Senken des Cholesterinspiegels – unabhängig davon ob durch Ernährungsmaßnahmen oder durch pharmakologische Intervention - negative psychologische Auswirkungen zur Folge hat.

Es wird vermutet, dass Konzentrationsänderungen von Cholesterin im Blutplasma die Fluidität und Integrität der Zellmembranen beeinflussen. Das Verhältnis der Phospholipide zu Cholesterin in der Zellmembran wird verschoben, und somit auch die Fluidität. Bei Neuronen hat dies in weiterer Folge Auswirkungen auf die Neurotransmitter und das einwandfreie Funktionieren der Synapsen.

Weiters wird ein Zusammenhang von Cholesterin mit dem Serotoninhaushalt vermutet. In vitro kann das Rezeptorbindungsvermögen von Serotonin durch das Verändern des Cholesteringehalts der Synapsenmembran verschlechtert oder verbessert werden. Serotonin ist für viele kognitive Aufgaben verantwortlich, sei es die Funktion der Stirnlappen über das Erregungsniveau bis hin zur Steuerung von Hunger und Sättigung. Somit kann es auch bei einer durch die Ernährung beeinflussten Veränderung der Serotoninfunktion zu Auswirkungen auf das Verhalten und die Psychologie kommen. Serotinerge Defizite, die durch mangelnde neuronale Membranfluidität verursacht werden, spiegeln laut Hibbeln et al. die Fettzusammensetzung der Ernährung wider. Ist das Verhältnis n-3 zu n-6 Fettsäuren gestört, kann der Cholesterinspiegel als Marker dieser Fehlernährung angesehen werden, die mit kognitiven Leistungseinbußen und psychopathologischen Erscheinungen in Zusammenhang gebracht werden. [Dye et al., 2000]

Phospholipide

Phospholipide sind an der Bildung der Doppelschichten der Zellmembranen beteiligt. Zu den Phospholipiden zählt man auf der einen Seite phosphathaltige Lipide wie Phosphoglyceride mit Glycerin als Alkohol und auf der anderen Seite Sphingophospholipide, die Sphingosin als Alkohol enthalten. Zu dem wichtigsten Vertreter der ersten Gruppe zählt Phosphatidylcholin (Lecithin), zur zweiten Gruppe werden die Sphingomyeline gezählt, welche die Hauptbestandteile der Myelinscheide der Nervenzellen darstellen. [Elmadfa, 2009]

Phosphatidylcholin kann vom Körper in der Leber und der Niere über die Phosphatidylethanolamin N-Methyltransferase (PEMT) selbst hergestellt werden, da die de novo-Synthese aber vermutlich nicht ausreicht, muss eine zusätzliche Versorgung mit der Ernährung gewährleistet werden.

Lecithin wird erfolgreich bei einigen Nervenkrankheiten eingesetzt, bei denen der Neurotransmitter Acetylcholin in zu geringem Maße gebildet wird. Lecithin fungiert hier als Cholinquelle. Wissenschaftliche Studien fanden bei Gedächtnisstörungen und Demenz keinen therapeutischen Nutzen von Lecithin-Präparaten. Durch die Beteiligung von Lecithin und Sphingomyelin bei der Signalübertragung in den Membranen sind Einflüsse auf Krebsentstehung oder die Alzheimer-Krankheit denkbar. [Elmadfa, 2009]

Cholin

Cholin ist eine wesentliche Komponente des Lecithins, welches wiederum aus pflanzlichem Material gewonnen wird. Es wird nicht nur für die Synthese von Phospholipiden benötigt, sondern spielt auch als Methylendonator bei zahlreichen Prozessen des Intermediärstoffwechsels, der DNA-Regulierung und – Reparatur sowie bei der Genexpression eine bedeutende Rolle. Sein Abbauprodukt, oxidiertes Cholin (Betain) stellt eines der wichtigsten Methylgruppendonatoren im menschlichen Organismus dar und ist gemeinsam mit Folat und Vitamin B₁₂ intensiv am Homocysteinestoffwechsel beteiligt.

Die Verfügbarkeit von Cholin beeinflusst die gesunde Entwicklung des Neuralrohrs und des Hippocampus, die Vermittlung des apoptotischen Zelltodes bei Neuronen und Leberzellen, den hepatischen Transport von Lipoproteinen und die hepatische Kanzerogenese. [Zeisel, 2004] Als Baustein des Neurotransmitters Acetylcholin ist es an der Reizweiterleitung im Nervensystem beteiligt, hat selbst aber keine cholinerge Wirksamkeit. [Elmadfa, 2009; Zeisel et Niculescu, 2006]

Cholin spielt bei vielen Stoffwechselprozessen eine Rolle, besonders aber für solche, die in den Phasen des intensiven Wachstums und der schnell voranschreitenden kindlichen Entwicklung wichtig sind. In dieser Zeit ist Cholin ein essentieller Nährstoff, der einen großen Einfluss auf die normale Entwicklung des Gehirns, besonders des Hippocampus, der für die Übernahme von Wissen aus dem Kurzzeitgedächtnis in das Langzeitgedächtnis verantwortlich ist, ausübt. [Li et al., 2004]

Während der fetalen Entwicklung beeinflusst es die Proliferation von Stammzellen und die Apoptose der Nervenzellen, zudem die gesamte Gehirnstruktur und –funktion. [Zeisel et Niculescu, 2006] Studien zeigen, dass die Cholinspeicher während der Schwangerschaft und der Laktation stark sinken können, weshalb die Aufnahme über die Ernährung besonders in dieser Entwicklungsphase des Kindes von großer Bedeutung wäre. Cholinmangel während der Schwangerschaft und der Laktation kann lebenslange Auswirkungen auf das kindliche Gehirn haben, da sich dieser in physiologischen und neuroanatomischen Veränderungen äußert. [Zeisel et Niculescu, 2006]

Cholin kann zwar vom Körper selbst synthetisiert werden, aber vermutlich nicht in ausreichender Menge, sodass eine zusätzliche Zufuhr über die Ernährung wichtig ist. In Europa findet man derzeit keine Empfehlungen für die tägliche Zufuhr bzw. Aufnahme dieses Nährstoffes. Weder ein exogener Bedarf noch Empfehlungen zur Zufuhr können angegeben werden. [Kiefer et al., 2006]

Cholin ist natürlich in Form von Lecithin in Eigelb, Soja und Sojaprodukten enthalten, aber auch in vielen Lebensmitteln wie Schokolade, Konfekt und Kuchen, die industriell verarbeitet wurden, da Lecithin in der Lebensmittelindustrie als Zusatzstoff (Emulgator, aber auch Antioxidans) eingesetzt wird. Günstige natürliche Quellen sind Innereien wie Knochenmark, Gehirn, Leber und Herz und die Speicherorgane der Pflanzen wie Samen, Wurzeln und Knollen, Hülsenfrüchte, Hefen und Pilze. [Elmadfa, 2009] Ertragreiche Nahrungsmittel sind zudem Fleisch, Fisch, Weizenkeime, Erdnüsse, Milch, Käse und (Kohl-)Gemüse. [Zeisel, 2004]

2.6.1.4 Zusammensetzung der Mahlzeit nach Makronährstoffen

Die meisten Studien beschäftigen sich nicht mit den einzelnen elementaren Makronährstoffen, sondern untersuchen die Wirkung von Mahlzeiten je nach Kombination und Anteil der Makronährstoffe in der jeweiligen Speise. Der relative Gehalt an Kohlenhydraten, Fett und Proteinen einer Mahlzeit beeinflusst nicht nur die Rate der Magenentleerung, sondern auch den glykämischen Index und die Insulinantwort. Die einzelnen Makronährstoffe beeinflussen sich gegenseitig, weshalb auch mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die mentale Leistungsfähigkeit zu rechnen ist. [Dye et al., 2000]

Eingriff in den Kohlenhydrat- und Proteingehalt

Trotz mangelhafter Beweislage gibt es Hinweise darauf, dass die Ernährungsweise – unter Berücksichtigung unterschiedlicher Protein- und Kohlenhydratgaben – die psychologische und mentale Gemütslage zu beeinflussen vermag. [Dye et al., 2000]

Vergleicht man Gerichte mit hohem Stärke- bzw. Zuckergehalt oder hohem Proteingehalt, kommt man zum Schluss, dass eine erhöhte Reaktionszeit und schlechtere Aufmerksamkeit nach dem Verzehr von kohlenhydratreichen Mahlzeiten zu erwarten ist. Gerichte mit hohem Kohlenhydratgehalt bewirken Schläfrigkeit, Benommenheit und

Gelassenheit und können beruhigend und Angst hemmend wirken, während proteinreiche Mahlzeiten erregend wirken, bei Aufgaben die Reaktionszeit herabsetzen und die Wachsamkeit steigern. Allerdings führen Gerichte mit hohem Proteingehalt zu einer erhöhten Anfälligkeit für Ablenkung und einer beeinträchtigten Gedächtnisleistung, außerdem erhöhen sich die Fehlerquoten beim Aufmerksamkeitstest. Eben genannte akute Effekte von Mahlzeiten variieren je nach Ernährungsstatus, Zeitpunkt der Aufnahme, aber auch individuellen psychischem Verfassung und Wesensart bzw. Stressempfindlichkeit der jeweiligen Person. [Gibson et Green, 2002; Dye et al., 2000]

Stress verstärkt den Effekt von Nahrungsmittel auf die kognitive Leistungsfähigkeit, indem es die Funktion von Serotonin beeinflusst. Chronischer Stress steht im Verdacht, die Serotoninaktivität in dem Maße zu steigern, dass es zu einer Verminderung von Tryptophan und Serotonin im Gehirn kommt. Stressempfindliche Testpersonen, zu denen auch Kinder zu zählen sind, profitieren eher von einer kohlenhydrathaltigen, proteinarmer Ernährungsweise, was das Erinnerungsvermögen und die Gedächtnisleistung betrifft. [Dye et al., 2000]

Insgesamt sind die chronischen Effekte auf das Gehirn bei einer kohlenhydratbasierten Ernährung im Gegensatz zu einer sehr proteinlastigen Ernährung eher positiv anzusehen. Diese langfristigen Einwirkungen werden auf Veränderungen der Monoamin-Neurotransmitter-Aktivität und -Funktion über die Hypophysen-Hypothalamus-Achse und die Cortisol-Sekretion zurückgeführt. [Gibson et Green, 2002]

Im Gegensatz zu den akuten Effekten von proteinreichen Mahlzeiten, die den Tryptophangehalt im Gehirn senken, steigert eine Ernährungsweise mit hohem Proteinanteil die Serotoninbildung. Proteinreiche Ernährung erhöht im Vergleich zu einer kohlenhydratreichen Ernährung den durchschnittlichen Plasma-Cortisollevel. [Gibson et Green, 2002]

Beeinflussung des Kohlenhydrat- und Fettgehalts

Obwohl in diesem Bereich einige Studien existieren, können keine eindeutigen Schlüsse daraus gezogen werden, da auch hier methodologische Unstimmigkeiten im Studienaufbau zu Interpretations- und Vergleichsschwierigkeiten führen. [Dye et al., 2000]

Die besten Ergebnisse wurden bei einer Studie bei Gerichten gefunden, die einen durchschnittlichen mittelmäßigen Gehalt an Fett und Kohlenhydraten aufwiesen. Schlechtere Reaktionszeiten konnten im Vergleich dazu bei fetten, kohlenhydratarmen Speisen und auch kohlenhydrathaltigen, fettarmen Mittagessen gefunden werden. [Dye et al., 2000]

Variiert der Kohlenhydrat- bzw. Fettanteil einer Mahlzeit stark von der üblichen gewohnten Ernährungsweise, wirkte sich das auf die Stimmung der Studienteilnehmer aus, indem sie vermehrt mit Schläfrigkeit, Verwirrtheit und Unschlüssigkeit reagierten, obwohl die Leistungsfähigkeit dadurch nicht signifikant verschlechtert wurde.

Fetteiche Speisen können vorwiegend dann, wenn die Fettaufnahme nicht der üblichen Kost entspricht, die Aufmerksamkeit beeinträchtigen. Dieser Mechanismus ist auf eine CKK-Ausschüttung zurückzuführen.

Veränderungen des Fettgehalts scheinen aber weniger einflussreich auf kognitive Leistungen zu sein, wie beispielsweise das Verändern von Protein- und Kohlenhydrat-Anteilen in der Nahrung zu sein. Grund dafür ist möglicherweise die weniger ausgeprägte neurohormonale Antwort. [Gibson et Green, 2002]

Untersuchungen gibt es auch mit Protein und Fett hinsichtlich deren Einflusses auf das Gehirn, aber diese lassen aufgrund der widersprüchlichen Ergebnisse keine eindeutigen Schlussfolgerungen zu. [Dye et al., 2000]

Die Studien machen die Unsicherheiten deutlich, die bei der Messung der kognitiven Leistungsfähigkeit nach unterschiedlich zusammengesetzten Mahlzeiten auftreten. Da die Kombination der Makronährstoffe, die Zusammensetzung, der Energiegehalt, die Größe der Mahlzeit, die Glukosetoleranz der jeweiligen Testperson und der Zeitpunkt der Mahlzeiteneinnahme allesamt die Leistungsfähigkeit beeinflussen, muss man immer mit Ungenauigkeit und Messunsicherheiten rechnen. [Dye et al., 2000]

2.6.2 Mikronährstoffe

2.6.2.1 *Mineralstoffe und Spurenelemente*

Eisen

Eisen dient im Körper vorwiegend zum Sauerstofftransport, ist aber ebenso Bestandteil vieler Enzyme, Hormone und Neurotransmitter. Es ist bei den Schlüsselenzymen verschiedener Neurotransmittersysteme des Gehirns (Dopamin und Serotonin) und bei der Ausbildung der Myelinschicht von Neuronen beteiligt. [Elmadfa et Leitzmann, 2004]

Das Gehirn reagiert sehr sensibel auf den Eisenstatus, also die Entleerung bzw. Auffüllung von Eisenspeichern aufgrund der homöostatischen Regulierung durch die Blut-Hirn-Schranke. Insgesamt ist das Gehirn sehr eisenreich, wobei die Konzentrationen je nach Region und Entwicklungsstatus schwanken. Besonders Bereiche, wie der Kortex, der Hippocampus und Striatum, die wichtig für die Ausbildung von bestimmten Kognitionen wie die Wahrnehmung sind, sind besonders auf einen angemessenen Eisenstatus angewiesen und reagieren somit auch empfindlicher auf Eisendefizite als andere Gehirnareale. [Bryan et al., 2004]

Eisen bewirkt -wie bereits erwähnt- die einwandfreie Myelinisierung der Neuronen und dient als Co-Faktor für zahlreiche Enzyme, die bei der Neurotransmittersynthese eine wichtige Rolle spielen, nämlich der Tryptophan-Hydroxylase für die Serotoninsynthese und Tyrosin-Hydroxylase für die Noradrenalin- und Dopaminsynthese. Der Eisenstatus im Gehirn korreliert laut Literatur mit der Verteilung der Neurotransmitter Dopamin und GABA, die bei der kognitiven, mentalen und emotionalen Regulierung sowie der Verhaltensregulierung eine Rolle spielen. In Tierstudien konnte festgestellt werden, dass Eisendefizite in einer Reduktion der Dopaminrezeptordichte und dadurch einer inadäquaten Wiederaufnahme von Dopamin resultiert. Daraus kann man schließen, dass vor allem der Dopaminstatus empfindlich auf Veränderungen im Eisenstatus korreliert und es dadurch bei Eisenmangel vor allem zu Fehlsteuerungen bei Bewegungsabläufen kommt. [Bryan et al., 2004]

Bei der Analyse von Studien, die die Auswirkungen von Eisenmangel auf die geistige Entwicklung von Kindern untersuchen, findet man unterschiedliche Ergebnisse.

Resultate von Korrelationsstudien weisen eine signifikante positive Assoziation zwischen Hämoglobinkonzentration und kognitiver Leistungsfähigkeit bzw. schulischen Erfolg auf. Insbesondere wenn man Kinder mit Eisenmangel mit nicht-anämischen Kindern vergleicht, schneidet letztere Gruppe hinsichtlich ihrer kognitiven Entwicklung und Leistung und bei der akademischen Bewertung besser ab. Ergebnisse einer Längsschnittstudie lassen vermuten, dass die Nachteile einer anämischen Kleinkindzeit auch bis ins Kinder- und Erwachsenenalter fortreichen. Interventionsstudien zeigen unterschiedliche Ergebnisse der Auswirkung von Eisenverabreichung auf die kognitive Leistungsfähigkeit von Kindern mit Eisenmangelanämie. Eine langzeitige Eisen-Supplementierung zur Behandlung der Anämie scheint jedoch vorteilhaft, da fünf randomisierte Kontrollstudien einen positiven Effekt auf die Gehirnfunktionen bei Kindern und jugendlichen Mädchen bestätigen konnten. Drei andere Studien konnten jedoch keinen Behandlungseffekt aufzeigen. [Bryan et al., 2004]

Dennoch scheinen die förderlichen Effekte eines angemessenen Eisenstatus laut Literatur für die kognitive Leistungsbereitschaft eine wichtige Rolle zu spielen, da Eisen für die Myelinisierung der Stirnlappen auch während der Kindheit und Adoleszenz und für den optimalen Level von Dopamin wesentlich ist. Zudem braucht der menschliche Körper Eisen für einen optimalen Sauerstofftransport zu allen Zellen und insbesondere ins Gehirn. [Bryan et al., 2004; Pollitt, 1997]

Bei *Mangel* kommt es zu Konzentrationsschwächen und zur Reduktion der Merkfähigkeit und dadurch zu Lernschwierigkeiten. Defizite zeigen sich beim Lesen, im logisch-mathematischen Bereich und beim verbalen Ausdruck. Blutarmut (Eisenmangelanämie) führt zu Müdigkeit und einer reduzierten geistigen und körperlichen Belastbarkeit. Im Alter von 12 bis 18 Monaten stört diese nachhaltig die kindliche Intelligenzentwicklung, die auch durch eine spätere Eisengabe nicht wieder ausgeglichen werden kann.

Durch Nitrat kommt es zu einer Behinderung des Sauerstofftransportes, da seine reduzierte Form Nitrit die Sauerstoffbindung des Eisens blockiert. Ersteres kann durch eine übermäßige Verwendung von nitrathaltigem Dünger in unsere Lebensmittel kommen, da es in den Pflanzen gespeichert wird. Stark gedüngte Gemüsesorten, besonders aber Blattgemüse, das in Glashäusern angebaut wird, enthalten sehr oft hohe

Mengen an Nitrat. Aus diesem Grund ist biologisch angebautes Gemüse, bei dem die Anwendung von nitrathaltigem Dünger verboten ist, zu bevorzugen. Nitrat ist aber auch Bestandteil des Pökelsalzes, das zur Konservierung und Farbstabilisierung von Fleisch- und Wurstwaren eingesetzt wird. [Kiefer et Zifko, 2006]

Säuglinge, Kleinkinder und Kinder während der pubertären Wachstumsschübe haben einen erhöhten Eisenbedarf und zählen daher zu den Risikogruppen einer Eisenmangelanämie. Eisen ist sowohl in pflanzlichen als auch in tierischen Lebensmitteln zu finden, wobei das Eisen aus pflanzlichen Quellen nur zu 10% verwertet werden kann. Bei tierischen Produkten liegt die Bioverfügbarkeit bei 30%. Eisen kann durch Vitamin C, Fruchtsäuren und tierische Proteine besser aufgenommen werden. Tee, Milch und Milchprodukte und spezielle Pflanzeninhaltsstoffe wie Oxalate (im Spinat) und Phytate (im Getreide) oder Tannine vermindern zudem die Verfügbarkeit bestimmter Mineralstoffe, da sie imstande sind, Anionen zu komplexieren. Kalzium und Zink blockieren die Eisenaufnahme vom Darm in den Körper. Eisenreich sind rote Fleischsorten wie Rind oder Lamm, Vollkorngetreide, Hülsenfrüchte (Linsen, weiße Bohnen), Sojamehl und Sojabohnen, Hirse, Mohn, Pinienkerne, Weizenkeime, Dille, Petersilie, Hefe, Haferflocken, Spinat, Brunnenkresse. [Kiefer et al., 2006]

Jod

Jodmangelgebiete sind weltweit in vielen Gegenden zu finden. Jod ist Bestandteil der Schilddrüsenhormone Thyroxin (T_4) und Trijodthyronin (T_3), die die Entwicklung, das Wachstum, den Grundumsatz und noch viele weitere Stoffwechselreaktionen steuern. Besonders T_3 , welches das eigentliche Wirkhormon darstellt, ist ein essentieller Wachstumsfaktor und unerlässlich für Wachstum und Entwicklung des Gehirns. Besonders kritisch ist ein Mangel während der fetalen Entwicklung des Gehirns, denn ein Mangel in der Schwangerschaft führt zu Störungen beim Neugeborenen, die die motorische Koordination, die Sprachbegabung, aber auch die Gehörfunktion betreffen. Die Auswirkungen eines Jodmangels sind beim Ungeborenen besonders dramatisch, aber auch in allen anderen Altersgruppen haben Personen, die an Schilddrüsenunterfunktion (Hypothyreoidismus) leiden, verschiedene Fehlfunktionen, die das abstrakte Denken, die Motorik, die visuelle Verarbeitung und die Aufmerksamkeit

betreffen. Zudem können auch Demenz und Depressionen die Folge einer Unterversorgung mit Jod sein. [Bryan et al., 2004]

Bei Schulkindern kommt es langfristig zu Lern- und Entwicklungsstörungen, da die Energielosigkeit und die daraus resultierende Verminderung des intellektuellen Potentials die akademische Leistung eines Schulkindes beeinträchtigen. Auch verminderte Intelligenz wurde bei mangelernährten Kindern festgestellt: Eine Metaanalyse von Bleichrodt et Born (1994) untersuchte 18 Studien und kam zu dem Ergebnis, dass ein genereller Unterschied von durchschnittlich 13,5 IQ-Punkten bei chronischem Jodmangel im Vergleich zu ausreichender Jodversorgung, zu erwarten ist. [Bleichrodt et Born, 1994]

Der Effekt von Jodmangel und Hypothyreoidismus auf die kognitive Entwicklung wurde bei Kindern sowohl in Querschnittsstudien als auch in randomisierten Interventionsstudien eruiert. Bei den Querschnittsstudien untersuchte man den Unterschied zwischen mangelernährten und ausreichend mit Jod versorgten Bevölkerungsgruppen hinsichtlich ihrer kognitiven Leistungsfähigkeit. Kinder mit Mangelerscheinungen wie Kropf hatten signifikant schlechtere Ergebnisse bei Tests, die die non-verbale Denkleistung bestimmten, bei anderen Studien fand man aber keine Unterschiede der generellen Intelligenz zwischen den Gruppen. [Bryan et al., 2004]

Sieben randomisierte Interventionsgruppen mit Kontrollgruppen ermittelten den Effekt von Jodsupplementation bei Schulkindern, wobei auch bei diesen Studien uneinheitliche Resultate zu finden waren. Die meisten dieser Studien wurden in Jodmangelgebieten durchgeführt. Vier Studien kamen zu dem Fazit, dass mit positiven Effekten auf die mentale Leistung zu rechnen ist, wenn auch in zwei dieser Studien positive Auswirkungen nur bei mangelernährten Kindern gefunden wurden. Die anderen drei Studien zeigten keine Verbesserungen der mentalen Leistung, wobei die Ergebnisse aufgrund diverser Faktoren, wie z.B. andere Nährstoffdefizite oder zu kurze Interventionsdauer, beeinflusst sein könnten. In Malaysia fand man keine Unterschiede zwischen der Kontroll- und der Interventionsgruppe, die 12 Monate ein Jod-haltiges Präparat zu sich nahm, bei Tests, die die non-verbale Intelligenz bewerteten. Auch bei einer anderen Studie mit 305 Kindern, die generell unterernährt waren, wurde kein Effekt durch ein Jod-haltiges Öl auf mentale und motorische Fähigkeiten entdeckt. [Bryan et al., 2004]

Zusammenfassend ist aber zu sagen, dass unentdeckter Jodmangel wahrscheinlich umfassende Auswirkungen auf die Denkleistung und Konzentrationsfähigkeit hat, da Hypothyreoidismus durchaus die neuronale Entwicklung, Struktur und Funktion des Gehirns beeinflusst. [Bryan et al., 2004] Vor allem die Ergebnisse von Querschnittstudien deuten auf die negativen Auswirkungen von Jodmangel auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Kindern hin, und dass vor allem diese von Jodsupplementation durch eine daraus resultierende Verbesserung der Leistung profitieren.

Eine ausreichende Jodzufuhr kann durch den regelmäßigen Konsum von Meerwasserfischen und durch die Verwendung von jodiertem Speisesalz, das in Österreich gesetzlich vorgeschrieben ist, gewährleistet werden. Jodreiche Fische sind Seelachs, Scholle, Kabeljau, Hering, Tunfisch, Heilbutt, roher Seefisch (z.B. im Sushi), aber auch andere Meeresfrüchte und -tiere wie Seetang und Algen. Auch jodreiche Mineralwässer, Spinat, Milch und Eier (Voraussetzung ist die Fütterung der Tiere mit jodreichem Futter) gelten als gute Jodquellen. [Kiefer, 2006; Elmadfa, 2003]

Zink

Zink ist ein wichtiger Bestandteil von Enzymen und damit bei über 100 Reaktionen im Stoffwechsel beteiligt. Zink spielt eine wichtige Rolle bei Prozessen der Genreplikation, -aktivierung, und -hemmung, sowie bei der Transkription und Translation und Proteinsynthese. Dies erklärt die Tatsache, warum sich bereits geringe Defizite bei Kindern negativ auf das Wachstum, die Entwicklung, und das Immunsystem auswirken und sich in Wachstumsverzögerungen, Immunschwäche und erhöhter Infektanfälligkeit manifestieren. [Bryan et al., 2004] Zinkmangel betrifft vor allem Kindern in den so genannten Entwicklungsländern, wird aber als großes allgemeines Problem der weltweiten Bevölkerung angesehen. Die Prävalenz von Zinkmangel wird auch in entwickelten Ländern als hoch eingeschätzt, wobei hier aber über das tatsächliche Ausmaß keine konkreten Zahlen existieren. [Burger, 2005]

Zinkmangel wirkt sich insofern auf die kognitive Entwicklung der Kinder aus, als dass es Aufmerksamkeit, Aktivität, neuropsychologisches Verhalten und motorische Entwicklung beeinflusst. Die wissenschaftliche Erklärung dafür kann nur vermutet werden: man geht davon aus, dass Zink essentiell für die Synthese von Neuronen oder

Synapsen ist und ein Mangel daher die Erregungsübertragung beeinflusst. [Bryan et al., 2004] In Tierstudien konnte ein vermindertes Wachstum des Gehirns, eine erniedrigte Stressresistenz, verminderte motorische Begabung und Störungen der Aufmerksamkeit sowie des Kurzzeitgedächtnisses, besonders bei einem Zinkmangel in kritischen Phasen des schnellen Wachstums festgestellt werden. Bei Zinkmangel treten gehäuft Depressionen, aber auch Aggressivität, Hyperaktivität und Lernschwächen auf.

Da Zink und Eisen in den gleichen Lebensmitteln vorkommen, und deren Bioverfügbarkeit durch dieselben Substanzen beeinträchtigt wird, treten Zink- und Eisenmangel sehr häufig gleichzeitig auf. [Bryan et al., 2004]f

Es existieren sehr wenige Studien, die die Auswirkungen einer Zinksupplementierung auf die kognitive Entwicklung bei Kindern im Schulkindalter untersuchen. [Bryan et al., 2004] Die Ergebnisse derselben sind zudem nicht übereinstimmend, weshalb die Vorteile einer Supplementierung mit Zink widersprüchlich diskutiert werden, so dass auch noch kein klarer Konsens diesbezüglicher Maßnahmen getroffen werden kann. [Burger, 2005] Die randomisierten Studien wurden bei älteren Kindern durchgeführt und zeigen ebenfalls aufgrund widersprüchlicher Ergebnisse keine eindeutige wissenschaftliche Evidenz dafür, dass Zinksupplementierung die geistige Leistungsfähigkeit steigern kann. Bei einigen Studien war die Supplementation förderlich, bei einer anderen Studie wurde kein Effekt gefunden. Auch wenn eine positive Korrelation von Zink und der besseren kindlichen geistigen und motorischen Fähigkeit vermutet wird, gibt es derzeit für eindeutige Empfehlungen zu wenige Daten. Weitere Studien über den Langzeiteffekt von Zinksupplementierung und die Wechselwirkung von Zinkmangel mit Mangelerscheinungen anderer Mikronährstoffe, wären von großem Interesse. [Bryan et al., 2004]

Tierische Lebensmittel enthalten meist mehr Zink als pflanzliche. Die Bioverfügbarkeit von Zink aus Fleisch ist aufgrund der Komplexbildung mit Aminosäuren besser als aus Pflanzenkost. Vollgetreide liefert vier Mal so viel Zink wie ausgemahlene Mehl, da dieses in den äußeren Schichten zu finden ist. [Elmadfa, 2006] Zinkreich sind Weizen- und andere Getreidekeime, Fleisch, Kalbsleber, Austern, Mohn, Sesam, Kürbiskerne, Nüsse, Eier, Milch, Käse, Fisch, Karotten, Vollkornbrot und Kartoffeln. [Kiefer, 2006]

2.6.2.2 Vitamine

Vitamine nehmen zwar nicht direkt auf die Funktionen von Gehirn und Nervenzellen Einfluss, sind aber für alle Stoffwechselfvorgänge im Körper unentbehrlich, wobei einige dieser Vorgänge wiederum auf das Gehirn und die Nerven einwirken. So kann mit einer gezielten Zufuhr von bestimmten Vitaminen der Stoffwechsel für die Gehirnfunktionen optimal unterstützt werden. [Loidl, 2002] Vitamine spielen für unsere körperliche und geistige Gesundheit eine entscheidende Rolle, da Defizite selbst bei nur einem Vitamin auf das persönliche Wohlbefinden, Intelligenz und emotionale Motivation auswirken. Das Gehirn benötigt Vitamine für alle sensorischen Prozesse und motorischen Kontrollsysteme.

B-Vitamine

Zu den für das Gehirn, Rückenmark und Nervensystem wichtigen B-Vitaminen zählt man Vitamin B₁ (Thiamin), Vitamin B₆ (Pyridoxin), Vitamin B₉ (Folsäure) und Vitamin B₁₂ (Cobalamin).

Die B-Vitamine erledigen als Coenzyme wichtige Aufgaben im gesamten Stoffwechsel und Nervensystem. Sie sind wichtig für die geistige Entwicklung, den Aufbau von Botenstoffen im Gehirn und für die Konzentration und Gedächtnisleistung.

Jeder einzelne Mangel an einem dieser Vitamine führt zu Erkrankungen des Körpers und zu spezifischen Schädigungen an den Nervenzellen. Die Auswirkungen können mannigfaltig sein und reichen von Gefühlsstörungen an den Händen und Beinen über Gangunsicherheit, feinmotorische Störungen bis hin zu Koordinationsstörungen und Funktionsstörungen der Hirnnerven. Weitere Symptome wären Kopfschmerzen, Konzentrationsschwäche und Aufmerksamkeitsstörungen, Müdigkeit und verminderter Leistungsfähigkeit, bis hin zu Bewusstseinsveränderungen. [Kiefer et Zifko, 2006]

In der letzten Zeit ist das Interesse an B-Vitaminen hinsichtlich ihres Einflusses auf das Gehirn ständig gewachsen. Hauptaugenmerk wurde dabei auf Folsäure und sein Zusammenhang mit embryonalen Neuralrohrdefekten gelegt, aber auch die anderen Vitamine dieser Gruppe scheinen für die kognitive Leistungsfähigkeit bei Kindern, aber auch Erwachsenen von Wichtigkeit zu sein.

Vitamin B₁ (Thiamin)

Die Verarbeitung von Kohlenhydraten im Körper ist nur mit Hilfe von Vitamin B₁ möglich. Bei Vitamin B₁-Mangel findet eine Anhäufung von α -Ketosäuren, wie Pyruvat und Laktat im Gehirn, in anderen Organen und im Blut statt, weil Störungen im Kohlenhydratstoffwechsel den Abbau von Kohlenhydrat zu Kohlendioxid und Wasser behindern. [Lechner, 1989] Ein Thiaminmangel behindert die Fähigkeit des Gehirns, Glukose zu verarbeiten, und verringert damit die Energie, die für geistige Aktivität zur Verfügung steht. [Carper, 2000]

Da die Thiaminspeicher im Körper sehr gering sind und sich schnell innerhalb von Wochen suboptimaler Aufnahme leeren können, sind leichte Mängel bei Schulkindern häufig und führen zum Auftreten von Müdigkeit, Appetitlosigkeit und Verdauungsstörungen. Symptome eines schweren Mangels beinhalten Reizbarkeit, aggressives Verhalten bis hin zu Persönlichkeitsveränderungen. Behandelt man Jugendliche, die ein Thiamindefizit aufweisen, mit Thiamingaben, kommt es zu einem Rückgang von aggressiven Verhaltensauffälligkeiten. [Bellisle, 2004]

Gute Vitamin B₁-Quellen sind Vollkornprodukte, Innereien und Schweinefleisch. Letzteres kann fütterungsbedingt die bis zu 10fach höhere Thiaminkonzentrationen aufweisen als andere Fleischarten. [Kiefer et al., 2006; Elmadfa et Leitzmann, 2004] Bei den Vollkornprodukten zeigen Hafer und Gerste im Gesamtmineralstoffgehalt die höchsten Werte auf, weshalb sich Haferflocken als z.B. wertvolles Getreidefrühstücksprodukt anbieten. [Lechner, 1989] Zu empfehlen sind außerdem Weizenkeime, Sonnenblumenkerne, Hülsenfrüchte und Nüsse. [Kiefer et al., 2006]

Vitamin B₆ (Pyridoxin)

Vitamin B₆ ist im tierischen Organismus bei mehr als 100 enzymatischen Reaktionen beteiligt und unerlässlich für die Produktion der Botenstoffe im Gehirn. Pyridoxalphosphat (PLP) ist an der Synthese der Neurotransmitter Serotonin, Taurin, Dopamin, Norepinephrin, Histamin und GABA beteiligt. [Elmadfa et Leitzmann, 2004] Vitamin B₆ spielt als Cofaktor der Decarboxylase-Enzyme, die die Synthese von Serotonin, Dopamin und Noradrenalin katalysieren, eine Rolle beim

Aminosäurenstoffwechsel und ist unerlässlich für das Funktionieren der Steroidhormone. [Benton, 2008]

In Ratten konnte die Abhängigkeit des Serotoninspiegels in verschiedenen Bereichen des Gehirns von der Aufnahme dieses Vitamins über die Ernährung festgestellt werden. Ein Mangel aber auch eine übermäßige Zufuhr beeinflussen die Syntheserate sowie die Freisetzung von Serotonin. [Benton, 2008]

Vitamin B₆-reich sind nahezu alle tierischen und pflanzlichen Lebensmittel. Mit Fleisch (Hühner- und Schweinefleisch), Vollkorngetreide, Kartoffeln kann man den Bedarf gut decken. [Elmadfa, 2009]

Folsäure

Die meisten existierenden Studien wurden mit Erwachsenen oder beim Ungeborenen durchgeführt, nicht aber mit Kindern im Schulkindalter. Dennoch kann man davon ausgehen, dass ein Mangel an Folsäure eine häufige, aber verborgene Ursache für verschiedene milde und schwere psychische Probleme bei Kindern ist. Eine Vielzahl von neurologischen Symptomen ist mit Folsäuremangel verbunden. Die medizinische Forschungslage lässt vermuten, dass dieses Vitamin sowohl im Zusammenhang mit geringfügigen Störungen als auch mit z.B. ernsthaften Depressionen, Erinnerungsverlust und sogar Autismus und Aufmerksamkeitsstörungen bei Kindern steht. [Loidl, 2002]

Angeborener Mangel führt bei Neugeborenen und Kindern unter anderem zu Entwicklungsverzögerung, intellektueller Minderbegabung, aber auch zu Verhaltensauffälligkeiten und psychischen Problemen, wie Depressionen und Gedächtnisstörungen.

Folate sind vermutlich auch deshalb von großer Bedeutung für die kindliche Entwicklung des Gehirns, da sie an der Nucleotidsynthese, dem DNA-stoffwechsel und der Transkription beteiligt sind. Genetisch bedingte Defekte des Folsäuremetabolismus sind mit genereller geistiger Retardierung verbunden. [Benton, 2008]

Höhere Folsäurespiegel im Blut waren in Studien mit besseren Ergebnissen bei den globalen kognitiven Funktionen und der psychomotorischen Geschwindigkeit verbunden, nicht aber mit der Gedächtnisleistung. Derzeit ist noch nicht geklärt, ob Folat die kognitive Leistungsfähigkeit aufgrund direkter Einwirkung auf das

Gehirngewebe oder durch vaskuläre (Verminderung des vaskulären Risikos) Mechanismen, beeinflusst. [de Lau et al., 2007]

Auffallend ist die Kombination von erhöhtem Homocystein- und erniedrigtem Folsäurespiegel. Homocystein fördert Gefäßverengungen und steigert die Inzidenz von Schlaganfällen und Herzinfarkten. Zudem übt es direkte neurotoxische Effekte auf das ZNS aus. Erhöhte Homocysteinkonzentrationen im Blut gelten als funktionaler Parameter für die unzureichende Versorgung mit B-Vitaminen. [de Lau et al., 2007] Um einen erhöhten Homocysteinspiegel zu verhindern, ist auf eine ausreichende Zufuhr von Folsäure, Vitamin B₆ und B₁₂ zu achten. [Kiefer et Zifko, 2006]

Folsäurereiche Kost sind Hülsenfrüchte und Gemüse, vor allem grünes Blattgemüse (Spinat und Salat), Spargel, Tomaten, Gurken, Avocados, Mandeln, mit Vitaminen angereicherte Frühstücksflocken, aber auch Leber [Carper, 2000; Kiefer, 2006; Elmadfa, 2009]

Vitamin B₁₂ (Cobalamin)

Vitamin B₁₂ ist wie Folsäure am Homocysteinstoffwechsel beteiligt und gemeinsam mit Vitamin B₆ für die Bildung von Blutkörperchen und Myelin im Gehirn und Rückenmark von Bedeutung.

Vitamin B₁₂ existiert in den Formen Adenosylcobalamin und Methylcobalamin und ist als Cofaktor an zwei enzymatischen Reaktionen beteiligt, die den Myelinbildungsprozess beeinflussen. 5'-Desoxyadenosylcobalamin wird für die Umlagerung von Methylmalonyl-CoA zu Succinyl-CoA gebraucht und ist somit am Abbau von Propionsäure beteiligt, die beim Abbau von ungeradzahligen Fettsäuren entsteht. Eine Anhäufung von Propionyl-CoA führt zu einer vermehrten Synthese von unüblichen C₁₅ und C₁₇-Fettsäuren, die in die Nervenscheiden eingebaut werden, und so den Einbau von Ethanolamin, Phospholipiden und Sphingomyelin verhindert.

Methylcobalamin wird von der Methionin-Synthetase benötigt, die die Remythelierung von Homocystein zu Methionin katalysiert. Das dabei entstehende Methionin wird in weiterer Folge zu S-Adosylmethionin (SAM) metabolisiert, welches durch Abgabe der Methylgruppe zu S-Adosylhomocystein wird. Homocystein wird durch Hydrolyse regeneriert. SAM ist der Methyldonator, der für viele Reaktionen gebraucht wird, die

für das normale Funktionieren des Gehirns von Bedeutung sind. Die Umwandlung von Phosphatidylethanolamin zu Phosphatidylcholin ist z.B. für die Myelinisierung bzw. bei unzureichendem Vorhandensein von SAM für die Demyelinisierung verantwortlich.

Sämtliche Methylierungsfunktionen des Körpers die z.B. an der Protein-, Fett- und Neurotransmittersynthese im Zentralnervensystem teilhaben, sind durch einen Mangel an SAM eingeschränkt. Ein Mangel beeinträchtigt die Phospholipidsynthese, die DNA-Synthese, und den Metabolismus von Neurotransmittern wie den der Monoamine und Melatonin. Folat- und B₁₂-Mangel beeinträchtigen sämtliche Methylierungsvorgänge im Gehirn und ZNS, weshalb es zu kognitiven Dysfunktionen kommen kann. [de Lau et al., 2007]

Erhöhte Homocysteinspiegel und erniedrigte Methioninspiegel durch Vitamin B₁₂- und Folsäuremangel haben aber wie gesagt, nicht nur neurotoxische sondern auch vasotoxische Auswirkungen.

Die gegenwärtige Literatur beschäftigt sich vorwiegend mit den neurodegenerativen Erkrankungen bei Älteren, weniger mit den Einflüssen auf das Gehirn von Kindern. [Black, 2003; Burger, 2005] Bei älteren Menschen mit und ohne Demenz ist ein hoher Homocysteinspiegel mit einer schlechteren Leistung verbunden, insbesondere kommt es zu einer Verminderung der psychomotorischen Reaktionsfähigkeit. Bezüglich der Gedächtnisstörungen konnten Studien aus den Niederlanden zeigen, dass vor allem die Geschwindigkeit der Gedächtnisprozesse und die Reaktionsfähigkeit herabgesetzt sind. [Kiefer et Zifko, 2006]

Es wird aber vermutet, dass bereits ein geringer Vitamin B₁₂-Mangel die kognitive Entwicklung von Kindern beeinträchtigt. [Dror et Allen, 2008] In Beobachtungsstudien zeigten Kinder mit Vitamin B₁₂-Mangel längere Reaktionszeiten bei neuropsychologischen Tests, die die Wahrnehmung, die Erinnerung und das logische Denken erfassen, sowie gehäuft generelle akademische Schwierigkeiten und Verhaltensauffälligkeiten. [Black, 2003]

Schwerer Vitamin B₁₂-Mangel manifestiert sich bei Kleinkindern in vielen neurologischen Symptomen, die Reizbarkeit, mentale und körperliche Retardierung, Apathie und Anorexie beinhalten. [Dror et Allen, 2008]

Die dahinterstehenden Mechanismen, die für die Symptome verantwortlich sind, werden in der verzögerten Myelinisierung oder Demyelinisierung der Nervenzellen, in Veränderungen des Homocysteinestoffwechsels, einem gestörten Gleichgewicht der neurotrophen und neurotoxischen Cytokine, sowie in der Ansammlung von Laktat im Gehirn vermutet. Eine weitere Theorie für die pathophysiologische Erklärung eines Vitamin B₁₂-Mangels ist die Beeinflussung der Cytokine und Wachstumsfaktoren, die in den Gliazellen des Zentralnervensystems gebildet werden. Manche Cytokine wie der Tumornekrosefaktor- α (TNF- α) wirken schädigend auf das Gehirn, indem sie die Demyelinisierung fördern, während andere wie der Epidermal Growth Factor (EGF) stimulierend auf die Nervenzellen einwirkt. Vitamin B₁₂-Defizite und die reduzierte Verfügbarkeit von SAM aufgrund der beeinträchtigten Methionin-Synthetase-Aktivität, haben im Tierversuch die Syntheserate von TNF- α im ZNS ansteigen lassen. Geraten die Konzentrationen von neurotoxischen und neurotrophen Cytokine aus eben genannten Gründen aus dem Gleichgewicht, könnte das die Ursache für manche neurologischen Störungen darstellen. Zuletzt genannt wird die durch die Magnetresonanztomographie festgestellte Anhäufung von Laktat im Gehirn, die aufgrund metabolischer Störungen im Energiestoffwechsel, auftritt. Vermutet wird eine Zunahme der anaeroben Glykolyse im Gehirn, aber die dahinterstehenden Mechanismen wurden bisher noch nicht geklärt. [Dror et Allen, 2008]

Die stagnierende und rückläufige geistige Entwicklung durch den Mangel, kann durch Gaben behandelt werden, wenn auch mit langfristigen Schädigungen gerechnet werden muss. Nach wenigen Monaten zeigen sich Verbesserungen in der zerebralen Atrophie und der Myelinisierung. [Dror et Allen, 2008]

Vitamin B₁₂-reich sind fast ausschließlich tierische Produkte wie Innereien, Fleisch, Fisch, Eier und Milch. Vitamin B₁₂ wird ausschließlich von Mikroorganismen synthetisiert und wird daher vom Menschen primär über tierische Lebensmittel aufgenommen. In pflanzlichen Lebensmitteln kommt es nur vor, wenn diese durch Mikroorganismen fermentiert werden. Vergorene Lebensmittel wie Sauerkraut und Bier enthalten aber nur verhältnismäßig geringe Vitamin B₁₂-Mengen. [Elmadfa, 2009; Kiefer, 2006]

Vitamin C

Vitamin C ist vor allem durch seine antioxidative Leistung bekannt: einerseits fängt es aggressive Sauerstoffverbindungen ab und schützt so die Zellen vor Beschädigung durch freie Radikale, andererseits regeneriert es Vitamin E durch Elektronenübertragung. Ascorbinsäure reduziert Eisen, wodurch im Darm die Absorption von Eisen verbessert wird. [Elmadfa, 2009]

Im Bezug auf die Gehirnfunktionen spielt es eine wichtige Rolle als Cofaktor bei der Hormon- und Neurotransmitterbildung (Katecholamine wie Noradrenalin und Dopamin sowie Nebennierenrindenhormone wie Cortisol), denn Ascorbinsäure ist Cofaktor bei der Hydroxylierung von Dopamin zu Noradrenalin. Wissenschaftler haben erst vor kurzem entdeckt, dass Vitamin C problemlos die Blut-Gehirn-Barriere durchläuft und im Gehirngewebe in hohem Maß konzentriert ist. [Carper, 2000]

Laut einer Studie sorgen lebenslänglich hohe Plasmakonzentrationen der Antioxidantien Vitamin C, α -Tocopherol und β -Carotin für ein besseres Gedächtnis im hohen Alter. Die Gedächtnisleistung wurde mit dem antioxidativen Status aus Blutproben verglichen, die 22 Jahre zuvor abgenommen worden waren. Dabei wird deutlich, dass die Teilnehmer, welche die höchsten antioxidativen Blutwerte aufwiesen, damals wie auch heute bei Tests des Erinnerungsvermögens, der Erkennung von Mustern und verbalen Fähigkeiten am besten abschnitten. Hohe Konzentrationen von Antioxidantien im Blut, sind demnach ein Mittel für die Prognose des Zustandes des Erinnerungsvermögens nach zwei Jahrzehnten. [Perrig et al., 1997]

Umgekehrt erhöht ein subklinischer Mangel an Vitamin C die Wahrscheinlichkeit einer beeinträchtigten intellektuellen Funktion bei älteren Menschen. Eine hohe Zufuhr von Vitamin C schützt sowohl vor kognitiver Beeinträchtigung als auch vor Gefäßkrankheiten des Gehirns. Ein Großteil des geistigen Verfalls im Alter hat seine Ursache in Gefäßkrankheiten. [Carper, 2000]

Vitamin C-reiche Lebensmittel sind frisches Obst und Gemüse, insbesondere Zitrusfrüchte, Hagebutten, Sanddorn, Petersilie und Brunnenkresse. Gute Quellen sind zudem Paprika und Kartoffeln. [Kiefer, 2006; Elmadfa, 2009]

Tabelle 3: Empfohlene Nährstoffzufuhr für Kinder und Jugendliche (4-19 Jahre) pro Tag

Nährstoff	Tägliche Zufuhrmengen
Protein	0,9 g/kg/Tag
n-6 Fettsäuren	2,5% der Energiezufuhr
n-3 Fettsäuren	0,5% der Energiezufuhr
Eisen	8-15 mg
Jod	100- 200 µg
Zink	3-10 mg
Vitamin B ₁	0,8-1,4 mg
Vitamin B ₆	0,5-1,6 mg
Folsäure	300-400 µg
Vitamin B ₁₂	1,5-3 µg
Vitamin C	70-100 mg

Quelle: mod. nach [DACH, 2000]

2.6.3 Antioxidantien und Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe

Das Gehirn ist sowohl von einer guten Durchblutung und somit gesunden Gefäßen als auch von wichtigen Inhaltstoffen im Blut, welche im Wesentlichen durch unsere Ernährung beeinflusst werden, abhängig. Diese beiden Faktoren – Durchblutung und Inhaltsstoffe des Blutes- sind der Schlüssel für eine nicht nur momentane gute Leistungsfähigkeit des Gehirns, sondern auch für eine möglichst lange Erhaltung seiner optimalen Leistungsfähigkeit. [Kiefer et Zifko, 2006]

Von großer Bedeutung für die optimale Leistungsfähigkeit ist die Sauerstoffzufuhr. Das erwachsene Gehirn benötigt 75 Liter Sauerstoff/Tag, das macht etwa 40% des Sauerstoffbedarfs des gesamten Organismus aus. [Kiefer et Zifko, 2006] Aufgrund der hohen metabolischen Rate, des hohen Sauerstoffverbrauchs und des hohen Gehalts an leicht oxidierbaren Substanzen wie den ungesättigten Fettsäuren, ist das Gehirn deshalb auch mehr als andere Organe dem Angriff von freien Radikalen ausgesetzt. [Gómez-Pinilla, 2008]

Dies alles sind Risikofaktoren für die Entstehung von *oxidativem Stress*, der auf lange Sicht der Grund für die Schädigung von Nervenzellen und dem Gehirn ist, das empfindlicher als alle anderen Organe auf freie Radikale reagiert. Die mehrfach ungesättigten Fettsäuren in den Zellmembranen sind besonders der Lipidperoxidation ausgesetzt. Durch den enormen Energieumsatz entstehen von Haus aus viel mehr freie Radikale als in anderen Organen, jedoch befinden sich hier niedrigere Antioxidantienkonzentrationen als in anderen Geweben. [Kiefer et Zifko, 2006]

Zu den endogenen Antioxidantien zählen viele Enzyme, aber auch Proteine wie Cystein und Histidin oder das Coenzym Q10. Zu den exogenen Antioxidantien, die man über die Ernährung zu sich nehmen kann, zählen Vitamin E, Vitamin C, Carotinoide, Vitamin B₂, Niacin, Selen, Zink, Mangan und eine Reihe von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen wie Polyphenole, Flavonoide, Phytoöstrogene, Sulfide und Phytinsäure. [Kiefer et Zifko, 2006]

Carotinoide zählen zu den meist verbreiteten natürlichen Farbstoffen, welche man in vielen Früchten und Gemüsesorten findet.

Unter 1400 älteren Frauen und Männern waren die mit dem höchsten Carotinoidgehalt im Blut die leistungsfähigsten. Sie schnitten in Tests in den Kategorien „logisches Denken“ und „visuelle Wahrnehmung“ 35-40% besser ab als die mit den niedrigsten Carotinoidwerten. Auf lange Sicht gesehen bewirken die hohen Carotinoidkonzentrationen eine höhere Leistungsfähigkeit des Gehirns, indem sie Neuronen vor altersbedingten Schädigungen durch freie Radikale schützen. [Carper, 2000]

Flavonoide findet man in Beeren, Zitrusfrüchten, Trauben, Zwiebeln, Äpfeln, Tomaten, Kohlgemüse, Sojabohnen, Vollkorngetreide, Kakao, dunkler Schokolade, grünen Tee u.v.m.

Flavonole gehören zu der Gruppe der Flavonoide und werden zu den wasserlöslichen Pflanzenfarbstoffen gezählt, die in vielen Früchten, Kakao, Bohnen und auch im Ginkgo biloba-Baum anzutreffen sind. In vitro zeigen Flavonole erwiesene antioxidative Effekte, die in vivo aufgrund der viel komplexeren Wirkung noch nicht vollständig untersucht werden konnten. [Gómez-Pinilla, 2008]

Quercetin, ein Flavonol, das aus Äpfeln, Quitten, Zwiebeln und Ginkgoblättern extrahiert werden kann, ist ein besonders guter Radikalfänger und kann so vor Erkrankungen des Gehirns schützen. Im Tierversuch kommt es nach der Einnahme zu einer verbesserten Lern- und Gedächtnisleistung bei Nagetieren, die einen Hirnschlag erlitten hatten.

Supplementation mit Epicatechin, einem Flavonol im Kakao, das die Blut-Hirn-Schranke passieren kann, vermehrt in Mäusen die Neuronendichte und Angiogenese(Kapillarbildung) im Gehirn, und verbessert auf diese Weise die hippocampus-abhängige Erinnerung. [Gómez-Pinilla, 2008]

Phenolsäuren sind in Beeren, Äpfeln, Zitrusfrüchten, Kartoffeln, Nüssen, Blattsalaten, grünem und schwarzem Tee enthalten. In Soja und Sojaprodukten, Rotklee, Hülsenfrüchten, Vollkorngetreide, Kohl und Leinsamen sind *Phytoöstrogene* enthalten. Sulfide können über Zwiebeln, Lauch, Knoblauch, Schnittlauch und Schalotten gut aufgenommen werden. Die besten Quellen für *Phytinsäuren* sind Vollkorngetreide, Ölsaaten und Hülsenfrüchte. Auch der Farbstoff *Curcumin* im Curry steigert die Produktion körpereigener Antioxidantien und schützt so Nervenzellen und wirkt in manchen Studien protektiv gegen Demenzerkrankungen. [Kiefer et al., 2006] Gómez-Pinilla vermutet, dass die hohe Aufnahme von Curcumin in Indien positiv zu der niedrigen Prävalenz von Morbus Alzheimer in dieser Region beiträgt. [Gómez-Pinilla, 2008]

Leider fehlen für diese Stoffen noch genaue Angaben, in welcher Menge sie tatsächlich wirksam sind und wie viele ins Gehirn gelangen können. Es können daher keine Empfehlungen über den Bedarf und die sichere Grenze ausgesprochen werden, da die genauen Mechanismen noch nicht geklärt sind.

2.6.4 Flüssigkeit

Ein Grund für die schlechte Sauerstoffversorgung und Durchblutung des Gehirns ist z.B. eine Eindickung des Blutes durch eine zu geringe Flüssigkeitszufuhr und die dadurch verminderte Sauerstoffabgabe ans Gehirn. [Kiefer et Zifko, 2006] Neben der richtigen Ernährung und damit der ausreichenden Zufuhr von allen wichtigen Nährstoffen, spielt daher auch die Flüssigkeitszufuhr für das Gehirn und die geistige Leistung eine große Rolle.

Wasser ist für die Ernährung des Menschen essentiell. Es wird im Körper als Lösungsmittel für Nährstoffe, ihrer Metabolite und ausscheidungspflichtigen Substanzen benötigt. Es dient aber auch als Transportmittel (z.B. Blut) und zur Wärmeregulation. Gerade wasserreiche Organe, zu denen auch das Gehirn zählt, reagieren besonders empfindlich auf Wasserverlust. [Elmadfa, 2009]

Die Körperzusammensetzung und der Gesamtkörperwassergehalt von Kindern unterscheiden sich grundsätzlich von denen älterer Personen und verändern sich ständig mit dem Alter. [D'Anci et al., 2006] Der Körper eines Kindes besteht zu 70% aus

Wasser, der eines Erwachsenen im Vergleich dazu nur zu 60%. Beim Säugling liegt der Wasseranteil noch höher bei 75%. [Kiefer et al., 2006] Der Flüssigkeitsbedarf ist dabei abhängig vom Körpergewicht und deshalb im Säuglings- und Kleinkindalter am Größten. Grundsätzlich ist er bei Kindern höher als bei Erwachsenen, da die Körperoberfläche, der Wasseranteil im Körper und der Wasserstoffwechsel im Verhältnis zur Körpermasse wesentlich höher als bei Erwachsenen ist.

Alle Wasserverluste, ob in Form von Schweiß, Harn oder Stuhl müssen wieder ersetzt werden. Kinder sind aufgrund des Oberflächen-Massen-Verhältnisses den Gefahren einer Dehydratation und eines Wasserverlustes stärker ausgesetzt als Erwachsene. Die Gefahr besteht in höheren Wasserverlusten über die Haut, aber auch durch Fieber und Diarrhoe, die sich auch in Elektrolytverschiebungen manifestieren und sogar tödlich sein können. [D'Anci et al., 2006]

Kleinkinder reagieren bei Dehydratation mit Verwirrung, Reizbarkeit und Lethargie, Kinder im Schulalter mit einer Abnahme der kognitiven Leistung. [D'Anci et al., 2006] Weitere Zeichen einer nachlassenden Hirnleistung sind auch Störungen des Abstraktions- und Kombinationsvermögen sowie reduzierte Reaktionsfähigkeit. Es reduziert sich zudem die Speicherkapazität des Kurzzeitgedächtnisses. [Kiefer, 2006]

Bereits ein geringer Flüssigkeitsmangel von nur 1 bis 2% des Gesamtwassergehalts schränkt die Leistungsfähigkeit und Konzentration ein, und führt zu zerebralen Symptomen wie Müdigkeit und Kopfschmerzen, da die Hirndurchblutung vermindert wird und die Nährstoffversorgung ins Stocken gerät. Bei einem Flüssigkeitsverlust von 3% des Körpergewichtes kommt es zu Schwächegefühl, Versiegen des Speichelflusses und einer deutlichen Einschränkung des Harnvolumens. Bei einer Abnahme des Körperwassergehaltes von 6-10% hat man Schwindelgefühle, Kopfschmerzen, eine erhöhte Blutkonzentration und sehr oft Kribbeln in den Armen, die körperlichen und geistigen Fähigkeiten sind stark eingeschränkt. Ein Flüssigkeitsverlust von 15-20% des Körpergewichtes kann tödlich sein. [Kiefer et Zifko, 2006]

Besonders alarmierende Ergebnisse zeigt in der Hinsicht eine Studie, die 1994 veröffentlicht wurde und feststellte, dass ein Drittel aller britischen Schulkinder vor dem Unterricht in der Früh nichts getrunken hatten, was bedeutet, dass diese mehr als 12 Stunden ohne Flüssigkeitszufuhr waren. [Box et Landman, 1994]

Untersucht man die Literatur hinsichtlich des Einflusses einer milden Dehydratation auf die kognitive Leistungsfähigkeit, so bemerkt man Änderungen im Bereich der Konzentrationsfähigkeit, der Wachsamkeit und des Kurzzeitgedächtnisses. [Taylor et al., 2005; Cian et al., 2000]

Bar-David et al. (2005) teilte 10 bis 12-jährige Schulkinder je nach ihrem Dehydratationsstatus in zwei Gruppen ein und führte am Morgen und später am Nachmittag leistungsüberprüfende Tests mit ihnen durch. Am Morgen des Testtages konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden. Am Nachmittag jedoch konnten die Schüler mit gut gefüllten Wasserspeichern signifikant bessere Testergebnisse erzielen, vor allem bei den Tests, die die sprachlichen Fertigkeiten untersuchten und beim Test zur Überprüfung des Kurzzeitgedächtnisses. [Bar-David et al., 2005]

Die Studienergebnisse schwanken im Wirkungsgrad und dem kognitiven Bereich, den die Dehydratation beeinflusst. Jedoch gibt es auch randomisierte Kontrollstudien, in denen die kognitive Leistungsfähigkeit trotz milder Dehydratation unverändert blieb oder sich sogar verbesserte. [Szinai et al., 2005; Taylor et al., 2005]

D'Anci et al. erklären sich den Einfluss des Hydrationsstatus auf das Gehirn in einer Mangeldurchblutung des Gehirn, infolge der Abnahme des Plasma- und Extrazellulärvolumens. Eine Austrocknung führt außerdem zu einer Störung im Elektrolythaushalt und kann sich neben anderen Symptomen auch in Kopfschmerzen äußern. Hirnsubstanz und Nervenzellen bestehen zu einem Großteil aus Wasser und sind auf einen regelmäßigen Flüssigkeitsaustausch angewiesen.

Außerdem werden bei Dehydratation Stresshormone (Glucocorticoide) wie Cortisol ausgeschüttet. Ein hoher Cortisollevel kann beim Menschen die kognitive Leistungsfähigkeit beeinträchtigen, weil es zu einer Atrophie der Neuronen im Hippocampus kommen kann. Adiuretin (Vasopressin), das bei Wasserverlust von der Neurohypophyse sekretiert wird und das Durstgefühl erzeugt, wirkt hingegen stimulierend und könnte möglicherweise die kognitive Leistung positiv beeinflussen.

Im Tierversuch konnte auch ein Anstieg von Glutamat und GABA bei verminderten Wasserressourcen festgestellt werden, was einerseits zu einer Erhöhung der gesamten neuronalen Aktivität führte und andererseits auch die Aktivität der stimulierenden (Glutamat) und inhibierenden (GABA) Neurotransmitter steigerte. Je nach Lokalisation

und Art der jeweiligen Rezeptoren, zeigten diese Neurotransmitter im Tierversuch positive Auswirkungen auf bestimmte Kognitionen wie das Erinnerungs- und das räumliche Denkvermögen. [D'Anci et al., 2006]

2.7 Die richtigen Lebensmittel für das Gehirn

2.7.1 Gemüse

Gemüse sollte der wesentliche Bestandteil der Hauptmahlzeiten sein. Es ist der wichtigste Lieferant von Vitamin C, Vitamin A, Folsäure, Vitamin B₆ sowie den sekundären Pflanzeninhaltsstoffen (z.B. Carotinoide, Phytosterine, Phytoöstrogene), denen antikanzerogene, antimikrobielle oder immunmodulierende Eigenschaften zugeschrieben werden. [Kiefer et al., 2006]

Eine hohe antioxidative Kapazität und somit Langzeitschutz gegen kognitive Leistungseinbußen, zeigen folgende Gemüsesorten auf: Kartoffeln, Tomaten, Salat, Knoblauch, Kohl, Spinat, Brokkoli, Avocados, Paprika, Bohnen und Zucchini. [Carper, 2000]

Kartoffeln sind wichtige Stärkelieferanten. Stärke besteht aus einer Vielzahl zusammengesetzter Glukosemoleküle und bringt wie jeder Einfachzucker schnelle Energie. Gemeinsam mit Nudeln und Reis sollten Kartoffeln der Hauptbestandteil warmer Mahlzeiten in der Kinderernährung sein. Kartoffeln enthalten zusätzlich hochwertiges Protein, Mineralstoffe (z.B. Zink, Magnesium, Kalium und Phosphor) und Vitamine wie Vitamin C und B₁, wodurch ihre antioxidative Kapazität erklärt wird. Sie sind außerdem Ballaststofflieferanten und reich an Vitamin B₆ und Niacin. [Kersting et al., 2003]

Hülsenfrüchte wie Linsen, Bohnen, Erbsen und Sojaprodukte besitzen Proteine mit einer besonders hohen biologischen Wertigkeit. Zudem sind sie besonders gute Quellen für Vitamine (Folsäure, B₁, etc.), Mineralstoffe (Eisen) und sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe. Hülsenfrüchte als eine gute Quelle komplexer Kohlenhydrate, lassen den Blutzuckerspiegel nur langsam und weniger stark ansteigen, und versorgen den Körper und das Gehirn über einen langen Zeitraum konstant mit Energie, da die Kohlenhydrate im Verdauungstrakt erst durch Enzyme gespalten werden müssen.

Komplexe Kohlenhydrate findet man außerdem in Vollkorngetreide, Reis, Vollkornteigwaren, ungesüßtem Müsli und Frühstückscerealien, frischem Gemüse und vielen Obstsorten wie Äpfeln, Birnen, Orangen und Mandarinen.

Soja und Sojaprodukte wie Sojamehl, Sojasprossen, Sojanüsse, sowie Tofu enthalten reichlich Lecithin, viele wichtige Aminosäuren, die für den Aufbau von Neurotransmittern benötigt werden und haben eine günstige Fettzusammensetzung.

Tomaten zeichnen sich durch ihren hohen Vitamin- und Antioxidantiengehalt aus. Sie enthalten Lycopin, das das stärkste Antioxidans unter den Carotinoiden darstellt und weitere wertvolle Mikroährstoffe, darunter Folsäure, den Vitamin-B-Komplex, Vitamin C und die Minerale Eisen und Kalium. Aufgrund ihres hohen Tryptophangehalts können sie wesentlich zur Serotoninsynthese beitragen.

2.7.2 Obst

Gemeinsam mit Gemüse ist Obst der wichtigste Lieferant für Vitamin C, Vitamin A, Folsäure und Vitamin B₆ sowie den sekundären Pflanzeninhaltsstoffen.

Alle Obstsorten sind als Gehirnnahrung zu empfehlen, aber besonders wertvolle Inhaltsstoffe für das Gehirn enthalten: Äpfel, Zitrusfrüchte, Heidelbeeren, Ribiseln, Brombeeren, Holunder, Himbeeren, Erdbeeren, Bananen, Marillen, rote Weintrauben, Kiwis, Pflaumen, Ananas und Mangos. [Kiefer et al., 2006] Eine sehr hohe Antioxidantienkonzentration - und somit Schutzfaktor vor Schädigungen von Nervenzellen - weisen folgende Früchte auf: Äpfel, Orangen, Bananen, Blaubeeren, Brombeeren, Preiselbeeren, Erdbeeren, Himbeeren, Pflaumen, Kirschen, rote Weintrauben, Kiwis, Marillen, Pfirsiche und alle Arten von Trockenfrüchten (Dörrpflaumen, Rosinen etc.). [Carper, 2000]

Äpfel sind wahre Antioxidantienbomben und reich an Vitamin C. Äpfel sind die ideale Pausenverpflegung oder Snack zwischendurch. Äpfel aber auch Kiwis enthalten reichlich Vitamin B₆, das die Gehirntätigkeit anregen und Stimmungstiefs vertreiben soll. Äpfel sind wie Bananen ideal für zwischendurch. Sie versorgen den Organismus mit wertvollen Nährstoffen und haben einen geringen Energiegehalt. Frisches Obst oder knackiges Gemüse sollen den Pausenimbiss daher täglich ergänzen, denn sie sind neben Brot auch wichtige Ballaststofflieferanten. [ÖGE, 2002]

Beeren sind für ihre hohe antioxidative Kapazität bekannt, wobei nur wenige ihrer Inhaltsstoffe separat bewertet wurden. In der Literatur genannt werden Procyanidin und Prodelphinidin, zwei Tannine, Anthocyane und Polyphenole. Es ist noch nicht ganz klar, wie Beerenextrakte die neuronale Plastizität und die Kognitionen beeinflussen können, aber die Wirkungen, die man vor allem durch Tierversuche feststellen konnte, scheint auf die Erhaltung der metabolischen Homöostase zurückzuführen sein, da sie als Antioxidantien die Zellmembranen vor der Lipidperoxidation schützen und die synaptische Plastizität beeinflussen. [Gómez-Pinilla, 2008] Besonders Heidelbeeren werden in der Literatur hervorgehoben. Ihr blauer Farbstoff (Anthocyane) sind ein wertvoller Schutzstoff für das Gehirn. Er fördert laut aktuellen wissenschaftlichen Studien die Informationsübertragung zwischen den Nervenzellen im Gehirn und hilft so mit, die geistige Leistungsfähigkeit zu steigern. Bei älteren Menschen kann eine Portion Heidelbeeren am Tag nachweislich die Reaktionsfähigkeit verbessern. [Kiefer et Zifko, 2006]

2.7.3 Nüsse, Samen und Kerne

Samen und Nüsse enthalten eine besonders gute Fettzusammensetzung und reichlich Vitamine und Mineralstoffe. Nüsse sind aufgrund der mehrfach ungesättigten Fettsäuren und des Vitamin E besonders wesentlich für das Gehirn. Unter den Nüssen haben *Walnüsse* den höchsten Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Zusätzlich macht der hohe Gehalt an B-Vitaminen Nüsse zum perfekten Brainfood. Sie erhöhen Konzentration und Lernfähigkeit, stärken Gedächtnis und Nervenfunktion. Zu empfehlen sind Walnüsse, Erdnüsse, Mandeln, Pistazien, Kürbiskerne, Sonnenblumenkerne, Sesam und Mohn. [Kiefer et Zifko, 2006]

Erdnüsse, Mandeln und Walnüsse enthalten Folsäure; Mandeln haben besonders viel Vitamin E und Kürbiskerne haben neben den wichtigen Fettsäuren und fettlöslichen Vitaminen auch noch einen hohen Gehalt an Magnesium. Das Problem stellt der hohe Fettgehalt dar, deshalb sind kleine Mengen (z.B. 3 Stück Walnüsse pro Tag) ausreichend, um die empfohlene Energiezufuhr nicht zu überschreiten. [Kiefer et Zifko, 2006]

2.7.4 Getreide und Getreideerzeugnisse

Getreide und Getreideprodukte wie Getreideflocken, Müsli, Brot, Gebäck, Reis und Teigwaren sind wichtige Kohlenhydratquellen für das Kind. In Form von Vollkorn sind sie reich an Ballaststoffen, Vitaminen und Mineralstoffen und stellen eine wesentliche Quelle unserer Vitaminversorgung dar. Aufgrund der hohen Nährstoffdichte in den Randschichten des Korns, sollte mindestens die Hälfte der aufgenommenen Getreidemenge aus Vollkornprodukten bestehen. [Kersting et Schöch, 1996]

Letztere sind insbesondere durch den Gehalt der wasserlöslichen Vitamine der B-Gruppe und durch das fettlösliche Vitamin E in seinen verschiedenen Modifikationen gekennzeichnet. Vitamin A ist im Getreide in Form des Provitamins Carotin, ebenso wie Vitamin C und D nur geringen Mengen enthalten. Die in der Literatur angeführten Werte für den Vitamingehalt der Getreidearten zeigen eine große Schwankungsbreite, was mit Sorte, ökologischen Bedingungen, Lagerung, Trocknung usw. begründet wird. [Loidl, 2002]

Eltern sollten darauf achten, dass täglich mindestens ein Getreideprodukt auf dem Speiseplan steht, z.B. Reis als Beilage oder ein Vollkornbrötchen als Pausenbrot. Gute Kohlenhydratquellen sind *Vollkornbrot*, -brötchen, *Schwarzbrot*, Pumpernickel und Grahambrot, Vollkornteigwaren, Natur- und Basmatireis als Beilage, *Müsli* ohne Zucker und Schokolade, ungesüßte Müsliriegel, Getreideflocken (Hafer-, Dinkel-flocken), Bulgur, Vollkorn Grieß, aber auch Weizenkeime. [Kiefer et al., 2006]

In der Literatur werden vor allem Hafer, Gerste und Dinkel als wertvolle Gehirnnahrung hervorgehoben. Hafer ist besonders reich an B-Vitaminen, vor allem Thiamin, Magnesium und Cholin und enthält zudem eine Reihe von essentiellen Aminosäuren, z.B. Tyrosin, die Vorstufe von Dopamin. Hafer beeinflusst die geistig-nervliche und körperliche Leistungsfähigkeit und lässt Kinder entspannter auf Stressreize reagieren. *Haferflocken* sollten deshalb täglich auf den Speiseplan, z.B. als Basis für das Frühstücksmüsli. Dinkel enthält auch viele Vitamine, Mineralstoffe und Spurenelemente. Das im Keimling enthaltene Fett kräftigt die Myelinscheiden der Nervenzellen. [Kiefer et al., 2006]

Ein ballaststoffreiches Frühstück wie beispielsweise Flocken aus Weizen, Roggen, Hafer usw. verhindert bereits nach einer Woche des regelmäßigen Konsums Ermüdungserscheinungen.

Im Hinblick auf Gehalt und biologische Wertigkeit des Proteins nimmt das *Frischkornmüsli* eine sehr günstige Stellung ein, und zwar durch die Kombination von Getreide mit Milch, aber auch durch den Zusatz von Nüssen und ähnlichem. Müsli aus unerhitztem Vollkorn bewirkt trotz hohem Kohlenhydratgehalt einen signifikant langsamen und niedrigen Anstieg des Blutzuckerspiegels. Als Müsli-Flüssigkeiten bieten sich neben Milch und Joghurt auch Kefir, Molke, Obstsaft sowie auch Mineralwasser und Kräutertee an. [Lechner, 1989]

Beachtet werden muss, dass viele fertige Müsli-Mischungen stark gezuckert oder mit Honig oder Schokolade gesüßt sind, und aufgrund ihrer Verarbeitung und Zutaten eher zu den Süßigkeiten als zu den Getreideprodukten zu zählen sind. [Kersting et Schöch, 1996]

Unter *Frühstückscerealien* versteht man eine ganz bestimmte Art von Getreideprodukten, die besondere Eigenschaften bei der Herstellung und Verwendung aufweisen. Allen Artikeln dieses Marktsegmentes gemeinsam ist, dass es sich um tischfertige Getreideprodukte handelt, die hauptsächlich ohne weitere Zubereitung aus der Packung heraus, unter Zugabe von Flüssigkeit wie Milch und Obstsaft aber auch Joghurt u.a. konsumiert werden. Getreidefrühstückskost ist in erster Linie thermisch behandeltes Getreide auf Basis von Vollkorn. Als Rohstoff verwendet werden Getreidesorten wie Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Mais, Hirse und Buchweizen, aber auch Dinkel und Soja werden verarbeitet. Heute findet sich eine Vielzahl von Produkten dieser Art auf dem Markt, die nicht nur rein äußerlich, sondern auch in Geschmack, Zusammensetzung, Konsistenz und Verwendung untereinander stark variieren. [Lechner, 1989]

2.7.5 Tierische Produkte

Zur Gruppe der „tierischen Produkte“ werden u.a. neben rotem Fleisch und dessen Produkten auch Geflügel und Geflügelprodukte, Innereien, Fisch und Meeresfrüchte, sowie Eier gezählt. Tierische Produkte sollen laut den Richtlinien der Optimierten Mischkost des Forschungsinstituts für Kindernährung Dortmund nur mäßig verzehrt

werden, das heißt sie sollten rund 17% der täglich aufgenommenen Energie liefern. [Kersting et Schöch, 1996]

2.7.6 Milch und Milchprodukte

Milch, Joghurt, Buttermilch, Sauermilch, Topfen, Käse, Frischkäse und andere Milchprodukte gelten aufgrund ihrer Nährstoffdichte als besonders hochwertige Lebensmittel in der Kinderernährung. Sie stellen sicher, dass Kinder und Jugendliche genügend Kalzium erhalten, versorgen den Organismus mit biologisch hochwertigem Eiweiß und liefern daneben wichtige Beiträge für die Zufuhr von Vitamin B₂, Phosphor, Jod und Zink. Da sich Kinder und Jugendliche, genauso wie Erwachsene, gegenwärtig zu fettreich ernähren, sollten fettärmere *Milch* und Milchprodukte bevorzugt werden. [Kersting et Schöch, 1996] Der empfohlene Milchkonsum für Kinder (mindestens ½ Liter) soll über den Tag verteilt werden. [Hörmanseder, 1991]

Käse liefert in kleineren Mengen mehr Kalzium als Milch, z.B. enthält 30g Schnittkäse genauso viel Kalzium wie 200g Milch. Bezogen auf das gegenwärtige Thema ist besonders der hohe Gehalt an Tyrosin interessant, dem indirekt als Vorstufe der Katecholamine eine Verminderung der Müdigkeit, ein Einfluss auf die Gedächtnisleistung und eine stimmungsaufhellende Wirkung nachgesagt wird. [Kiefer et Zifko, 2006] Zu beachten ist, dass Käse aufgrund seines hohen Fettgehalts stark an der Zufuhr von gesättigten Fettsäuren beteiligt ist.

2.7.7 Eier

Eier besitzen einen hohen Anteil essentieller Nährstoffe, darunter die Vitamine A, D und B₁₂. Das im Ei vorkommende Protein ist das hochwertigste Nahrungseiweiß überhaupt. Nachteilig ist der hohe Cholesteringehalt im Eidotter (ca. 300mg) was der Grund ist, weshalb Eier nur 1- bis 3-mal in der Woche auf dem Speiseplan stehen sollten. [Kersting et Schöch, 1996] Allerdings ist zu erwähnen, dass österreichische Kinder und Jugendliche nur ca. 23-30% der Gesamtcholesterinaufnahme durch Eier aufnehmen und diese daher nur marginal zur Cholesterinaufnahme beitragen. [Elmadfa et al., 2009]

Mit einem durchschnittlichen Gehalt von 251 mg/ 100g Lebensmittel stellt Eigelb eines der bedeutendsten Cholinquellen dar. [Zeisel, 2004] Wie bereits erwähnt, ist Cholin für

den strukturellen Aufbau aber auch für das reibungslose Ablaufen von Signalübertragungsfunktionen von Zellmembranen unerlässlich. Cholin wird nicht nur für die Synthese von Phospholipiden, den Hauptbestandteilen von Zellmembranen, benötigt, sondern spielt auch bei vielen Prozessen des Intermediärstoffwechsels, bei der DNA-Regulierung und der Genexpression eine wichtige Rolle. Die ausreichende Verfügbarkeit von Cholin während der Schwangerschaft gewährleistet die gesunde Entwicklung des Neuralrohrs und des Gedächtniszentrums des Gehirns (Hippocampus) und beeinflusst Gehirnstruktur und -funktion. [Zeisel et Niculescu, 2006]

2.7.8 Fleisch und Fleischprodukte

Fleisch besitzt einen hohen Nährwert und trägt wesentlich zur Versorgung mit essentiellen Nährstoffen bei und hat deshalb einen festen Platz in einer ausgewogenen Ernährungsweise. Fleischportionen sind an der Protein-, Zink-, Eisen- und Niacinzufuhr beteiligt und helfen mit, dass Botenstoffe im Gehirn schneller aufgebaut werden und dass so die Aufmerksamkeit und Wachheit gefördert wird.

Fettarmes Fleisch ist für Kinder die wichtigste Eisen- und Zinkquelle, da besonders diese Mineralstoffe im Fleisch in gut verfügbaren Bindungsformen vorliegen und somit deutlich besser verwertet werden können als aus pflanzlicher Nahrung. Daneben enthält Fleisch noch Selen und die Vitamine B₁, B₆, B₁₂, A und Niacin. [Elmadfa et al., 2009]. Rote Fleischsorten wie Rind, Lamm oder Wild stellen die besten Eisenlieferanten dar. Schweinefleisch ist wiederum reich an Vitamin B₁.

Im Hinblick auf die besondere Bedarfssituation des wachsenden Organismus darf der Anteil an tierischem Eiweiß beim Kind höher als beim Erwachsenen sein. [DGE, 2000] Der Proteingehalt des Muskelfleischs weist eine hohe biologische Wertigkeit auf. Es ist besonders reich an Tyrosin und Tryptophan, die für zahlreiche Stoffwechselprozesse im Gehirn verantwortlich sind und sich besonders gut zur Steigerung der Konzentrationsfähigkeit eignen. Allerdings entscheidet - wie bereits erwähnt - das Verhältnis Kohlenhydrat zu Protein über die Intensität der Tryptophanaufnahme ins Gehirn. (vgl. Kapitel „Aminosäuren und Proteine“) Erhöhte Tryptophanspiegel sind mit einem erhöhten Erinnerungspotential verbunden, während eine niedrige Tryptophankonzentration das Gegenteil bewirkt. Zu finden sind diese beiden

Aminosäuren auch in Milch und Milchprodukten, Fisch und Hülsenfrüchten. [Kiefer et Zifko, 2006]

Nachteilig auch für die kognitive Leistungsfähigkeit ist der relativ hohe Gehalt an gesättigten Fettsäuren und Cholesterin. Fleisch liefert auch große Mengen an Energie, gesättigten Fettsäuren, Cholesterin und Kochsalz. Gemieden werden sollten fettreiche Fleischsorten aufgrund ihrer ungünstigen Fettsäurezusammensetzung, sowie gepökeltes Fleisch und Wurstwaren. Das enthaltene Pökelsalz kann den Sauerstofftransport ins Gehirn blockieren. Insbesondere Wurstwaren sind oft sehr fettreich und tragen somit zum Risiko erhöhter LDL-Cholesterinwerte bei. [Elmadfa et al., 2009]

2.7.9 Fisch

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) e. V. empfiehlt einen regelmäßigen Verzehr von einer Portion (70 g) fettreichem und einer Portion (80–150 g) fettarmem Seefisch pro Woche. Seefische (Seelachs, Kabeljau, Scholle, etc.) sind die einzigen Lebensmittel mit einem hohen Jodgehalt. [Elmadfa et al., 2009] Mit einer Portion können 44% der Tageszufuhr bei Kindern gedeckt werden. [Kersting et Schöch, 1996]

Fette Fische, vor allem fettreiche Meeresfische (Hering, Makrele) liefern die essentiellen mehrfach ungesättigten Fettsäuren, die ω -3 Fettsäuren. [Kersting et Schöch, 1996] Entsprechend des Fettgehaltes unterscheidet man: magere Fische mit einem Fettgehalt von weniger als 1%; mittelfette Fische mit einem Fettgehalt zwischen 1 und 10% und fette Fische mit einem Fettgehalt deutlich über 10%. Zu den Magerfischen zählen Flunder, Flussbarsch, Hecht, Kabeljau, Schellfisch, Seelachs, Zander. Mittelfett sind Forelle, Karpfen und Rotbarsch und zu den Fettfischen gehören Aal, Hering, Thunfisch sowie Makrele. Je nach Reifezyklus unterliegt der Fettgehalt besonders der fetten Fische jahreszeitlichen Schwankungen. [DGE, 2006]

Tabelle 4: Fettgehalt in Prozent und ω -3 Fettsäuregehalt in mg pro 100g essbaren Anteil von ausgewählten Salz- und Süßwasserfischen

Fischzuschnitt (frisch, gegart)	Fett (%)	n-3 Fettsäuren (mg)		
		EPA	DHA	gesamt
Aal	72,6	414,0	207,0	1035,0
Hering	64,9	1129,0	1051,0	2541,0
Thunfisch	60,5	1245,0	3363,0	5091,0
Makrele	58,4	938,0	1501,0	2777,0
Sardine	34,4	638,0	795,0	1579,0
Karpfen	30,2	120,0	90,0	367,0
Forelle	20,9	130,0	389,0	717,0
Scholle	19,2	159,0	170,0	398,0
Kabeljau	8,0	89,0	189,0	288,0
Barsch	6,6	38,0	76,0	136,0
Zander	5,8	35,0	70,0	125,0
Flunder	3,8	415,0	322,0	884,0

Quelle: mod. nach [DGE, 2006]

Fisch ist außerdem eine gute Eiweißquelle und enthält weitere wichtige Nährstoffe wie die B-Vitamine, Vitamin A sowie Vitamin D als Antioxidantien, Zink, Fluor und Selen. [Kiefer et al., 2006]

Laut Österreichischen Ernährungsbericht liegt der Konsum von Fisch nach wie vor unter den Richtwerten, weshalb eine Erhöhung der Zufuhr wünschenswert wäre, vor allem von mittelfetten und fetten Fischen, da diese die ernährungsphysiologisch wertvollen Fettsäuren Eicosapentaensäure und Docosahexaensäure enthalten. [Elmadfa et al., 2009]

2.7.10 Süßwaren

Glukose ist die Hauptenergiequelle des Gehirns und muss ständig über die Blutbahn ins Gehirn transportiert werden, weil das Gehirn keine Glykogenspeicher besitzt. Raffinierte, industriell verarbeitete Kohlenhydrate wie *Saccharose* bestehen aus kurzen Molekülketten, die während des Verdauungsprozesses wesentlich schneller zu Glukose aufgespaltet werden. Da das Gehirn keine Glukosevorräte anlegen kann, ist es völlig von der Glukose abhängig, die ihm durch die Blutbahn zugeführt wird. Wenn der Blutglukosespiegel niedrig ist, wird das Gehirn möglicherweise nicht mehr ausreichend mit

Energie versorgt, was zur Folge hat, dass der Betroffene mit Einbußen im kognitiven Bereich zu rechnen hat. [Winter et Winter, 1988]

Eine schnelle und leicht verfügbare Kohlenhydratzufuhr wird durch den Konsum von Traubenzucker und Zucker, Honig, Weißmehlprodukten oder Mehlspeisen bzw. stark zuckerhaltigen Süßigkeiten und stark gesüßten Getränke garantiert, da diese den Körper rasch mit Energie versorgen. Bei Unterzuckerung, sportlicher Leistung und kurzer Denkanstrengung ist das durchaus sinnvoll. Kurzfristig verbessern sich Reaktionszeit und Erinnerungsvermögen, da durch den steigenden Blutzuckerspiegel wahrscheinlich höhere Mengen an Acetylcholin gebildet werden. Allerdings muss man nach einem schnellen und hohen Blutzuckeranstieg mit einer ebenso schnellen Senkung durch Insulin rechnen. Das Kind wird dadurch wieder schnell müde, die Leistung sinkt und die Konzentrationsfähigkeit nimmt ab. Generell sind starke Blutzuckerspitzen oder Blutzuckerschwankungen, wie sie durch den Verzehr von Süßwaren auftreten, eher ungünstig, denn sowohl Hyper- als auch Hypoglykämien mindern die geistige Leistungsfähigkeit. [Kiefer et al., 2006]

Alternative Süßungsmittel wie Honig, Rohrzucker, Fruchtdicksäfte oder Sirupe bieten ernährungsphysiologisch gegenüber raffiniertem Haushaltszucker trotz höherer Gehalte an Vitaminen keine wesentlichen Vorteile. [Kersting et Schöch, 1996]

Insgesamt sollten Süßigkeiten, Zuckerwaren, Gebäck und Mehlspeisen aufgrund ihres hohen Zucker- und Fettgehalts und ihrer geringen Nährstoffdichte, auch in Hinblick auf den Einfluss auf das Gehirn, eher mit Mäßigung verzehrt werden. [Kersting, 2003]

Auch Kinder-Lebensmittel, die durch kindgerechte Aufmachung, Portionierung oder Formung gekennzeichnet sind, bieten ernährungsphysiologisch in ihrer Zusammensetzung keine zusätzlichen Nutzen und ernährungsmedizinische Notwendigkeit. [Kersting et Schöch, 1996]

Lebensmittel, die über Inhaltsstoffe verfügen, die die Psyche stimulieren, werden als „Moodfood“ bezeichnet. In diesem Zusammenhang sprechen Wissenschaftler auch von „psychoaktiven Substanzen“, welche zum Teil über die Nahrung aufgenommen, direkte Effekte auf die Psyche ausüben. Sie sollen stimmungsaufhellend, anregend oder für gute Laune sorgen. Das bekannteste Beispiel für ein solches Moodfood ist Schokolade, das durch seinen hohen Tryptophanspiegel die Synthese von Serotonin ankurbelt. Bei einem

Stimmungstief lässt sich ein Serotoninmangel messen, dem durch den Konsum von Süßigkeiten entgegengewirkt werden kann. Am schnellsten steigt der Serotoninspiegel bei einer Kombination aus Tryptophan, Kohlenhydraten, v.a. Zucker und hohem Fettgehalt, was auch die Beliebtheit von Schokolade erklärt. Fachleute bezweifeln allerdings, dass die winzigen Mengen, die in Schokolade enthalten sind tatsächlich ausreichen, um eine euphorische Wirkung zu erzielen.

2.7.11 Getränke

Getränke sollten regelmäßig konsumiert werden, denn wenn Durst auftritt, besteht bereits ein Mangel im Körper. In der optimierten Mischkost sollen Getränke reichlich, aber energiearm verzehrt werden. Milch und Milchmixgetränke als Durstlöcher sind aus diesem Grund nicht geeignet und werden bei der Flüssigkeitsbilanz nicht berücksichtigt. Das gesündeste Getränk ist *Wasser*, als Leitungs- oder Mineralwasser, denn Trinkwasser ist das am besten kontrollierte Lebensmittel. Die Richtwerte für die Höhe der Gesamtzufuhr von Wasser betragen bei Schulkindern und jungen Erwachsenen etwa 250ml/MJ (ca. 1ml/kcal). [DGE, 2000] Geeignete Durstlöcher sind außerdem ungezuckerte *Früchte-* und *Kräutertees*. [Kersting et Schöch, 1996]

Limonaden, unverdünnte Fruchtsäfte oder auch Fruchtnektare haben einen hohen Anteil an Zucker und sind daher sehr energiereich, weshalb sie nur bedingt als Durstlöcher geeignet sind, genauso wie koffeinhaltige Getränke wie Cola-Getränke, schwarzer und grüner Tee und daraus hergestellter Eistee und Energy-Drinks, da diese dem Körper Flüssigkeit entziehen. [Kiefer, 2006]

Reine *Fruchtsäfte* werden zu 100% aus Früchten hergestellt, sie enthalten Vitamine und Mineralstoffe, aber auch je nach Art der Frucht bis zu 10% fruchteigenen Zucker. Um den Zuckerverzehr und damit die Energiezufuhr aus Getränken zu vermindern, sollte man reine Fruchtsäfte zum Durstlöchen mindestens 1:1 mit Wasser verdünnen.

Stark zuckerhaltige und koffeinhaltige *Colagetränke* und *Limonaden* enthalten nur noch wenig Fruchtsaft, ebenso wie Colagetränke und Malzbier stellen diese gesüßten Getränke viel Energie aus Zucker bereit, aber nur noch wenige Vitamine und Mineralstoffe, weshalb sie als Durstlöcher nicht geeignet sind, wohl aber um bestehende Hypoglykämien auszugleichen und kurzzeitig Energie bereitzustellen.

Koffein ist die am weitesten verbreitete psychoaktive (Geist und Stimmung verändernde) Droge der Welt. [Winter et Winter, 1988] Es wirkt kreislaufanregend und in geringen Mengen konzentrationsfördernd, da es die Rezeptoren des Neurotransmitters Adenosin blockiert und somit indirekt stimulierend auf das zentrale Nervensystem wirkt, indem die Ausschüttung der belebenden und aktivierenden Neurotransmitter Dopamin, Acetylcholin und Noradrenalin nicht verhindert werden kann. Zumindest kurzfristig trägt Koffein auf diese Weise dazu bei, dass man Müdigkeit überwindet und so eine Leistungssteigerung erreichen kann. Aufmerksamkeit und Konzentrationsvermögen steigen und Gelerntes kann besser abgespeichert werden. Diese Gedächtnisverbesserung kommt durch eine Anregung der „cholinergen Aktivität“ zustande, d.h. durch eine Erhöhung der Aktivität des Neurotransmitters Acetylcholin, die stattfindet, wenn das Koffein das Adenosin blockiert. [Carper, 2000]

Wirkungen treten bereits nach dem Konsum von einer Tasse Kaffee, die durchschnittlich 60-120 mg Koffein enthalten kann, ein. Die „optimale Dosis“ liegt in diesem Bereich, denn durch höhere Dosen kann die Leistungsfähigkeit des Gehirns nicht weiter gesteigert werden!

Kindern ist vom Konsum von *Kaffee* und großen Mengen *Schwarztee* abzuraten, da Koffein zu einer Abhängigkeit führen kann, die sich bei Koffeinentzug in Unwohlsein, Kopfschmerzen, Müdigkeit und Lethargie äußern kann. Bereits eine Tasse Kaffee oder Tee am Morgen, oder drei bis fünf Cola-Getränke täglich, können beim Absetzen negative Auswirkungen auf die körperliche und geistige Verfassung haben. [Carper, 2000] Größere Mengen an Koffein führen je nach Empfindlichkeit der Person zu einer vermehrten Nervosität, inneren Unruhe, Reizbarkeit und damit verbunden zu einem Verlust der Konzentrationsfähigkeit. In weiterer Folge können sich Leistungsminderung und bei regelmäßiger und lang andauernder Zufuhr Ein- und Durchschlafstörungen entwickeln.

Alkohol ist in jeglicher Form für Kinder absolut ungeeignet. Alkohol verursacht klare negative Effekte auf die kognitive Funktion, die psychomotorische Leistung, Wahrnehmung, Aufmerksamkeit und Informations-verarbeitung. [Dye et al., 2000]

2.7.12 Multivitamin-tabletten als Nahrungsergänzung

Da Fertiggerichte, Fastfood und Kantinenessen zum Teil wenig wertvolle Nährstoffe enthalten und durch Vorratshaltung und Zubereitung hitze- und lagerempfindliche Substanzen, die für den Stoffwechsel sowie für die Denk- und Gedächtnisleistung wichtig wären, verloren gehen, liegt die Vermutung nahe, dass es sinnvoll wäre, Defizite durch Nahrungsergänzungsmittel auszugleichen. Im Handel wirbt man mit Hefe, Meeralgen, Sanddorn und Fischölkapseln, die dem Organismus die fehlenden Substanzen wieder zuführen sollen. Wer sich jedoch grundsätzlich gesund und vollwertig ernährt, versorgt seinen Körper und sein Gehirn in der Regel mit allen nötigen Nährstoffen und braucht keine zusätzlichen Präparate. Innerhalb eines natürlichen Lebensmittels scheinen antagonistische Wirkungen zwischen zwei Nährstoffen weniger stark ausgeprägt zu sein, was zudem für die weitgehend „natürliche“ Zufuhr von essentiellen Mikronährstoffen spricht. [Elmadfa et Leitzmann, 1998; Lüthi, 1998]

In gewissen Lebenssituationen können Ergänzungspräparate aber sinnvoll sein, z.B. dann, wenn physische und/oder psychische Belastungen etc. den Bedarf an Nährstoffen erhöhen. Nach Stressphasen wie Prüfungen können Nahrungsergänzungsmittel empfehlenswert sein, damit die Reserven wieder aufgefüllt werden. Es sollten jedoch keine überzogenen Erwartungen in diese Präparate gesetzt werden. Die Einnahme ist nur in Verbindung mit einer vollwertigen Ernährung empfehlenswert, um Nährstoff-imbilanzen zu vermeiden. [Elmadfa, 2009; Lüthi, 1998]

Der Vitaminstatus beeinflusst die kognitive Leistung von Kindern und Jugendlichen. [Bellisle, 2004] In den 1980igern zeigten einige Untersuchungen, dass der Intelligenzquotient durch Vitaminsupplementation um einige Punkte verändert werden kann, wenn die Kinder grundsätzlich fehl- oder mangelernährt waren und Defizite einiger wichtiger Mikronährstoffe aufwiesen. Colgan et Colgan (1984) stellten fest, dass Kindern mit emotionalen Auffälligkeiten und Lernstörungen mit einer Erhöhung des IQs auf eine Multivitamin-tabletteneinnahme reagierten. Weitere Berichte kamen zu demselben Ergebnis bei britischen Schulkindern [Benton et Roberts, 1988] und amerikanischen Jugendlichen [Schoenthaler et al., 2000], während wieder andere Ergebnisse diese Theorie in Frage stellen.

Eine randomisierte Interventionsstudie von Schoenthaler et al. (2000) zeigte, dass sich Tabletten mit einer Vitamin- und Mineralstoffmischung niedriger Dosierung, positiv auf den nonverbalen IQ auswirkte, aber nur bei Kindern mit niedrigem sozioökonomischen Hintergrund. In den meisten Studien, die einen positiven Einfluss feststellen konnten, wurde ausschließlich der nonverbale nicht aber der verbale IQ verändert. Diese Kinder machten einen Sprung um neun Punkte, während die Placebo-Kinder sich lediglich um einen Punkt verbesserten.

Der günstige Effekt von Mikronährstoffsupplementation ist kein grundsätzlicher, allerdings können Subgruppen von Kindern und Jugendlichen, insbesondere die, die einen schlechten Ernährungsstatus aufweisen, von der Supplementierung profitieren.

Ersichtlich aus den Studienergebnissen in diesem Bereich, wird, dass nicht die Aufnahme bestimmter Nährstoffe an sich kognitive Leistungen verbessern, sondern dass sie im Gegenzug dazu bei bestimmten gefährdeten Personen die negativen Effekte einer Fehlernährung ausgleichen. Hingegen ist bei gesunden, ausreichend ernährten jungen Menschen keine intellektuelle Verbesserung nach einer akuten Mikronährstoffzufuhr zu erwarten. [Schoenthaler et Bier, 1999]

2.7.13 Nahrungsmittelunverträglichkeit

Es ist in der Zwischenzeit unbestritten, dass die Ernährung das kindliche Verhalten beeinflussen kann. Besonders Zusammenhänge zwischen Nahrungsmittelallergien und Verhalten sind schon seit langer Zeit bekannt und wurden erstmals zu Beginn des 19. Jahrhunderts von Schlossmann und anderen beschrieben. [Baerlocher, 1991] 1947 vermutete Randolph allergische Pathomechanismen als Kausalfaktoren von Müdigkeit, Irritabilität und Verhaltensstörungen (Störung der Aufmerksamkeit, impulsives Verhalten, Aggressivität, gesteigerte motorische Aktivität) bei Kindern. Speer prägte ein paar Jahre später den Begriff des Tension-Fatigue-Syndroms und der Gehirnalergie. Auch Crook, Rapp und andere wiesen auf solche Zusammenhänge hin und fassten ihre Erfahrungen in Form von verschiedensten Eliminationsdiäten zusammen.

Anfang der 70er Jahre kam eine neue Bewegung auf, als Feingold in Amerika Farbstoffe und natürliche Salicylate als Ursache kindlicher Verhaltensstörungen bezeichnete. Lebensmittelzusatzstoffe, insbesondere künstliche Farbstoffe, Süßungs- und Konservierungsmittel sollten die Ursache für Hyperaktivität darstellen. Bei der von

ihm propagierten „Feingold-Diät“ wurden diese Substanzen vom Speiseplan gestrichen. Auch wenn Feingold über Erfolge einer additiva- und salicylarmen Ernährung berichtete, kommen wissenschaftliche Bewertungen dieser Ernährungsweise zu unschlüssigen Ergebnissen. Groß angelegte Kontrollstudien ergaben, dass nur ein geringer Prozentsatz hyperaktiver Kinder auf die von ihm eingeführte Diät eine Verbesserung zeigte, weshalb man zusammenfassend davon ausgehen kann, dass besonders empfindliche Kinder durchaus sensibel auf die Aufnahme von Lebensmittelzusatzstoffe reagieren können. [Bellisle, 2004]

Frau Hafer fand 1986 im deutschen Sprachraum Beachtung mit ihrer Phosphathypothese und der dazu gehörenden phosphatreduzierte Diät. Obwohl in Folge kein direkter Zusammenhang zwischen alimentär zugeführtem Phosphat und kindlichem Verhalten nachgewiesen werden konnte, wurde die Laien- und Fachwelt auf die mögliche Interaktion von Nahrungsbestandteilen und Verhalten aufmerksam. Neben Phosphat wurde auch ein Übermaß an Zucker, einem Mangel an γ -Linolensäure und Magnesium bzw. ganz allgemein unsere heutige Ernährungsweise mit den vielen verarbeiteten Nahrungsmitteln ein negativer Einfluss auf das Verhalten zugeschrieben.

Die Ansicht, dass *Zucker* bei Kindern Verhaltens- und Lernstörungen verursacht, ist nach wie vor in der Öffentlichkeit sehr verbreitet und wird auch von einigen medizinischen Autoritäten unterstützt. Verhaltens- und Lernstörungen im Anschluss an Zuckerkonsum hat man auf ein Absinken des Blutzuckerspiegels oder auf allergische Reaktionen zurückgeführt. Einige Untersuchungen sind zu dem Schluss gekommen, dass Zucker Verhalten und Lernfähigkeit von Kindern nachteilig beeinflusst, während andere Studien behaupten, zwischen beidem bestehe keinerlei Zusammenhang. [Winter et Winter, 1988] Studien, welche die Saccharosezufuhr mit Placebo (üblicherweise Saccharin oder Aspartam) verglichen, konnten keine signifikanten Unterschiede im Verhalten, Aktivität, Impulsivität feststellen, selbst dann nicht wenn eine Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHD) ärztlich diagnostiziert wurde. [Baerlocher, 1991] 1985 zeigte eine gut kontrollierte Untersuchung an 76 hyperaktiven Kindern die günstige Wirkung einer oligoantigenen Diät auf das Verhalten. [Hochreutener et al., 1991] Sämtliche mögliche allergieauslösende Stoffe, wie Eier, Kuhmilch, Erdnüsse, Farb- und Konservierungsstoffe, Fisch, Schokolade, Zitrusfrüchte, Weizen usw., sollen dabei in der täglichen Ernährung so weit wie möglich reduziert

werden. Jegliche Unverträglichkeit auf ein Nahrungsmittel oder eine Empfindlichkeit einem bestimmten Nahrungsmittel gegenüber und damit verbundene abnorme Reaktionen, ganz gleich ob die Reaktion durch einen allergischen oder durch einen nicht-allergischen Mechanismus ausgelöst wird, soll dadurch verhindert werden. [Winter et Winter, 1988]

Lebensmittelzusatzstoffe

Zusatzstoffe kommen in Lebensmitteln in sehr geringen Mengen vor und erfüllen technologische Funktionen. Ihrem Einsatz gehen viele strenge Prüfungen voraus, die die gesundheitliche Unbedenklichkeit und deren technische Notwendigkeit garantieren. Einige Zusatzstoffe werden von empfindlichen Menschen nicht vertragen, wobei nach dem Konsum mit histamininduzierten Beschwerden zu rechnen ist: Kopfschmerzen, Hitzegefühl, Magen-Darmbeschwerden, Asthmaanfälle, etc. [Elmadfa, 2009]

Egger et al. (1985) fand heraus, dass vor allem der künstliche Farbstoff Tartrazin und der Konservierungsstoff Natriumbenzoat ungünstige Reaktionen bei Kindern auslösten. Metaanalysen von Interventionsstudien kommen zu dem Schluss, dass die Ernährungsweise und die Aufnahme von Lebensmittelzusatzstoffen einen Einfluss auf hyperaktives Verhalten und ähnlichen Verhaltensauffälligkeiten von Kindern haben kann, vor allem dann, wenn neben Empfindlichkeit auch noch allgemeine Lebensmittelintoleranzen beim Kind diagnostiziert wurden. [Benton, 2008]

Die meisten der 300 in der EU zugelassenen Zusatzstoffe sind aber unumstritten harmlos: dazu kann man z.B. Riboflavin, Chlorophyll, Beta-Carotin, Essig- und Apfelsäure und Vitamin C zählen.

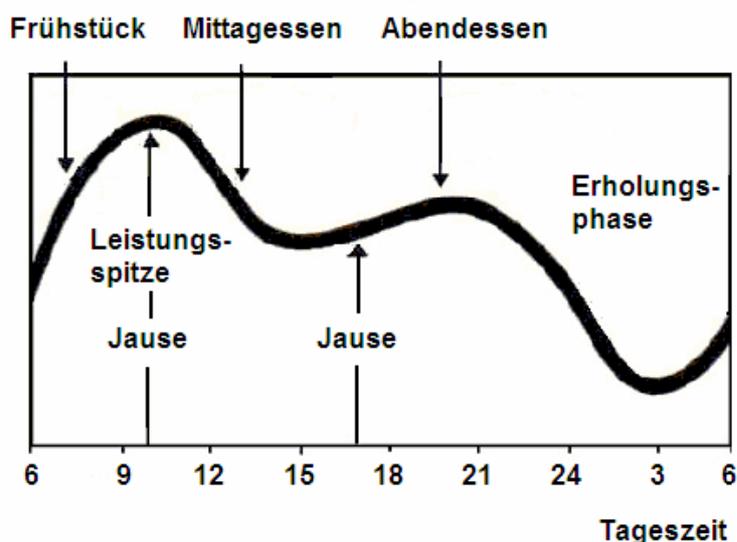
2.8 Der richtige Zeitpunkt der Mahlzeitaufnahme

Als weiterer wichtiger Punkt der hinsichtlich des Einflusses der Ernährung auf kognitive Fähigkeiten beachtet werden muss, ist der Zeitpunkt der Mahlzeitaufnahme. Jeder Mensch unterliegt seinem biologischen Rhythmus, was bedeutet, dass man nicht zu jeder Tages- und Nachtzeit gleich aktiv ist. Es existieren neurochemische Unterschiede je nach Tageszeit, die die hormonelle Aktivität und Funktion des Körpers steuern, und somit dafür verantwortlich sind, dass die Auswirkungen von Mahlzeiten auf die Wachsamkeit oder Aufmerksamkeit innerhalb der 24 Stunden unterschiedlich sein können. Der akute Effekt von Nahrungsmitteln auf bestimmte Kognitionen muss deshalb immer im Kontext mit der Tageszeit und dem individuellen circadianen Rhythmus gesehen werden. [Gibson et Green, 2002]

2.8.1 Die Beeinflussung der Leistungskurve von Kindern durch die Ernährung

Der Tagesbeginn wird generell mit der aufsteigenden Phase des circadianen Rhythmus in Verbindung gebracht. Zu dieser Tageszeit steigen Wachsamkeit und Aktivierung rasch an. [Winter et Winter, 1988] Die Leistungskurve erreicht um etwa 10.00 Uhr ihren Tageshöhepunkt, sinkt dann gegen Mittag langsam ins Nachmittagstief ab, wobei sie um 15.00 Uhr ihren Leistungstiefpunkt erreicht. Gegen 16.00 Uhr erfährt sie neuerlich einen leichten Anstieg, der bis ca. 20.00 Uhr anhält. Danach flacht die Leistungskurve wieder ab.

Abbildung 1: Leistungskurve des Körpers



Quelle: mod. nach [ÖGE, 2002]

Schulkinder müssen nicht nur im Unterricht, sondern oft auch auf dem Pausenhof viel leisten. Sie müssen über den Vormittag ihre Konzentration aufrecht erhalten, körperlich fit sein und auch am Nachmittag für die Schulaufgaben noch einmal Leistungsreserven mobilisieren. [ÖGE] Die Aufteilung der Mahlzeiten über den Tag hat die Aufgabe, die Leistungsfähigkeit zu optimieren: Das Frühstück sorgt dafür, dass über Nacht abgebaute Energiereserven wieder aufgefüllt werden, das Pausenbrot bremst den Fall ins Mittagstief und ermöglicht eine Leistungsspitze am Vormittag. Nach dem Mittagessen wird das natürliche Mittagstief erreicht, das durch einen Snack am Nachmittag abgeschwächt werden kann. Durch den gezielten Einsatz von Zwischenmahlzeiten - neben den drei Hauptmahlzeiten- können die Leistungsphasen erheblich gesteigert und die Tiefs abgefangen werden. Fehlende Mahlzeiten, insbesondere am Morgen und am Vormittag können die Ursache für Konzentrationsschwäche und Leistungsabfall sein. [Kiefer, 2006]

Besonders für Kinder ist es wichtig, regelmäßige Essenszeiten einzuhalten, da sie den ganzen Tag über gleichmäßigen Nachschub an Energie und Nährstoffen brauchen. [Hörmanseder, 1991] Aus diesem Grund sind für Kinder täglich fünf kleine Mahlzeiten besser als drei große: Frühstück, Mittagessen und Abendessen (zwei Brotmahlzeiten, eine warme Mahlzeit) und zwei Zwischenmahlzeiten (ein Schulfrühstück, ein Nachmittagssnack). Durch die Aufnahme von kleinen Zwischenmahlzeiten wird der Magen-Darm-Trakt weniger belastet und die kontinuierliche Zufuhr von Nährstoffen über die Blutbahn sorgt somit für einen ausgeglichenen Blutzuckerspiegel während des ganzen Tages. Zwei Zwischenmahlzeiten aus Obst und Gemüse liefern zudem weitere Vitamine. [ÖGE, 2002]

2.8.2 Einfluss von Frühstück auf Kinder

Besonders die Bedeutung eines Frühstücks für die akademische schulische Leistung eines Schulkindes erlangte in der wissenschaftlichen Literatur Aufmerksamkeit. Es gibt überzeugende Beweise dafür, dass ein gutes Frühstück die Gehirnfunktionen – Lernen, Gedächtnis, schulische Leistungen - sowie das allgemeine emotionale und psychische Wohlbefinden steigert. [Carper, 2000]

Wenn die nächtliche Fastenpause durch das Frühstück beendet wird, wird die Blutzuckerversorgung des Gehirns wieder garantiert. Die Erhöhung des Blutzuckerspiegels

und eine daraus resultierende vermehrte Synthese von Neurotransmittern, werden als Ursache für eine bessere schulische Leistungsfähigkeit diskutiert. Weitere kurzfristige metabolische und neurohormonelle Veränderungen, die mit der Energie- und Nährstoffbereitstellung in Verbindungen stehen, könnten zusätzlich auf die kognitive Leistungsfähigkeit wirken. [Pollitt, 1995] Darüber hinaus sichert regelmäßiges Frühstück langfristig die Versorgung mit Nährstoffen und kann einen Mangel an bestimmten notwendigen Nährstoffen beseitigen, der die Gehirnfunktionen einschränken könnte. [Carper, 2000]

In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Studien zum Einfluss des Verzehr von Frühstücksmahlzeiten auf die kognitive Leistungsfähigkeit bzw. die schulischen Leistungen von Kindern und Jugendlichen. Dabei werden metabolische (z.B. durch Glukose), physiologische, hormonelle und funktionelle (z.B. auf die Aufmerksamkeit wirkende) akute Veränderungen nach der Mahlzeitaufnahme untersucht. [Pollitt, 1995] Zur Hypothese, dass der Verzehr eines Frühstücks die kognitiven Funktionen positiv beeinflusst, liefern diese Studien sowohl bei Kindern als auch bei Jugendlichen keine präzise Antwort, da die Ergebnisse nicht einheitlich sind. Während manche Untersucher einen positiven Einfluss des Frühstücks auf die Leistungsfähigkeit ihrer Probanden feststellen konnten, fanden andere keinen oder in Teilen sogar einen negativen Effekt. Die Inkonsistenz der Ergebnisse erklärt man sich durch methodische Unterschiede im Studiendesign und in den verwendeten Testverfahren zur Kognitionsmessung, sowie die zum Teil inhomogenen Kollektive, beispielsweise hinsichtlich ihres Ernährungsstatus. Auffällig sind auch die großen Unterschiede in der Anzahl der Probanden, die zwischen 10 und mehr als 1000 schwankt. Dabei hatten die experimentellen Studien meist kleinere Kollektive als die Beobachtungsstudien. Studien mit kleinen Kollektiven sind vor allem dann wenig aussagekräftig, wenn auf ein Crossover-Design verzichtet wird. Viele der vorliegenden Studien bei Jugendlichen haben aus diesem Grunde ihre methodischen Schwächen, da eine optimale Kontrolle fehlt und für eine optimale Interpretation der Ergebnisse die Fallzahlen zu klein sind. [Kaiser et Kersting, 2001] Auch könnten in einigen Studien wichtige Confounder nicht berücksichtigt worden sein, weshalb die Validität und die Reliabilität mancher Daten nicht gewährleistet sein könnten. [Pollitt, 1995]

Insgesamt deuten die Befunde jedenfalls darauf hin, dass Kinder bestimmte kognitive Aufgaben, zum Beispiel solche die das Kurzzeitgedächtnis und die Aufmerksamkeit betreffen, besser erledigen, wenn sie gefrühstückt haben. Kinder, die ein Frühstück gegessen haben, sind in den Morgenstunden oft leistungsfähiger, reaktionsschneller und ermüden nicht so schnell wie Kinder, die nicht oder nicht ausreichend gefrühstückt haben. [Kersting et al., 2003; Wesnes, 2003]

Auslassen der Frühstücksmahlzeit

Hingegen zeigen Kinder, die nicht frühstücken, nachweislich negative Auswirkungen auf verschiedene Arten von Lernleistungen. Das Weglassen des Frühstücks ist mit einem Leistungsabfall bei kognitiven Aufgaben verbunden: Bei Kindern, deren IQ unter dem Durchschnitt lag, führte das Auslassen zu einem vermehrten Auftreten von Fehlern beim Matching Familiar Figure Test, der die visuelle Aufmerksamkeit untersucht. [Gibson et Green, 2002; Pollitt et al., 1998] Kinder können außerdem schlechter Probleme lösen, sind weniger aufmerksam und haben vor allem eine verminderte Leistung des Kurzzeitgedächtnisses. [Kiefer, 2006] Genauigkeit als auch Geschwindigkeit des visuellen und auditiven Kurzzeitgedächtnisses, die unmittelbare und verzögerte Wiedergabe von Bildern oder Zahlen und auch die räumliche Gedächtnisleistung sind herabgesetzt. [Pollitt et Mathews, 1998]

Kinder und Jugendliche reagieren empfindlicher auf das Auslassen einer Frühstücksmahlzeit als Erwachsene, wobei sich diese Effekte besonders bei Kindern bemerkbar machen, die generell mit wichtigen Nährstoffen unterversorgt sind, weil sie beispielsweise sehr einseitig essen. [Bellisle, 2004; Simeon et Grantham-McGregor, 1989]

Der Verzicht auf das Frühstück kommt einem verlängerten nächtlichen Fasten gleich und geht mit bestimmten Stoffwechselveränderungen einher. Auffallend sind ein Abfall der Blutglukosewerte und Insulinkonzentrationen, sowie andere metabolische Veränderungen wie ein abweichender Neurotransmitterstatus. [Pollitt et Mathews, 1998] Zudem sind Veränderungen des Laktat-, β -Hydroxybutyrat-, und freien Fettsäurespiegels festzustellen, die als Stressfaktoren gelten. Ein Anstieg der Nebennierenhormone Cortisol und Katecholamine und ein Abfall der

Insulinkonzentration bei Kindern, die einen besonders geringen Blutglukosespiegel haben, deutet ebenfalls auf Stress hin. [Pollitt et al., 1998] All diese Faktoren könnten Einfluss auf die Funktion des zentralen Nervensystems und dadurch auf bestimmte kognitive Fähigkeiten (insbesondere Aufmerksamkeit und Erinnerung) nehmen. [Kaiser et Kersting, 2001]

Frühstückszusammensetzung, Größe und Zeitpunkt der Aufnahme

Allerdings spielt auch die Art des Frühstücks eine Rolle. Untersucht man die Mahlzeitenaufnahme hinsichtlich der *Energiezufuhr*, so zeigt sich, dass Kinder mit einem energiereicheren Frühstück eine größere physische Leistungsfähigkeit haben, im Vergleich zu Kindern mit einem energiearmen Frühstück. Sie sind kreativer und besser bei mathematischen Problemlösungen und können mehr Informationen in ihrem Kurzzeitgedächtnis speichern. Allerdings ist hier die Datenlage der Studien nicht einheitlich, da auch Studien existieren, die belegen, dass eine hohe Energieaufnahme am Morgen die Konzentration sehr wohl auch negativ beeinflussen kann. [Kiefer, 2006] Zwei Studien untersuchten zwei unterschiedliche große Frühstücksmahlzeiten und deren Auswirkungen auf bestimmte kognitive Funktionen bei jüngeren Probanden. Jugendliche konnten drei Stunden nach einem größeren Frühstück (2653 ± 996 kJ (634 ± 238 kcal) vs. 1628 ± 791 kJ (389 ± 189 kcal)) mit schlechterer Wachsamkeit aber besserem Kurzzeitgedächtnis rechnen. Aufmerksamkeit und Blutglukosespiegel blieben unbeeinflusst von der Größe des Frühstücks.

Bei 10-jährigen Kindern verbesserte das größere Frühstück (2243kJ (536kcal) vs. 711kJ (170kcal) die sprachliche Kompetenz, vor allem bei den Buben, während ein kleines Frühstück mit schlechterer Stimmung und Leistung bei einzelnen Aufgaben assoziiert war. Allerdings können auch hier wie bei vielen Studien Ergebnisverfälschungen durch Motivationsunterschiede nicht ausgeschlossen werden. [Gibson et Green, 2002]

Aber nicht nur die generelle Energieaufnahme am Morgen scheint von wichtiger Bedeutung zu sein, sondern auch wie das Frühstück beschaffen bzw. zusammengesetzt ist: Eine aktuelle Studie [Mahoney et al., 2005] untersuchte die Auswirkungen von zwei in Amerika typischen Frühstücksvarianten unterschiedlicher *Zusammensetzung* auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Volksschulkindern unterschiedlichen Alters. Bei der

ersten Frühstücksmahlzeit handelte es sich um Haferbrei, bei der zweiten um typische essfertige Frühstückscerealien. Beide Speisen waren vergleichbar im Energiegehalt, zeigten aber Unterschiede in der Zusammensetzung ihrer Makronährstoffe, im Verarbeitungsgrad, in der glykämischen Last und in den Auswirkungen auf die Verdauung und den Stoffwechsel. Die Studie bestätigt frühere Resultate aus ähnlichen Untersuchungen, bei denen wie hier festgestellt werden konnte, dass die Frühstücksaufnahme die kognitive Leistungsfähigkeit steigern kann, insbesondere bei Aufgabenstellungen, die das räumliche Erinnerungsvermögen und die Verarbeitung visueller und auditiver Informationen betreffen. Es wurden auch signifikante Unterschiede zwischen den zwei Frühstücksmahlzeiten gefunden: Die Volksschulkinder zeigten ein verbessertes räumliches Erinnerungsvermögen und verbesserte Werte bei der visuellen und auditiven Reaktionsfähigkeit nach einem Frühstück bestehend aus Haferbrei und Milch, nicht aber nach dem Verzehr von Frühstückscerealien. Als möglicher Grund, warum die Zusammensetzung des Frühstücks das Gehirn unterschiedlich beeinflusst, wird die Rate, in der die Kohlenhydrate verstoffwechselt werden, angegeben. Je höher der Ballaststoffgehalt und je geringer der glykämische Index, desto langsamer und gleichmäßiger gelangt die Glukose in den Blutkreislauf und somit ins Gehirn. Aufgrund des unterschiedlichen Protein- und Ballaststoffgehalts, der glykämischen Werte und der unterschiedlichen Verdauungsrate, schneidet Haferbrei in dieser Studie besser ab als die ballaststoffarmen, hochglykämischen Frühstückscerealien, da er eine langsamere aber nachhaltigere Energiequelle darstellt, welche in weiterer Folge eine leistungs- und gedächtnissteigernde Wirkung hat. Generell verdeutlicht diese Studie die Effizienz einer Mahlzeit in der Früh, da besonders Jüngere durch die morgendliche Energieaufnahme in ihren schulischen Leistungen unterstützt werden. [Mahoney et al., 2005]

Eine weitere Studie an 19 Volksschulkindern untersuchte den Einfluss mehrerer Frühstücksmahlzeiten mit unterschiedlicher glykämischer Last. Auch bei dieser fand man die besten Ergebnisse bei Aufgabenstellungen der Gedächtnisleistung, der Aufmerksamkeitsfähigkeit, der Frustrationstoleranz und Ausdauer nach der Aufnahme des Frühstücks mit niedriger glykämischer Last. [Benton et al., 2007]

Weitere Interventionsstudien kommen zum Fazit, dass Frühstückscerealien einen positiven Effekt auf die kognitive Funktion von Schulkindern ausüben, insbesondere am späten Vormittag, wobei ein Glukosedrink diesen Effekt nicht bestätigen konnte.

Frühstücken wirkt eventuellen Leistungseinbußen in der Konzentrations- und Erinnerungsfähigkeit im Laufe des Vormittags entgegen. [Wesnes et al., 2003]

Kohlenhydratreiche und fettarme Frühstücksvarianten (Getreide, Obst, Brot) geben mehr Power und erhöhen die Konzentration, als besonders fettreiche und kohlenhydratarme (viel fettreiche Wurst, Eier, Käse, Butter). Besonders leistungssteigernd wirken Frühstücksvariationen auf Getreidebasis (Müsli und Frühstückscerealien), da die komplexen Kohlenhydrate in diesen Getreideprodukten den Blutzuckerspiegel nur langsam ansteigen lassen. [Kiefer, 2006]

Wenn man davon ausgeht, dass der Verzehr geeigneter Mahlzeiten im Verlauf des Morgens und am Vormittag für eine optimale körperliche und geistige Leistungsfähigkeit unerlässlich ist, dann besteht angesichts der tatsächlichen Ernährungsgewohnheiten von Kindern in Österreich wissenschaftlicher und politischer Handlungsbedarf. [Kaiser et Kersting, 2001] Rund ein Fünftel [Gschaider, 2002] der Schüler und Studenten gehen meist ohne Frühstück zur Schule bzw. in die Universität. Das ist insofern problematisch, da das Frühstück für Ernährungsexperten als Hauptmahlzeit gilt und etwa 25% des täglichen Gesamtenergiebedarfs für den menschlichen Organismus bereitstellen soll. Es trägt positiv zur Nährstoffversorgung bei und unterstützt Kinder- vor allem solche mit unzureichendem Ernährungsstatus – in ihrer akademischen und psychosozialen Entwicklung. [Kleinman et al., 2002]

2.8.3 Einfluss der Schuljause

Die Schulzeit ist gekennzeichnet durch stetiges körperliches Wachstum und geistige Entwicklung des Kindes. Für den schulischen Alltag besonders wichtig erscheint deshalb die Möglichkeit, durch ein entsprechendes Schul- bzw. Pausenfrühstück die Leistungskurve bis zum späten Vormittag auf einem hohen Niveau zu halten. Die Schuljause soll das Vormittagstief in der Konzentrationsfähigkeit und Lernbereitschaft abfangen und die Leistungsbereitschaft der Kinder für die nächsten Unterrichtsstunden wieder herstellen. Durch eine solche morgendliche Zwischenmahlzeit kann außerdem ein ausgeprägtes Hungergefühl vor dem Mittagessen vermieden werden, was möglicherweise zu Reizbarkeit und Konzentrationsstörungen führen würde. [Kaiser et Kersting, 2001] Die Vormittagsjause sollte so gegeben werden, dass der Appetit für das

Mittagessen nicht verdorben wird. Sie sollte vom Energieanteil nur ca. 10% des Tagesbedarfs ausmachen, während gemeinsam mit dem Frühstück ungefähr 30 bis 35 % des Tagesenergiebedarfes abgedeckt werden sollten. [ÖGE, 2002] Der Appetit von Kindern am Morgen ist unterschiedlich. Manche Kinder mögen in der Früh wenig oder gar nichts essen, auch wenn das Frühstück noch so abwechslungsreich und appetitlich angerichtet ist. Hier wäre es sinnvoll, dass diese Kinder zum Frühstück wenigstens eine Kleinigkeit zu sich nehmen oder zumindest etwas (Warmes) trinken. [Gschaider, 2002] Als wichtiger Grundsatz gilt: Je kleiner das Frühstück ausfällt, umso größer soll später das Jausenbrot ausfallen.

Bei 9-jährigen britischen Kindern wurde der Einfluss der Größe des Frühstücks und einer zusätzlichen Zwischenmahlzeit auf die schulische Leistung getestet. Jene Kinder, die das kleinste Frühstück gegessen hatten (durchschnittlich 61 kcal), verbrachten signifikant weniger Zeit bei Arbeiten, als solche, die größere Frühstücksmahlzeiten zu sich genommen hatten (durchschnittlich 210 oder 270 kcal). Der ungünstige Effekt des spärlichen Frühstücks konnte jedoch durch eine nährstoffreiche Vormittagsjause rückgängig gemacht werden. [Benton (2008)]

Während das gesunde Pausenbrot in vielen Schulen schon lang ein Thema ist, kommt der Flüssigkeitszufuhr kaum Bedeutung zu. [Gschaider, 2002] Der Pausensnack sollte also immer durch Getränke wie Mineralwasser, ungesüßte Früchte- oder Kräutertees oder verdünnte Fruchtsäfte komplettiert werden. Limonaden und andere stark gesüßte Säfte dagegen enthalten viel Haushaltszucker und sollten nicht präferiert werden. [ÖGE, 2002] Auch Milch und Milchmixgetränke zählen eher als Mahlzeiten, als zu den Getränken, sind aber dennoch aufgrund ihrer Nährstoffkombination für den Schulalltag gut geeignet. [Hörmanseder, 1991]

Die ernährungsphysiologische Notwendigkeit der Schuljause ist von arbeitsmedizinischen Untersuchungen, in denen die Zusammenhänge zwischen Leistungsbereitschaft und Mahlzeitenfolge erforscht wurden, bestätigt worden. Aus diesem Grund erschreckt auch hier die Tatsache, dass rund ein Fünftel der Kinder angeben, an Schultagen kein Frühstück zu essen und mehr als ein Zehntel der befragten 7- bis 10-jährigen Kinder auch auf eine Schuljause verzichten. [Gschaider, 2002]

2.8.4 Einfluss des Mittagessens, der zweiten Zwischenmahlzeit (Nachmittagssnack) und des Abendessens

Die Nahrungsaufnahme zur Mittagszeit wirkt sich – wie auch das Frühstück und das Pausenbrot - unmittelbar auf die Leistungsfähigkeit während der Arbeitszeit eines Schulkindes aus und zeigt besonders deutliche Effekte auf das Verhalten. Ungefähr gegen 14.00 Uhr, ein bis zwei Stunden nach dem Lunch, kommt es zu einem Abfall der Wachheit und der Leistungsfähigkeit, die morgens nach dem Frühstück und nach einer Abendmahlzeit offensichtlich nicht stattfindet. [Winter et Winter, 1988] Die Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit beginnt etwa eine Stunde nach der Nahrungsaufnahme und hält eine Stunde an. Die Reaktionszeit und die Aufmerksamkeit werden nach dem Verzehr eines Mittagessens vor allem dann herabgesetzt, wenn dieses eher kohlenhydrathaltig als proteinhaltig ist. Am deutlichsten fallen die Leistungseinbußen dann auf, wenn das *Mittagessen* größer ausfällt, als normalerweise gegessen. [Mahoney et al., 2007]

Es existieren Studien, die einen günstigen Einfluss auf die kognitive Leistungsfähigkeit eines kohlenhydrathaltigen *Snacks am Nachmittag* bei Kindern ermittelt haben.

In einer doppelblinden placebo-kontrollierten Interventionsstudie half ein glukosehaltiges Getränk am Nachmittag die Aufmerksamkeitsfähigkeit und die Frustrationstoleranz von 7-jährigen Kindern zu erhalten. [Benton et al., 1987]

Bei Erwachsenen gibt es Berichte, die aussagen, dass Süßigkeiten am Nachmittag die Müdigkeit verringerten und dass eine Zwischenmahlzeit Erinnerung und Aufmerksamkeit am Nachmittag, nicht aber am Morgen, verbessern kann.

Zwei Studien arbeiteten mit kohlenhydrat- bzw. energiereichen Zwischenmahlzeiten am Nachmittag, um die Auswirkungen auf folgende vier kognitive Parameter zu untersuchen: Kurzzeitgedächtnis, logisch-mathematisches Denken, Lesen und Aufmerksamkeit. Die Vergleichsgruppe erhielt statt einem energiereichen Snack ein aspartamhaltiges Diätgetränk ohne Kalorien und schnitt im Vergleich zum kohlenhydrathaltigen Snack bei der Aufmerksamkeits- und Erinnerungsüberprüfung schlechter ab. [Dye et al., 2000]

Man kann anhand der Studienergebnisse davon ausgehen, dass ein zuckerhaltiger Snack am Nachmittag die Leistungseinbußen, die üblicherweise nach dem Mittagmahl

auftreten, mildern kann, auch wenn die dahinterstehenden Mechanismen noch nicht geklärt sind. Es ist mit Verbesserungen der Aufmerksamkeit und des Erinnerungsvermögens zu rechnen, unter der Bedingung, dass der Glukosebedarfs aufgrund des Schweregrads der Testaufgaben ansteigt. Das Ausmaß dieser Verbesserungen hängt jedoch von einigen weiteren Faktoren ab, wie dem genauen Zeitpunkt der Aufnahme, dem Alter, dem Energiegehalt, und der vorangegangenen Fastendauer bzw. der Zusammensetzung der letzten Mahlzeit. [Mahoney et al., 2007]

Es gibt nur wenige Studien, die den Einfluss eines *Abendessens* erforschen. Die Auswirkungen sind unterschiedlich, es zeigt sich aber ein verbessertes Erinnerungsvermögen nach einer Mahlzeit mit 1200 bis 1500kcal im Vergleich zu keiner Mahlzeit. Bei Aufmerksamkeit, der Wiedergabe und Erinnerung von Wörtern (Kurzzeitgedächtnis) wurden keine Auswirkungen eines Nachtmahls festgestellt. Die Interpretation dieser Ergebnisse wird dadurch erschwert, dass die Speisen der Testpersonen nicht einheitlich waren, weder in der Zusammensetzung noch in der Menge, da man frei aus einem Speisenangebot wählen durfte. [Dye et al., 2000]

2.8.5 Einfluss der Mahlzeiten- und Portionsgröße auf bestimmte Kognitionen

Eine weitere Variable, die als Einflussfaktor genannt werden soll, ist die Nahrungsmittelmenge der Mahlzeit, sowie das Verhältnis der Menge dieser Mahlzeit zur gewöhnlichen Mahlzeitengröße.

Es gibt Studien, die die Wirkungen von schweren Gerichten und leichten Speisen auf die mentale Leistung gegeneinander abwägen. Sie zeigen, dass eine große Testmahlzeit insgesamt zu einer Erhöhung der Fehlerrate führte, während eine kleine Testmahlzeit eher eine Verringerung der Fehlerrate bewirkte. Dieser Effekt wurde durch eine Diskrepanz zwischen der vorgegeben und der gewohnten Mahlzeitengröße noch verstärkt. Die Versuchspersonen, die habituell kleine Mahlzeiten zu sich nehmen und eine große Testmahlzeit serviert bekamen, zeigten überproportional große Anstiege der Fehlerrate, während Versuchspersonen, die für gewöhnlich große Mahlzeiten zu sich nahmen, aber eine kleine Testmahlzeit zu sich nehmen mussten, eine Verringerung der Fehlerrate um beinahe 30% zeigten. Ein denkbarer Wirkfaktor für diesen Effekt wäre zum Beispiel der metabolische Mehraufwand bei der Verdauung der größeren

Nahrungsmenge, der nochmals vergrößert wäre, wenn keine vorherige Adaption an die vorgegebene Mahlzeitengröße stattfinden konnte. [Craig, 1986] Es könnte hier aber auch der positive Zusammenhang zwischen der parasympathisch gesteuerten Insulinausschüttung und der postprandialen Leistungsverminderung zum Tragen kommen. [Christie et McBrearty, 1979]

Für die Müdigkeit nach reichhaltigem Essen sind Botenstoffe und Hormone im Gehirn verantwortlich, die bei der Verdauung freigesetzt werden und dem Sättigungszentrum im Gehirn signalisieren, dass man satt ist. [Kiefer et al., 2006]

Im Tierversuch hat sich herausgestellt, dass das Hormon Ghrelin beim Lernen und Merken eine Rolle spielt, da es im Gehirn in genau jenen Regionen wirkt, die auch für das Lernen und die Gedächtnisleistung verantwortlich sind. Gebildet wird dieses Hormon tagsüber bei leerem Magen. Sehr üppige Mahlzeiten minimieren so auch die Aufnahme- und Merkfähigkeit. Ghrelin stimuliert die Nahrungsaufnahme, und setzt Wachstumshormone frei und unterstützt dadurch die synaptische Plastizität. [Gómez-Pinilla, 2008]

Grundsätzlich kann man davon ausgehen, dass die Mahlzeitengröße die Leistung beeinflussen kann – je nach Kognition sowohl positiv als auch negativ - allerdings dürfte die Zusammensetzung einer Mahlzeit von weitaus größerer Bedeutung als die Portionsgröße sein.

2.8.6 Individueller Bedarf

Eine Ernährung, die so beschaffen ist, wie man es gewohnt ist, hat akut den besten Einfluss auf das Denkvermögen, da jeder für sich auf verschiedene Mahlzeiten mit unterschiedlichen neurochemischen bzw. metabolischen Reaktionen antwortet. [Dye et al., 2000] Jegliches Abweichen von normalen Gewohnheiten kann zu einer Beeinträchtigung der Leistung führen, unabhängig davon, was oder was nicht gegessen wird. Auch hier sind intrapersonale Unterschiede festzustellen, da jedes Individuum auf physiologischer aber auch emotionaler Ebene unterschiedlich auf Mahlzeiten reagiert. Es kommt somit auf das Kind und seine Individualität an, ob und wie sich akute Effekte von Nahrungsmitteln und Mahlzeiten, aber auch chronische Effekte bestimmter Ernährungsweisen und langfristige Auswirkungen von bestimmten Ernährungsverhalten manifestieren. [Gibson et Green, 2002]

3 Empirischer Teil

Beim praktischen Teil dieser Diplomarbeit handelt es sich um eine Fragebogenerhebung zum Thema „Wirkung der Ernährung und einzelner Nahrungsmittel auf die kognitive Leistungsfähigkeit und Gehirnfunktionen von Schulkindern.“

3.1 Ziel der Fragebogenerhebung

Ziel der vorliegenden Erhebung war es, die Meinung und Wahrnehmung der Befragten über das Thema zu erfassen. Mit Hilfe eines Fragebogens wurden Wissen, Erfahrungen und Einstellung in der Allgemeinbevölkerung aufgezeichnet, um diese Daten mit wissenschaftlichen Erkenntnissen zu vergleichen, Unsicherheiten zu erkennen und daraus Empfehlungen ableiten zu können.

Das Ziel dieser Arbeit liegt darin, mit Hilfe einer explorativen Studie subjektive Einstellungen tendenziell zu beschreiben und diese in weiterer Folge ernährungspolitisch zu nutzen.

3.2 Erstellung des Fragebogens

Der Fragebogen (siehe Anhang) war in vier große Themenschwerpunkte gegliedert:

1.) Der erste Teil beurteilte die grundsätzliche Effektivität der Ernährung als Einflussfaktor auf Gehirnfunktionen und Denkleistung. Die ersten drei Fragen deckten diesen Themenbereich ab und sollten die erste Hypothese stützen: „Die Allgemeinbevölkerung ist der Meinung, dass die Ernährung Einfluss auf die kognitiven Leistungsfähigkeit und die Gehirnfunktionen eines Menschen hat“.

Was nehmen die Probanden an: Hat die Ernährung generell das Potential, die Gehirnfunktionen zu beeinflussen? (Frage 1) Ist es möglich die kognitive Leistungsfähigkeit durch diätetische Maßnahmen zu verändern? Kann sich eine falsche Ernährungsweise negativ auf das Gehirn und seine Funktionen auswirken und profitiert das menschliche Gehirn von einer richtigen Auswahl von Lebensmitteln? (Frage 2)

Zudem sollte herausgefunden werden, ob die Testpersonen der Ernährung auch soviel Effizienz zugestehen, dass diese fähig ist, den Intelligenzquotienten zu verändern, wie aus der Literatur zu entnehmen ist. Mit dieser Frage sollte das Wissen über den

negativen Einfluss eines schlechten Ernährungsstatus auf die Intelligenz abgefragt werden. (Frage 3)

2.) Effekte einzelner Nahrungsmittel auf die Funktionen des Gehirns

Der nächste Teil des Fragebogens beinhaltete eine Liste mit Lebensmittelgruppen und ihren entsprechenden Vertretern, die zu bewerten waren. Herausgefunden werden sollten jene Nahrungsmittel und –inhaltsstoffe, die nach Meinung der Befragten besonders oder gar nicht dafür geeignet sind, das Gehirn und die Denkleistungen negativ bzw. positiv zu beeinflussen. Interessiert hat vor allem, ob bestimmte Lebensmittel in den Bereichen „positiver Einfluss“, „negativer Einfluss“ oder „gar kein Einfluss“ gehäuft genannt werden. Die Antwort „weiß nicht“ konnte als ein Marker für Unsicherheit herangezogen werden, weil damit demonstriert wird, dass keine Einteilung in eine Kategorie gemacht werden kann.

Die Auswahl der Lebensmittel, die in der Liste vorkamen, geschah nach eingehender Untersuchung der fach-, aber auch populärwissenschaftlichen Literatur. Es wurden jene Lebensmittel ausgesucht, die in Studien hinsichtlich ihrer Wirkung auf das Gehirn sowohl negativ als auch positiv behandelt wurden. Die dahinterstehende These war, dass vor allem Walnüsse, Obst und Gemüse, zuckerhaltige Lebensmittel und Fisch als „Brain-Food“ bekannt sind. Im Gegenzug dazu war meine Vermutung, dass Getreideprodukte, tierische Produkte, Getränke, Multivitamin-tabletten und Lebensmittelzusatzstoffe nicht als „positiv“ bewertet werden.

Wie bereits erwähnt, fand eine Unterteilung in Lebensmittelgruppen mit den jeweiligen dazugehörigen Beispielen statt. Für detailliertere Angaben wurden Leerzeilen angeboten, in die die Probanden einzelne Nahrungsmittel, die für sie erwähnenswert waren, hinzufügen konnten.

Die Tabelle schloss folgende ausgewählte Nahrungsmittelgruppen mit ein:

Süßwaren

Unter *Süßwaren(allgemein)* waren sämtliche Süßigkeiten, Zuckerwaren, Gebäck und Mehlspeisen gemeint, die aufgrund ihres hohen Zucker- und Fettgehalts und ihrer geringen Nährstoffdichte, auch in Hinblick auf den Einfluss auf das Gehirn, eher mit Mäßigung verzehrt werden sollten. [Kersting et al., 2003]

Unter diese Kategorie fielen die Beispiele „*Haushaltszucker*“ und „*Traubenzucker*“, um einen Unterschied in der Akzeptanz dieser beiden Zuckerarten hinsichtlich ihrer Fähigkeiten auf die Denkleistung festzustellen. Sowohl das Disaccharid Saccharose, das allgemein als Haushaltszucker bekannt ist, als auch das Monosaccharid Glukose, das handelsüblich als Traubenzucker erhältlich ist, eignen sich als schnell verfügbare Kohlenhydratquellen, da sie schnelle und hohe, jedoch nur kurzzeitige Wirkungen auf den Blutzuckerspiegel haben. (vgl. Theorieteil)

Als Beispiel eines Moodfoods, das direkte Effekte auf das Gehirn, die Stimmung und das Wohlergehen hat, wurde im Fragebogen *Schokolade* genannt. Ich war interessiert, zu erfahren, ob Schokolade für die Befragten positiv oder negativ auf die Psyche wirkt.

Gemüse

Gemüse (allgemein) sollte aufgrund der Nährstoffdichte der wesentliche Bestandteil der Hauptmahlzeiten sein und ist grundsätzlich als Brainfood geeignet. In der Erhebung wurde die Meinung über drei gängige Gemüsesorten befragt: Kartoffeln, Hülsenfrüchte und Tomaten.

Kartoffeln kann man aufgrund ihres hohen Stärkegehaltes als gehirnaktiv ansehen, da durch den Abbau der hochmolekularen Kohlenhydrate der Blutzuckerspiegel moduliert wird. *Hülsenfrüchte* wie Linsen, Bohnen, Erbsen und Sojaprodukte besitzen Proteine mit einer besonders hohen biologischen Wertigkeit, komplexe Kohlenhydrate, die den Blutzuckerspiegel günstig beeinflussen und wichtige Vitamine.

Tomaten zeichnen sich durch ihren hohen Vitamin- und Antioxidantiengehalt aus. Sie enthalten Lycopin, das das stärkste Antioxidans unter den Carotinoiden darstellt und weitere wertvolle Mikronährstoffe, darunter Folsäure, den Vitamin-B-Komplex, Vitamin C und die Mineralstoffe Eisen und Kalium. Aufgrund ihres hohen Tryptophangehalts können sie wesentlich zur Serotoninsynthese beitragen, wenn zusätzlich ein stärkehaltiges Produkt verzehrt wird.

Obst

Alle Obstsorten gelten aufgrund ihrer Nährstoffzusammensetzung als Gehirnnahrung. Für den Fragebogen habe ich *Äpfel*, *Zitrusfrüchte*, *Bananen* und *Beeren* (nicht im botanischen, sondern im sprachgebräuchlichen Sinne) gewählt.

Nüsse, Samen und Kerne

Nüsse (allgemein) sind aufgrund der enthaltenen mehrfach ungesättigten Fettsäuren und aufgrund des hohen Gehalts an B-Vitaminen besonders wesentlich für das Gehirn. [Kiefer et Zifko, 2006] In meiner Befragung war ich neugierig, ob sich die Meinungen hinsichtlich *Walnüsse* und *Haselnüsse* stark spalten.

Getreide und Getreideerzeugnisse

In der Erhebung wurde zwischen Produkten aus raffiniertem Weißmehl (*Weißbrot und Semmeln*), *Schwarzbrot* und *Vollkornbrot* unterschieden, um festzustellen, ob der Bevölkerung jegliche Unterschiede zwischen den Auswirkungen auf den Blutzuckerspiegel und auf das Gehirn bekannt sind. Zusätzlich war die Akzeptanz von *Haferflocken*, *Müsli* und *Frühstückscerealien* besonders hinsichtlich des Frühstücksschwerpunktes für mich interessant. Dem Theorieteil sind sämtliche Wirkungen dieser Lebensmittelgruppe zu entnehmen.

Tierische Produkte

Unter die Kategorie „tierische Produkte“ zählte ich *Milch* und Milchprodukte, *Käse* und Eier, Fleisch und Fisch.

In meinem Fragebogen wollte ich herausfinden, ob der schlechte Ruf von *Eiern* in der Allgemeinbevölkerung auch bezüglich ihrer Beeinflussung auf die Denkleistungen zutrifft.

Es wurde im Speziellen zwischen *Geflügel-*, *Schweine-*, und *Rindfleisch* unterschieden. Mit Hilfe des Fragebogens sollte ein eventueller schlechter Ruf von rotem Fleisch auch hinsichtlich des Effektes auf das Gehirn und im Vergleich zu den anderen Fleischsorten ermittelt werden.

Zudem wollte ich der Frage nachgehen, ob *Wurst* als Brainfood angesehen wird, oder unter den Testpersonen einen eher schlechten Ruf zu genießen hat.

Für mich war vor allem die Frage interessant, ob die positive Wirkung von *Fisch (allgemein)* auf die Denkleistung in der Allgemeinbevölkerung bekannt ist.

Im Fragebogen wurde „*Makrele*“ als Beispiel eines fetten Seefisches mit einem hohen Gehalt an ω -3 Fettsäuren und „*Scholle*“ als ein nicht-fetter Fisch, aber als Jodquelle, angeführt.

Getränke

Durch die Kategorie *Getränke (allgemein)* sollte herausgefunden werden, ob in der Allgemeinbevölkerung die negativen Auswirkungen von Dehydratation bekannt sind. Ausreichendes Trinken spielt eine große Rolle beim Erhalt der Leistungsfähigkeit.

Trinkwasser als das beliebteste [Elmadfa, 2009] und als ein allgemein leicht erhältliches Getränk, wurde ganz oben angeführt. Eine weitere Kategorie waren *Obst- und Gemüsesäfte*. Stark zuckerhaltige und koffeinhaltige *Colagetränke und Limonaden* waren die nächste zu bewertende Gruppe. Interessehalber wurde auch zwischen *Schwarz- und Grüntee* unterschieden, um festzustellen, ob es Meinungsunterschiede gibt. Zusätzlich sollte ermittelt werden, welchen Ruf *Kaffee* als koffeinhaltiges Genussmittel insbesondere bei Kindern hat.

Alkoholische Getränke wurden nicht in die Liste miteinbezogen, da der Konsum bei Schulkindern nicht erwartet wird.

Multivitamin-tabletten als Nahrungsergänzung

Erfragt wurde auch die Einstellung *Multivitamin-tabletten* gegenüber. Der günstige Effekt von Mikronährstoffsupplementation auf kognitive Fähigkeiten ist kein grundsätzlicher, allerdings können Subgruppen von Kindern und Jugendlichen, insbesondere die, die einen schlechten Ernährungsstatus aufweisen, von der Supplementierung profitieren. (vgl. Theorieteil) Ob dies in der Allgemeinbevölkerung bekannt ist, sollte anhand dieser Frage ermittelt werden.

Lebensmittelzusatzstoffe

Abschließend bin ich der Frage nachgegangen, ob sich für die befragten Personen Konservierungsmittel, Aromen, Farbstoffe usw. auf das Gehirn und die Denkleistung auswirken. Es sollte mit dem Antwortverhalten eine Tendenz festgestellt werden, ob die in den 70er Jahren populäre Behauptung, dass gewisse Lebensmittelzusatzstoffe bei Kindern Verhaltensstörungen auslösen können, auch unter den Befragten in Österreich verbreitet bzw. noch aktuell ist. (vgl. Kapitel „Nahrungsmittelunverträglichkeit“)

3.) Themenschwerpunkt: Frühstück und Schuljause

Da in der wissenschaftlichen Literatur der Fokus vor allem auf dem Einfluss eines Frühstücks auf die schulischen Leistungen von Kindern liegt, wurde auch im Fragebogen näher auf das Wissen bzw. die Einstellung über die Wirksamkeit von Frühstücksmahlzeiten eingegangen.

Die zu klärenden Fragen waren: Hat das Frühstück für die Teilnehmer einen grundsätzlich positiven Nutzen für die akademische Leistung oder ist dieser abhängig von der Zusammensetzung der morgendlichen Speise? (Frage 5) Für wie bedeutend halten die Befragten das Frühstück vorm Unterricht im Vergleich zu den anderen Mahlzeiten? (Frage 6)

Die derzeitige Datenlage legt die Vermutung nahe, dass das Auslassen des Frühstücks mit negativen Auswirkungen auf verschiedene Arten von Lernleistungen in Verbindung steht. Auch dieser Fakt sollte im Fragebogen untersucht werden: wie viel Prozent der Probanden sind sich dessen bewusst, dass die Denkleistung eines Schulkindes durch verlängertes nächtliches Fasten beeinträchtigt werden kann? (Frage 7)

Die letzte Frage zur Hypothesentestung behandelte das Thema der Schuljause. Es sollte die Meinung der Effizienz und Bedeutung eines Pausenbrots für den schulischen Alltag eines Kindes hinterfragt werden (Frage 8).

4.) Statistische Angaben über die Person

Den Abschluss des Fragebogens bildeten statistische Angaben zur näheren Beschreibung der Stichprobe. Dabei wurden Auskünfte über folgende demographische und persönliche Merkmale eingeholt: Geschlecht, Alter, Schulbildung, Beruf und die übliche Ernährungsweise, um herauszufinden, ob man davon ausgehen kann, dass sich die jeweilige Person mit Ernährungsthemen beschäftigt und über besondere Kenntnisse und ein ausgeprägtes Ernährungsbewusstsein verfügt. Die Einteilung nach diesen statistischen Merkmalen ermöglicht es, die Antworten geschlechtsspezifisch und nach soziökonomischen Unterschieden darzustellen.

3.3 Durchführung der Meinungserhebung:

Untersuchungszeitraum, Studienteilnehmer und Untersuchungsort

Zu Beginn wurde an fünf willkürlich ausgesuchten Personen ein Pretest zur Überprüfung des allgemeinen Verständnisses durchgeführt. Nach einigen inhaltlichen und formativen Änderungen im Aufbau des Fragebogens konnte mit der eigentlichen Erhebung begonnen werden. Die Beantwortung des Fragebogens durch die Studienteilnehmer geschah vorwiegend selbstständig. Insgesamt erstreckte sich dieser Prozess über zwei Monate, nach denen 181 gültig und vollständig ausgefüllte Fragebögen als Ergebnis vorlagen.

Die Erhebung mittels anonymer Fragebögen im Rahmen dieser Diplomarbeit erfolgte im Mai und Juni 2009. Es handelte sich um eine stichprobenartige Erhebung der Allgemeinbevölkerung, die vor allem in den Bundesländern Wien, Oberösterreich und in der Steiermark durchgeführt wurde. Der größte Teil der Fragebögen wurde persönlich ausgeteilt. Zudem wurden einige Fragebögen der Einfachheit halber per Mail verschickt, und an die 30 Stück an einem Elternsprechtag in einer Linzer Schule an vorwiegend Müttern von Volksschulkindern ausgehändigt.

Beim Untersuchungssample handelt es sich um Personen unterschiedlichen Alters und aus unterschiedlichem sozialem Umfeld. Der Stichprobenumfang beträgt –wie bereits erwähnt- 181 Personen.

An dieser Stelle wäre zu sagen, dass eine umfassende Studie mit einer großen, geschichteten Stichprobe zwar wünschenswert wäre, den Rahmen dieser Diplomarbeit jedoch sprengen würde. Die Umfrage hat keinen repräsentativen Charakter, da es sich beim Studienkollektiv in dieser Arbeit nicht um eine Zufallsstichprobe handelt. Die erhaltenen Daten stellen somit nur Richtwerte dar, aus denen Tendenzen abgelesen werden können. Die Ergebnisse dieser Studie könnten allerdings als Grundlage für weitere, repräsentative Studien herangezogen werden.

Die Datenübernahme aus den Fragebögen und die statistische Auswertung zur Überprüfung und zum Testen der aufgestellten Hypothesen, sowie die graphische Darstellung der Ergebnisse, erfolgten mittels SPSS Statistics für Windows Version 17.0. Für alle Auswertungen wurde ein Signifikanzniveau von 5% herangezogen.

3.4 Ergebnisse

3.4.1 Beschreibung der Stichprobe

Die Verteilung der mit dem Fragebogen erfassten Probanden bezüglich des Merkmals Geschlecht ist in Tabelle 5 ersichtlich. Es wurden 84 Männer und 97 Frauen ausgewählt. Dieses Verhältnis in der Stichprobe (54% Frauen zu 47% Männern) entspricht annähernd der Zusammensetzung der österreichischen Bevölkerung (51% Frauen zu 49% Männern) und stellt somit eine grobe Quotenverteilung dar. Von dieser ausgehend ergab sich dann die zufällige Aufteilung nach den übrigen soziodemographischen Merkmalen (Alter, Ausbildung, Beruf und Ernährungsweise), die ebenfalls aus den untenstehenden Tabellen entnommen werden kann.

Tabelle 5: Verteilung der Stichprobe nach Geschlecht

Geschlecht	Häufigkeit	Prozent
Weiblich	97	53,6
Männlich	84	46,4
Gesamt	181	100,0

Tabelle 6: Verteilung der Stichprobe nach Alter

Alter	Häufigkeit	Prozent
18-30 Jahre	70	38,7
31-50 Jahre	62	34,3
51-85 Jahre	49	27,1
Gesamt	181	100,0

Tabelle 7: Verteilung der Stichprobe nach höchster abgeschlossener Ausbildung

	Häufigkeit	Prozent
Allgemeine Pflichtschule	39	21,5
Matura	60	33,1
Studium/Fachhochschule	82	45,3
Gesamt	181	100,0

Tabelle 8: Verteilung der Stichprobe nach derzeitigem Beruf

	Häufigkeit	Prozent
SchülerIn/StudentIn	34	17,7
Unselbständig erwerbstätig	110	59,1
Selbständig erwerbstätig	10	5,5
Im Haushalt tätig	6	3,3
PensionistIn	19	10,5
Sonstiges	2	3,9

Gesamt	181	100,0
--------	-----	-------

Unter Sonstiges wurde einmal folgender „Beruf“ genannt: in Karenz. Bei einer Person fehlt die genaue Angabe zur derzeitigen Beschäftigung.

Tabelle 9: Verteilung nach Ernährungsweise

	Häufigkeit	Prozent
Traditionelle Küche	48	26,5
Gesundheitsbewusste Ernährung	82	45,3
Strikte vegetarische Ernährung	2	1,1
Sonstiges	49	27,1
Gesamt	181	100,0

Die unter „Sonstiges“ genannte Ernährungsweise, setzte sich wie folgt zusammen:

Tabelle 10: Absolute und Relative Häufigkeit der unter „Sonstiges“ genannten Ernährungsweise

	Häufigkeit	Prozent
Mischkost: Kombination aus traditioneller Küche und gesundheitsbewusster Ernährung	34	18,8
Mischkost und v.a. Vollwert- und biologische Produkte	1	0,6
Gesundheitsbewusst mit zu wenig Fisch und einer Schwäche für Süßes	1	0,6
Mediterrane Ernährung/ Italienische Küche	1	0,6
Sportorientierte Ernährung mit wenig Fett und Kohlenhydraten mit hohem GI und hohem Proteinanteil	1	0,6
Eiweißreiche Ernährung mit Verzicht auf Zucker und Kohlenhydrate und Transfettsäuren	1	0,6
Fertiggerichte	1	0,6
Studentenküche	1	0,6
Was gerade zur Hand ist	1	0,6
Quer durch	1	0,6
Gesamt	43	24,8

Bei 6 Personen fehlen die Angaben über deren sonstige Ernährungsweise.

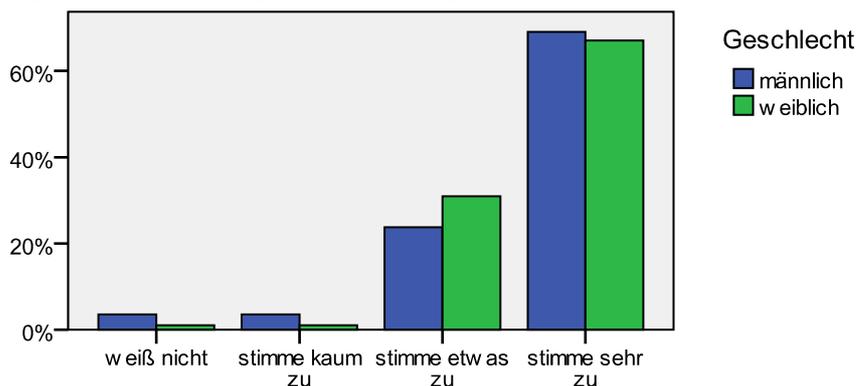
3.4.2 Statistische Auswertung der Fragen und Hypothesentestung

These 1: Die Allgemeinbevölkerung ist der Meinung, dass die Ernährung Einfluss auf die kognitive Leistungsfähigkeit und die Gehirnfunktionen eines Menschen hat.

Frage 1: *Inwieweit stimmen Sie folgender Aussage zu: Die Ernährung hat Auswirkungen auf das Gehirn.*

68% der befragten Personen sind der Ansicht, dass die Ernährung Einfluss auf das Gehirn hat. 27,2% stimmen mit der Aussage etwas überein. Jeweils 4 Personen unter den 181 Befragten stimmen kaum zu, bzw. können diese Frage nicht beantworten. Kein einziger Proband vertritt die Meinung, dass das Gehirn nicht von der Ernährung beeinflusst wird.

Abbildung 2: „Die Ernährung hat Auswirkungen auf das Gehirn.“ nach Geschlecht

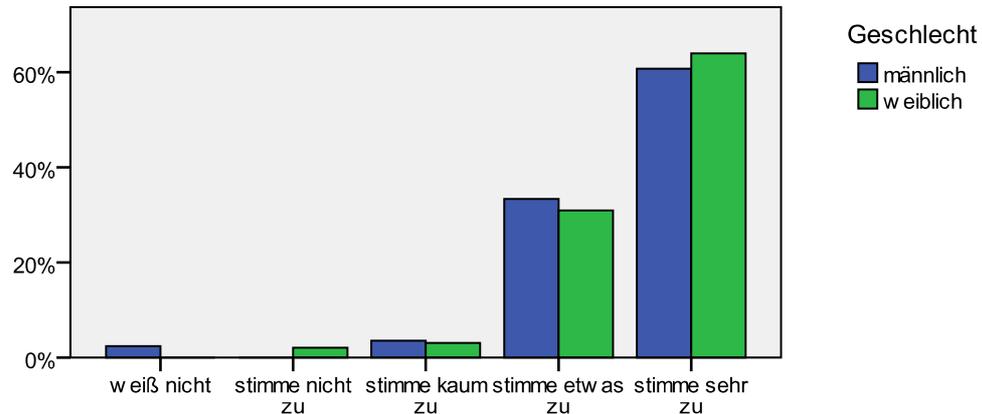


Frage 2: *Inwieweit stimmen Sie folgender Aussage zu: Durch die richtige Auswahl von Lebensmitteln kann das Gehirn und seine Funktionen positiv beeinflusst werden.*

62% stimmen komplett mit dieser Behauptung überein. Weitere 32% sind sich beinahe sicher, dass bestimmte Lebensmittel das Potential haben, die kognitive Leistungsfähigkeit positiv zu beeinflussen.

8 Personen stehen dieser Behauptung skeptisch gegenüber, 6 davon stimmen kaum zu, 2 davon gar nicht.

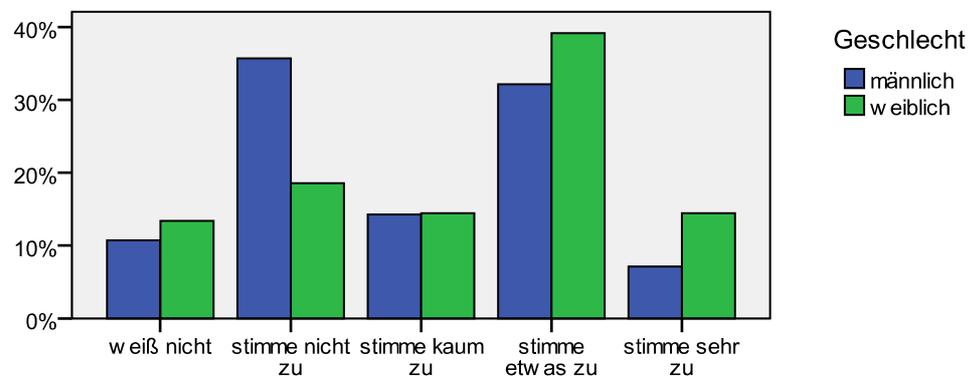
Abbildung 3: „Durch die richtige Auswahl von Lebensmitteln kann das Gehirn und seine Funktionen positiv beeinflusst werden.“ nach Geschlecht



Frage 3: *Inwieweit stimmen Sie folgender Aussage zu: Durch die Ernährung kann der IQ verändert werden.*

Bei dieser Frage ist sich die Allgemeinbevölkerung bereits unschlüssiger. Nur 20 Leute (11%) sind der festen Überzeugung, dass es möglich ist, den IQ durch die richtige Wahl an Lebensmittel zu beeinflussen. Auffallend ist, dass 14 davon weiblich und nur 6 männlich sind. Tatsächlich ist dieser Unterschied zwischen Männern und Frauen im Antwortverhalten signifikant ($p_3 = 0,052$). Die Mehrheit mit fast 36% stimmt dieser Aussage etwas zu. Nicht bzw. kaum stimmen 26,5% bzw. 14,4% zu. 30 Männer (35,7%) und 18 Frauen (18,6%) stimmen nicht zu. Mehr als doppelt so viele (48 zu 20) Personen halten diese Aussage eher für unglaubwürdig als für wahr. 12,2% enthalten sich ihrer Stimme.

Abbildung 4: „Durch die Ernährung kann der IQ verändert werden.“ nach Geschlecht



Bildet man den Mittelwert der Skala (von 1=„stimme nicht zu“ bis 4=„stimme sehr zu“), kann man die Tendenz bestimmen, mit welcher die Stichprobe den Aussagen zustimmt.

Frage 1 schneidet in dieser Hinsicht mit einem Punktescore von $3,67 \pm 0,52$ am Besten ab, wovon man ablesen kann, dass die Mehrheit der Personen sich der Wirkung der Ernährung auf das Gehirn bewusst ist. Auch Frage 2 hat einen Mittelwert näher bei 4 ($3,58 \pm 0,62$) und macht die Bestätigung der Studienteilnehmer für die Feststellung deutlich, dass man durch die richtige Auswahl von Lebensmitteln das Gehirn und seine Funktionen positiv beeinflussen kann.

Frage 3 nimmt eine Sonderstellung ein und weicht von den anderen zwei Fragen des Allgemeinteils insofern ab, als dass es niedriger bewertet wird und der Score nur bei $2,36 \pm 1,045$ liegt, wovon von einer großen Unsicherheit und Uneinigkeit bei den Befragten aufgrund der großen Streuung ausgegangen werden kann. Etwa die Hälfte spricht sich für eine Beeinflussung des IQs durch die Ernährung aus, die andere Hälfte jedoch ist eher gegenteiliger Ansicht.

Grundsätzliche Einflüsse der Ernährung auf das Gehirn und seine Funktionen (Frage 1 und 2) werden zwar angenommen, aber speziell auf die Intelligenzleistung (Frage 3) bezogen herrscht große Uneinigkeit im Antwortverhalten.

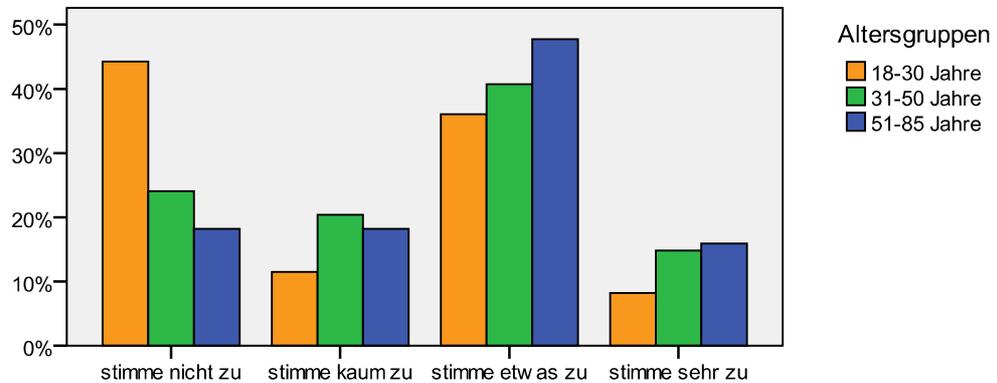
Teilt man die Testpersonen in bestimmte Alters-, Berufs-, Bildungsklassen und ebenso nach dem Ernährungsverhalten ein, kann man sozioökonomische und geschlechtsspezifische Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen im Antwortverhalten ermitteln.

Signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede in der Einstellung von der Wirkung der Ernährung auf das Gehirn, konnten bei Frage 3 ($p_3 = 0,052$) gefunden werden. Frauen tendierten hier eher dazu, sich dieser Aussage anzuschließen als Männer. Bei Frage 1 ($p_1 = 0,668$; $p_2 = 0,889$) und 2 kommt man zu keinen signifikanten Unterschieden zwischen den *Geschlechtern*.

Die Vermutung, dass das *Alter* bei der Meinungsbildung eine Rolle spielt, konnte nur bei Frage 3 statistisch bestätigt werden. ($p_3 = 0,007$; $\gamma_3 = 0,265$) Es stellte sich heraus, dass je jünger die Befragten waren, desto kritischer waren sie dieser Frage gegenüber. Bei den anderen Fragen konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den drei

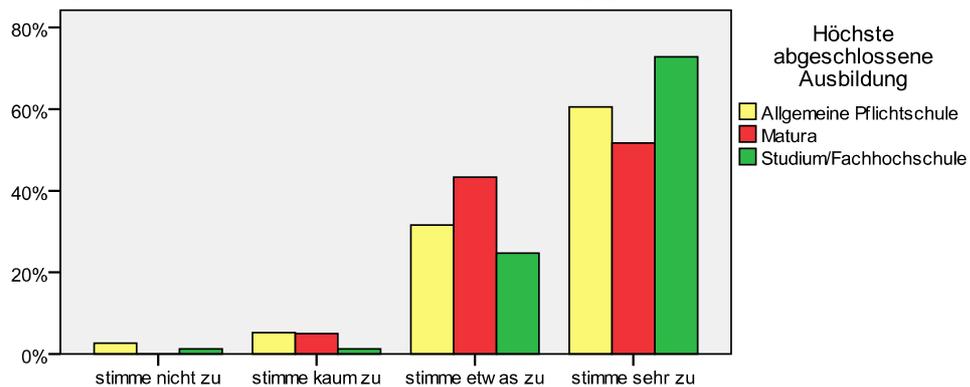
Altersgruppen(18-30 Jahre, 31-50 Jahre, 51-85 Jahre) gefunden werden. ($p_1=0,757$; $p_2=0,676$)

Abbildung 5: „Durch die Ernährung kann der IQ verändert werden.“ nach Altersgruppen



Aus den Daten konnte bei den Fragen 1 und 3 kein statistischer signifikanter Zusammenhang zwischen den drei *Ausbildungsgraden* (Allgemeine Pflichtschule, Matura und Studium/Fachhochschule) abgeleitet werden. Frage 2 jedoch wurde vor allem von Personen unterstützt, die die beste schulische Ausbildung mit abgeschlossenem Studium oder Fachhochschule angaben. ($p_2=0,038$; $\gamma_2=0,247$)

Abbildung 6: „Durch die richtige Auswahl von Lebensmitteln kann das Gehirn und seine Funktionen positiv beeinflusst werden.“ nach Ausbildungsgrad



Die jeweilige *Ernährungsweise* hatte keinen signifikanten Einfluss ($p_1=0,392$; $p_2=0,795$; $p_3=0,149$), wie bei den ersten drei Fragen des Allgemeinteils geantwortet wurde.

These 2: Für viele Menschen gelten Walnüsse, Obst und Gemüse, zuckerhaltige Lebensmittel und Fisch als Brainfood.

Im zweiten Teil des Fragebogens sollte ermittelt werden, welche Nahrungsmittel für die Allgemeinbevölkerung Auswirkungen auf das Gehirn und die damit verbundenen Denkleistungen haben. Tabelle 11 enthält die relativen Häufigkeiten der jeweiligen Beurteilung der einzelnen Lebensmittel.

Tabelle 11: Relative Häufigkeiten der Angaben zu den Einflüssen der abgefragten Nahrungsmittel auf die Denkleistung (Angaben in %)

Nahrungsmittel	Positiver Einfluss	Negativer Einfluss	Gar kein Einfluss	Weiß ich nicht	Fehlende Antwort
<u>Süßigkeiten:</u> (allgemein)	9,4	21,0	4,4	12,0	53,0
Haushaltszucker	16,6	43,1	17,1	23,2	-
Traubenzucker	51,9	23,2	8,8	16,0	-
Schokolade	69,6	15,5	4,4	10,5	-
					-
<u>Gemüse:</u> (allgemein)	34,4	-	6,1	6,6	53,0
Kartoffeln	49,2	2,8	23,8	24,3	-
Tomaten	47,0	0,6	28,2	24,3	-
Hülsenfrüchte (Bohnen, Erbsen, Soja, usw.)	68,0	3,9	11,6	16,6	-
					-
<u>Obst:</u> (allgemein)	38,1	-	2,8	4,4	54,7
Äpfel	77,9	1,7	9,9	10,5	-
Zitrusfrüchte (Orangen, Zitronen, usw.)	55,8	2,2	20,4	21,5	-
Bananen	76,2	0,6	11,6	11,6	-
Beeren (Himbeeren, Brombeeren, Ribiseln, Erdbeeren, usw.)	62,4	-	15,5	22,1	-
					-
<u>Nüsse:</u> (allgemein)	45,9	-	1,1	2,8	50,3
Walnüsse	91,2	0,6	0,6	5,5	-
Haselnüsse	78,5	0,6	5,0	16,0	-
					-
<u>Getreide und Getreideprodukte:</u>	14,4	1,7	2,2	2,8	77,3
Weißbrot, Semmel	9,9	40,3	33,1	16,6	-
Schwarzbrot,	47,5	2,8	30,4	19,3	-

Mischbrot					
Vollkornbrot	77,3	1,1	11,6	9,9	-
Haferflocken	68,0	2,2	13,8	16,0	-
Müsli	74,6	2,2	8,8	14,4	-
Cornflakes und andere Frühstückscerealien:	27,1	14,9	23,3	34,3	-
<hr/>					
<u>Tierische Produkte:</u>	11,6	-	6,6	7,7	74,0
Milch	58,6	2,8	18,8	19,9	-
Eier	42,0	6,6	26,0	25,4	-
Käse	40,3	6,1	28,7	24,3	-
Schweinefleisch	17,7	24,3	23,8	34,3	-
Rindfleisch	33,7	7,2	26,0	33,1	-
Geflügel	43,6	2,2	24,9	29,3	-
Wurst	8,8	37,6	25,4	28,2	-
<hr/>					
<u>Fisch, -produkte (allgemein)</u>	33,7	0,6	4,4	9,9	51,4
Makrele	52,3	4,4	12,2	30,9	-
Scholle	62,4	0,6	12,7	24,3	-
<hr/>					
<u>Getränke: (allgemein)</u>	18,2	0,6	2,2	8,3	70,7
Wasser	87,7		8,8	3,3	-
Obst-, Gemüsesäfte	56,9	10,5	11,0	21,5	-
Cola-Getränke und Limonaden	9,9	66,9	11,0	12,2	-
Kaffee	38,7	33,7	11,0	16,6	-
Schwarztee	39,2	29,3	12,7	18,8	-
Grüntee	65,2	9,4	9,9	15,5	-
<hr/>					
Multivitamin-tabletten als Nahrungsergänzung	21,0	10,5	28,7	39,8	-
Lebensmittelzusatzstoffe (Konservierungs-, Aroma-, Farbstoffe, etc.)	1,1	50,3	21,0	27,6	-

Vergleicht man die Akzeptanz von *Haushaltszucker* zu *Traubenzucker*, bestätigt sich meine Vermutung: Während nach dem Konsum von Haushaltszucker vorrangig negative Auswirkungen zu erwarten sind, wie 43,1% der Befragten der Meinung sind, werden diese bei Traubenzucker nur von 23,2% angenommen. Umgekehrt halten 51,9% Traubenzucker für besonders effektiv im Bezug auf Denkleistungsoptimierung, während nur 16,6% dem Haushaltszucker einen positiven Einfluss zusprechen. Die

Ergebnisse legen für mich die Vermutung nahe, dass der Zusammenhang zwischen Zucker und eventuellen Verhaltensstörungen weniger bekannt ist, als angenommen.

Schokolade ist als Mood Food durchaus bekannt. 69,6% schätzen den positiven Einfluss von Schokolade. 15,5% hingegen sind der Ansicht, dass man Schokolade möglicherweise aufgrund ihrer Nährstoffdichte nur mit Vorsicht genießen sollte.

Es gibt tatsächlich einen Unterschied im Stellenwert von *Walnüssen* und *Haselnüssen*. 91,2% vertrauen völlig auf die positive Wirkung von Walnüssen, während sich bei Haselnüssen nur mehr 78,5% des Studienkollektivs sicher sind.

Deutlich wird ein Gradient in der Akzeptanz von Brotwaren. 9,9% halten *Weißbrot* und *Semmeln* für positiv und 40,3% für negativ. 47,5% sehen *Schwarz-* und *Mischbrot* positiv an und 77,3% *Vollkornbrot*. Somit werden raffinierte Weißmehlprodukte wahrhaftig eher abgelehnt, als solche mit höherem Ausmahlungsgrad.

Eier haben einen erstaunlich guten Ruf, denn nur 6,6% sprechen ihnen negative Wirkungen im Bezug auf das Gehirn zu. 42,0% befürworten Eier, 26,0% halten sie für unwirksam.

Geflügelfleisch hat unter den Fleischsorten das beste Image mit 43,6% Fürsprechern. An zweiter Stelle folgt *Rindfleisch*, das von 33,7% zustimmend aufgenommen wird. *Schweinefleisch* hat für 17,7% eine günstige Wirkung, jedoch für 24,3% auch eine Nachteilige.

Wurstwaren werden ungünstig wahrgenommen. 37,6% lehnen Wurst als Brainfood ab, wobei 25,4% auch der Meinung sind, dass das Gehirn keine Konsequenzen durch Wurstverzehr zu erwarten hätte. 28,2% sind sich bei dieser Frage unschlüssig.

Makrelen sind mit 52,3% weniger angesehen als *Scholle* mit 62,4%, was hinsichtlich ihres Fettgehaltes nach derzeitigem Forschungsstand nicht bestätigt werden kann. Auch ist das Unwissen bei den beiden Fischarten sehr hoch. 30,9% zu 24,3% können über die Wirkung von Fischen keine Angaben machen.

Wasser ist mit 87,7% das Getränk mit der größten Zustimmung. Keine einzige Person sprach sich für einen negativen Einfluss von Wasser auf die Gehirnfunktion aus. *Frucht- und Gemüsesäfte* haben laut dem Großteil der Befragten (56,9%) ebenfalls einen positiven Einfluss, während *Cola-Getränke* und *Limonaden* für 66,9% die Denkleistung negativ beeinträchtigt. Besonders konträr sind die Antworten beim Einfluss des *Kaffees*: 38,7% halten ihn für positiv, 33,7% für negativ und 16,6% sind sich unschlüssig. *Grüntee* hat ebenfalls einen sehr guten Ruf, denn mit 65,2% Fürsprechern steht es weit oben auf der Liste der positiv genannten Lebensmittel. Beim *Schwarztee* teilen sich die Meinungen wieder: 39,2% sprechen sich für eine günstige, 29,3% für eine ungünstige Wirkung aus.

Unsicherheit herrscht auch bei den Angaben zu *Multivitamin-tabletten*. 39,8% wissen nicht, wie sie Nahrungsergänzungsmittel einordnen sollen. 21,0% sind der Meinung, dass man seinem Gehirn etwas Gutes tut, 10,5% haben die gegenteilige Ansicht. 28,7% halten Multivitamin-tabletten als überflüssig und unwirksam im Bezug auf kognitive Prozesse.

Auch *Lebensmittelzusatzstoffe* sind einer starken Abneigung ausgesetzt. Mehr als die Hälfte der Probanden (50,3%) hält den Einfluss der Lebensmitteladditive für bedenklich, was deren Wirkung auf das Gehirn betrifft. 21,0% gehen davon aus, dass gar kein Einfluss zu erwarten ist. 27,6% wissen darauf keine Antwort.

Leider wurde bei den Lebensmittelgruppen-Überbegriffen oft auf eine Beurteilung vergessen, sodass man diese statistisch nicht auswerten konnte, weil oft sogar mehr als die Hälfte der Antworten fehlt.

Eigene Ergänzungen

Die Studienteilnehmer hatten die Möglichkeit in Leerzeilen selbst Lebensmittel einzutragen, wenn sie ihnen erwähnenswert erschienen. Folgende Lebensmittel und Lebensstilfaktoren wurden hinzugefügt (Tabelle 12).

Tabelle 12: Absolute Häufigkeiten zusätzlich genannter Nahrungsmittel- und Inhaltsstoffe bzw. Lebensstilfaktoren in der Kategorie „Positiver Einfluss“ bzw. „Negativer Einfluss“

Eigene Ergänzungen	Positiver Einfluss	Eigene Ergänzungen	Negativer Einfluss
Bitterschokolade	1	Milchschnitten	1
Honig	1	Kuchen, Torten	1
Müsliriegel	1	Unreifes Obst und Gemüse	1
Zwiebeln	1	Kohlensäurehaltige Getränke	1
Karotten	2	Alkoholische Getränke	2
Salat	1	Mangelernährung	1
Ingwer	1	Gesamt	7
Getrocknete Früchte	1		
Birnen	1		
Kiwi	2		
Ungesüßte Lebensmittel	1		
Reis	1		
Nudeln	2		
Dinkel	1		
Vollkornprodukte	1		
Milch von geweideten Kühen	1		
Freilandeier	1		
Joghurt	2		
Lachs	1		
Forelle	1		
Iodiertes Salz	1		
Distelöl	1		
Kombucha	1		
Lecithin	1		
Ginseng	1		
Gingko	1		
Efedrin	1		
Vielseitige ausgewogene Ernährung	1		
Biologische Lebensmittel	1		
Sauerstoff und Bewegung	1		
Gesamt	35		

Zusätzlich positiv genannt wurden vier weitere Gemüsesorten (*Zwiebeln, Ingwer, Salat und Karotten*) und auch zwei Obstsorten (*Kiwi und Birnen*). Kiwis und Karotten wurden sogar von jeweils zwei Personen extra erwähnt.

Hingegen wird *unreifes Obst und Gemüse* von einer Person als schädlich für das Gehirn angesehen.

Grundsätzlich sollten laut einer Meinung *biologische Lebensmittel* gegenüber konventionellen Lebensmitteln bevorzugt werden, vermutlich deshalb, weil diese im Vergleich ein besseres Nährstoffprofil und einen niedrigeren Schadstoffgehalt aufweisen. Herbizide, Pestizide und Schwermetalle, die über Nahrungsmittel in den Organismus gelangen, könnten die Entwicklung von Immunsystem, Gehirn oder die Leber bei Kindern nachhaltig schädigen. Da Pflanzenschutzmittel in der Regel aber sachgerecht eingesetzt werden und die gesetzlichen Vorgaben eingehalten werden, sind auch bei hohem Verzehr von Obst und Gemüse keine negativen Effekte auf die Gesundheit zu erwarten. [Elmadfa, 2004]

Bitterschokolade, Schokolade mit einem hohen Kakaoanteil (über 70%), ist durch einen hohen Anteil an Antioxidantien (Flavonoiden) charakterisiert und wurde im Fragebogen einmal gesondert angeführt.

Müsliriegel geben aufgrund ihres hohen Energie- und Zuckergehaltes schnell Energie, wenn diese gebraucht wird und galten bei einer Person auch hinsichtlich ihres Getreide- und Ballaststoffanteils als positiv.

Honig als alternatives Süßungsmittel wurde von einer Person in der Kategorie „positiver Einfluss“ angegeben.

Reis, Nudeln, Dinkel- und Vollkornprodukte waren die Lebensmittel, die in der Lebensmittelgruppe „Getreide- und Getreideprodukte“ zusätzlich positiv erwähnt wurden. Unter tierische Produkte wurden jeweils einmal *„Milch von geweideten Kühen“* und *Freiland Eier* und zweimal *Joghurt* positiv genannt.

Extra hervorgehoben wurden auch zwei weitere Fischarten, nämlich *Lachs* und *Forelle*, was aus wissenschaftlicher Sicht durchaus zu befürworten ist. *Jodiertes Speisesalz*, das von einer Person ausdrücklich günstig angemerkt wurde, trägt in Europa maßgeblich zur Jodversorgung bei und wird deshalb auch in der Wissenschaft positiv angesehen.

Distelöl als hochwertiges Pflanzenöl mit einer guten Fettsäurezusammensetzung wurde im Fragebogen einmal gesondert mit einem positiven Effekt ausgezeichnet.

Negative Effekte auf den Blutzuckerspiegel und demnach auf bestimmte kognitive Prozesse stellen für jeweils eine Person *Milchschnitten* und „*Kuchen und Torten*“ dar. *Kohlensäurehaltige Getränke*, denen in der Populärwissenschaft säurebildende negative Effekte nachgesagt werden, werden auch hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Gehirnfunktion von einer Person als ungünstig angesehen. *Alkoholische Getränke* wurden von zwei Personen als Brainfood abgelehnt, was ja auch im theoretischen Teil schon bestätigt worden ist.

Eine Person war sich auch der günstigen Wirkung von *Lecithin* auf das Gehirn bewusst. Eine weitere Person nannte zusätzlich „*Ginseng*“ und „*Ginkgo Biloba*“ als Brainfood. Es gibt eine Reihe von Pflanzen, die in traditionellen Medizinsystemen als Hirntonika gelten. Vor allem Ginseng, aber auch Ginkgo biloba, ein Extrakt der Blätter des Ginkgobaumes, haben schon seit längerem die Aufmerksamkeit vieler Naturheilkundler auf sich gezogen, da diese Heilpflanzen die Gehirntätigkeit aktivieren, die Gedächtnisleistung, Konzentrationskraft und Stressresistenz fördern sollen. Sorgfältig durchgeführte Studien zeigten aber meist unsignifikante Resultate ohne Wirkung auch bei regelmäßiger Einnahme. Die klinische Literatur schließt daraus, dass es keinen offensichtlichen Beweis für positive Effekte auf die physische oder kognitive Leistungsfähigkeit gibt. [Liebermann, 2001]

Eine Befragte gab in der Kategorie „positiver Einfluss“ die Lebensstilfaktoren „*Sauerstoff und Bewegung*“ an. In Tierversuchsstudien konnte tatsächlich festgestellt werden, dass körperliche Betätigung die Gedächtnisleistung und Lernleistung begünstigt, die Neubildung von Neuronen unterstützt und das Nervensystem vor Verletzung und neurodegenerativen Erkrankungen schützen kann. Auch in klinischen Studien konnte bestätigt werden, dass moderate Bewegung bestimmte kognitive Prozesse bei Schulkindern mit zerebraler Kinderlähmung und Leseschwäche verbessern kann. Die wissenschaftliche Literatur geht tatsächlich davon aus, dass körperliche Aktivität für Kinder und Jugendliche für die Hirnfunktionen von großer Bedeutung ist. [Ploughman, 2008]

Die ungünstigen Effekte von *Mangelernährung* wurden ebenfalls einmal von einer Person unterstrichen. Dieselbe Person sprach einer „*vielseitigen ausgewogenen*“

Ernährung“ besonders günstige Eigenschaften auf das Gehirn und seinen Funktionen zu, was auch aus wissenschaftlicher Sicht derzeit bekräftigt werden kann.

Über *Efedrin* und *Kombucha*, zwei zusätzlich positiv genannten Faktoren, konnte ich in der Literatur bezüglich ihrer Wirkung auf die Denkleistung leider nichts ausfindig machen.

Einige ausgewählte Ergebnisse der Fragebogenstudie sind nochmals in eigenen Tabellen bzw. Graphiken hervorgehoben:

Die Nahrungsmittel mit den höchsten %-Werten in der Kategorie „positiver Einfluss“

Tabelle 13: Die Nahrungsmittel mit den höchsten %-Werten in der Kategorie „positiver Einfluss“

Nahrungsmittel	Prozent
Walnüsse	91,2
Wasser	87,7
Äpfel	77,9
Vollkornbrot	77,3
Bananen	76,2
Müsli	74,6

Als typisches Brainfood gelten in der Allgemeinbevölkerung Walnüsse, Wasser, Äpfel, Vollkornbrot, Bananen und Müsli.

Die meisten positiven Antworten mit mehr als 90% (n=165) bekommen Walnüsse für ihre erwarteten günstigen Wirkungen auf das Gehirn.

Bei fast 90% (n=159) aller Befragten hat Wasser einen vorwiegend positiven Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Gehirns. Äpfel stehen hoch in der Gunst der österreichischen Bevölkerung (n=141), auch was die Auswirkungen auf das Denkvermögen betrifft. Auch das Potential von Vollkornbrot, für das Gehirn eine wichtige Rolle zu spielen, wird von 77,3% (n=140) der Stichprobe nicht unterschätzt. Bananen haben als stärkehaltige Energielieferanten einen guten Ruf als Leistungsförderer (n=138). Mit 74,6% (n=135) steht das Müsli mit seiner potentiellen Wirkung auf die kognitive Leistungsfähigkeit an der sechsten Stelle, was hinsichtlich des Frühstücksschwerpunktes sehr interessant ist. 5 Personen machten an dieser Stelle einen Vermerk, dass es sich hierbei um zuckerfreie, ungesüßte Vollkornprodukte handeln sollte.

Somit bilden die Spitze der meist unterstützten Lebensmittel zwei Obstsorten, Walnüsse, Vollkornbrot, eine angemessene Flüssigkeitszufuhr mit Wasser und eine vollwertige Mahlzeit aus Müsli. Aus gegenwärtiger wissenschaftlicher Sicht können all diese Bewertungen der Probanden nur unterstützt werden, was ich persönlich als positiv bewerte.

Bei der Auswertung der Hypothese wurden die als Brainfood angenommenen Lebensmitteln (vgl. These 2: Walnüsse, Obst und Gemüse, zuckerhaltige Lebensmittel und Fisch) durch einen Index zusammengefasst, der in weiterer Folge mit den von mir vermuteten nicht-typischen als Brainfood geltenden Lebensmitteln (alle weiteren Lebensmittelgruppen) verglichen wurde, um festzustellen ob ein statistischer Zusammenhang zwischen diesen beiden Gruppen besteht. Mit Hilfe des t-Tests für gepaarte Stichproben wurde ein Mittelwertsvergleich der beiden Gruppen durchgeführt, der zu einem hochsignifikanten Ergebnis führte. ($p \leq 0,000$) Tatsächlich wurden die von mir als Brainfood markierten Lebensmittel in der Regel häufiger mit einem positiven Einfluss assoziiert, als jene die nicht als bekannt gelten.

Die Nahrungsmittel mit den höchsten %-Werten in der Kategorie „negativer Einfluss“

Tabelle 14: Die Nahrungsmittel mit den höchsten %-Werten in der Kategorie „negativer Einfluss“

Nahrungsmittel	Prozent
Cola-Getränke und Limonaden	66,9
Lebensmittelzusatzstoffe	50,3
Haushaltszucker	43,1
Weißbrot, Semmel	40,3
Wurst	37,6
Kaffee	33,7

Cola-Getränke und Limonaden, Lebensmittelzusatzstoffe, Haushaltszucker, Weißbrot, Wurstwaren und Kaffee werden hinsichtlich ihres Einflusses auf das Gehirn sehr negativ bewertet.

An der Spitze der „Leistungskiller“ stehen mit beinahe 70% (n=121) aller negativen Antworten stark gezuckerte Getränke: Cola-Getränke und Limonaden. Lebensmittelzusatzstoffe werden von etwa der Hälfte (50,3%; n=91) als schädlich für das kindliche Gehirn eingestuft. Auch der Haushaltszucker hat hinsichtlich seiner

Wirkungen auf das Denkvermögen einen schlechten Ruf (43,1%; n=78). Weißbrot und Semmeln werden negativ angesehen (40,3%; n=73). Wurstwaren stehen mit 37,6% (n=68) an fünfter Stelle, anschließend kommt mit einem Drittel an negativen Antworten Kaffee (33,7%; n=61).

Die Nahrungsmittel mit den höchsten %-Werten in der Kategorie „gar kein Einfluss“

Tabelle 15: Die Nahrungsmittel mit den höchsten %-Werten in der Kategorie „gar kein Einfluss“

Nahrungsmittel	Prozent
Weißbrot, Semmel	33,1
Schwarzbrot, Mischbrot	30,4
Multivitamin-tabletten	28,7
Käse	28,7
Tomaten	28,2
Eier	26,0

33,1% (n=60) bezeichnen Weißbrot bzw. Semmeln als unwirksam in Bezug auf die Denkleistung. 30,4% (n=55) aller Befragten sind der Ansicht, dass auch der Verzehr von Misch- oder Schwarzbrot das Gehirn in keiner Weise beeinflusst. Multivitamin-tabletten als Nahrungsergänzung zeigen für 28,7% (n=52) keine Wirkung, ebenso der Verzehr von Käse (28,7%; n=52), Tomaten (28,2%; n=51) und Eiern (26%; n=47).

Nach eingehender Prüfung der wissenschaftlichen Literatur würde ich die Einschätzung der Befragten als teilweise aufklärungsbedürftig bewerten. Vor allem Tomaten als eine Gemüsesorte mit hoher antioxidativer Kapazität, hätte ich persönlich einen höheren Stellenwert zugesprochen. Eier sind reich an Cholin und hochwertigem Protein und aus diesem Grund bei angemessener Zufuhr durchaus positiv zu bewerten.

Semmeln und Weißbrot sind schnell verfügbare Energiequellen und aufgrund ihrer Wirkung auf den Blutzuckerspiegel als gehirnaktiv anzusehen, ob in positiver oder negativer Hinsicht, liegt daran, ob man die Wirkung kurzfristig oder längerfristig betrachtet. (vgl. Kapitel „Süßwaren“)

Die Wirkung von Multivitamin-tabletten hängt vom gegenwärtigen Ernährungsstatus ab, kann aber bei vorhandenen Defiziten durchaus positive Wirkung zeigen. (vgl. Kapitel „Multivitamin-tabletten als Nahrungsergänzung“)

Die Nahrungsmittel mit den höchsten %-Werten in der Kategorie „weiß ich nicht“

Tabelle 16: Die Nahrungsmittel mit den höchsten %-Werten in der Kategorie „weiß ich nicht“.

Nahrungsmittel	Prozent
Multivitamin-tabletten	39,8
Schweinefleisch	34,3
Rindfleisch	33,1
Makrele	30,9
Geflügel	29,3
Wurst	28,2

Aufklärungsbedarf herrscht bei der Wirkung von Multivitamin-tabletten. 72 Personen (39,8%) wissen nicht, in welche Kategorie sie Nahrungsergänzungsmittel einordnen sollen.

Auffallend ist, dass die Befragten was tierische Produkte betrifft eher uninformiert sind, was eindeutig für den Bedarf von lebensmittelbasierten Empfehlungen in diesem Bereich hindeutet. Schweine-(34,3%; n=62) und Rindfleisch(33,1%; n=60), Makrele(30,9%; n=56), Geflügel(29,3%; n=53) und Wurstwaren(28,2%; n=51) können hinsichtlich ihres Einflusses auf das Gehirn von fast einem Drittel der Befragten nicht bewertet werden.

Wie aus dem Theorieteil zu entnehmen, sollten tierische Produkte aufgrund ihrer Fettsäurezusammensetzung, ihrem hohen Cholesterin-, Kochsalz und Energiegehalt zwar nur mäßig zu verzehrt werden, tragen aber dennoch maßgeblich zur Versorgung mit essentiellen Nährstoffen (Eisen, Zink, essentielle Aminosäuren und B-Vitamin-Komplex) bei und haben deshalb auch einen festen Platz in einer ausgewogenen Ernährungsweise von Kindern. Vor allem der Konsum von Fisch- und Fischprodukten liegt in Österreich unter den Richtwerten [Elmadfa et al., 2009], was angesichts der Tatsache, dass vor allem fettreiche Seefische hohe Mengen an Jod, hochwertigem Protein, und den ernährungsphysiologisch wertvollen n-3 Fettsäuren liefern, als kritisch zu betrachten ist. Wie bereits erwähnt, mehren sich Hinweise, die einen Zusammenhang zwischen n-3 Fettsäuren und der Kontrolle von neurologischen Störungen wie dem Auftreten von Legasthenie und Aufmerksamkeitsdefizitstörungen vermuten lassen. [Burger, 2005] Wenn dem Gehirngewebe die richtigen Fettmoleküle vorenthalten werden, können sich Mangelercheinungen entwickeln, die sich in Lernschwierigkeiten und kognitiven Beeinträchtigungen manifestieren. Diese Tatsache scheint in der

Bevölkerung nur wenig verbreitet zu sein, und zeigt die Notwendigkeit der Intervention auf. Nur rund die Hälfte des Studienkollektivs (52,5%, n=95) spricht der Makrele (als fetten Seefisch) eine leistungsfördernde Wirkung zu, 8 Personen eine negative und 22 Befragte erteilen dieser gar keinen Einfluss auf das Gehirn.

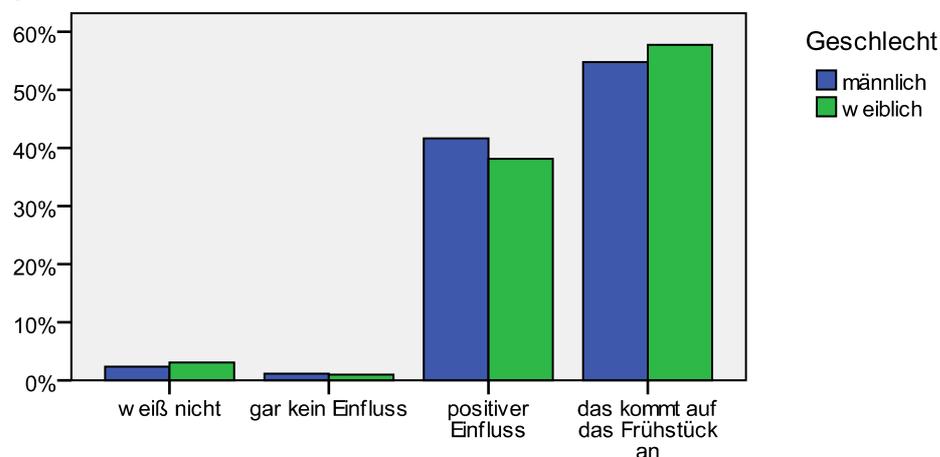
These 3: Frühstück und Schuljause werden in der Gesellschaft als wirksamer und effizienter Treibstoff für unsere Schulkinder angesehen.

Frage 5: Inwieweit glauben Sie, dass das Frühstück einen Einfluss auf die akademische/schulische Leistungen eines Schulkindes hat.

Grundsätzlich sind die Untersuchungsteilnehmer dem Frühstück gegenüber positiv eingestellt. Beinahe 40% glauben, dass das Frühstück einen positiven Einfluss auf die schulische Leistung eines Schulkindes hat. Für keinen einzigen Befragten hat das Frühstück grundsätzlich negative Auswirkungen, wenn auch 2 Personen der Ansicht sind, es mache keinen Unterschied, ob man frühstückt oder nicht.

Mehr als die Hälfte jedoch macht den Einfluss von der Zusammensetzung des Frühstücks abhängig. Für 56,4% kommt es sehr wohl darauf an, was in der Früh zu sich genommen wird. Es besteht demnach also die Möglichkeit, mit einem „falschen“ Frühstück die Leistungsfähigkeit zu beeinträchtigen.

Abbildung 7: Inwieweit glauben Sie, dass das Frühstück einen Einfluss auf die akademische Leistung eines Schulkindes hat? nach Geschlecht



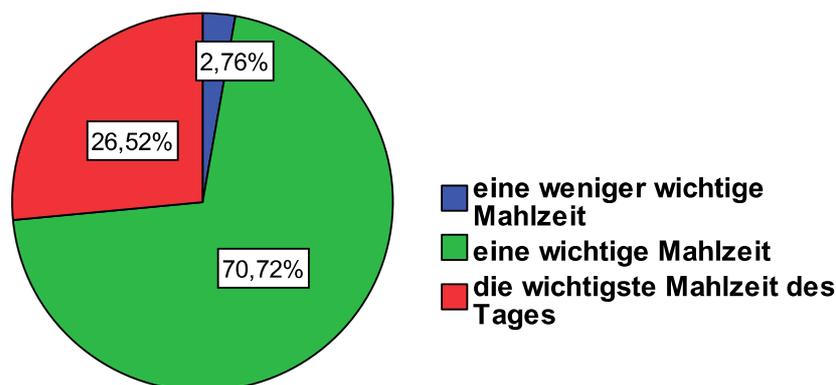
Frage 6: *Für wie wichtig halten Sie persönlich das Frühstück eines Schulkindes vor der Schule?*

Die Frage nach dem Stellenwert des Frühstücks als Mahlzeit, beantwortet rund ein Drittel des Studienkollektivs mit „eine wichtige Mahlzeit“. Für 26,5% stellt das Frühstück sogar die wichtigste Mahlzeit des Tages dar.

5 Personen halten das Frühstück für eine weniger wichtige Mahlzeit. Dieser Ansicht sind 4 Männer und eine Frau.

In den anderen Kategorien sind keine deutlichen geschlechtsspezifischen Unterschiede zu erkennen. 23,8% bzw. 71,4% der Männer und 28,9% bzw. 70,1% der weiblichen Probanden sehen das Frühstück als wichtigste bzw. wichtige Mahlzeit.

Abbildung 8: Für wie wichtig halten Sie persönlich das Frühstück eines Schulkindes vor der Schule?

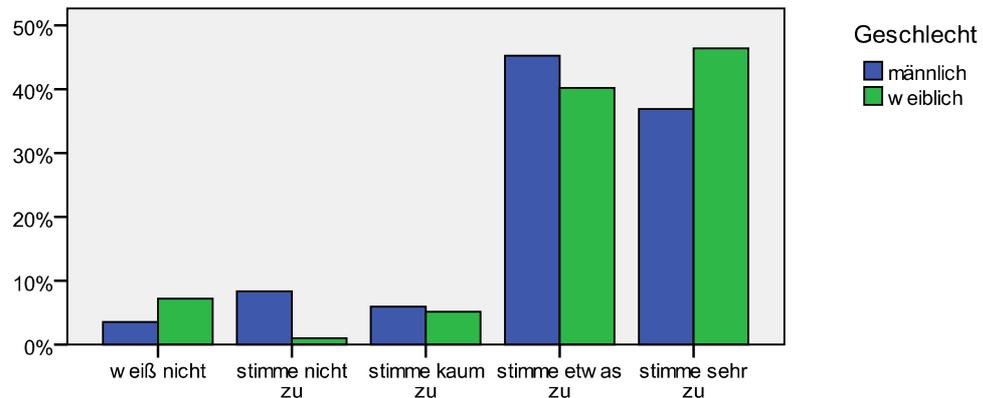


Frage 7: *Inwieweit stimmen Sie folgender Aussage zu: Das Auslassen einer Frühstücksmahlzeit wirkt sich negativ auf die Denkleistung des Schulkindes aus.*

Der Frage, ob ein Schulkind nach dem Auslassen einer Frühstücksmahlzeit mit negativen Auswirkungen zu rechnen hätte, stimmen 42,0% sehr und 42,5% etwas zu. Für 5,5% spielt das Auslassen kaum eine Rolle, und für 4,4% ist das morgendliche Fasten völlig egal. 10 Personen sind unschlussig.

Interessant ist, dass vor allem Männer diese Frage mit „stimme nicht zu“ beantworten. 46,4% aller Frauen stimmen ganz zu, jedoch nur 36,9% aller Männer. Dieser Unterschied stellte sich nach statistischer Prüfung sogar als signifikant heraus. ($p_7=0,051$; $\gamma_7=0,257$)

Abbildung 9: „Das Auslassen einer Frühstücksmahlzeit wirkt sich negativ auf die Denkleistung eines Schulkindes aus.“ nach Geschlecht

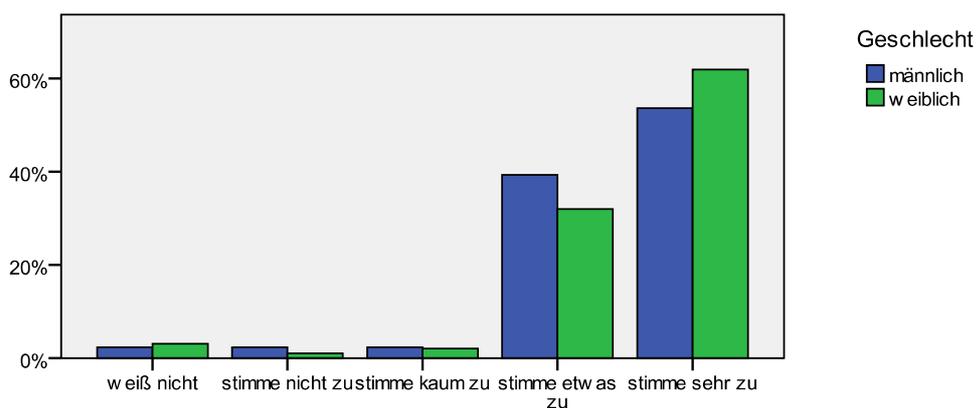


Frage 8: *Inwieweit stimmen Sie folgender Aussage zu: Die Jause in der Schulpause ist für die kognitive Leistungsfähigkeit, das Konzentrationsvermögen und die Gehirnfunktion eines Schulkindes von großer Bedeutung.*

Die Schuljause spielt für 58% eine sehr große Rolle, rund ein Drittel der Probanden hält das Pausenbrot etwas bedeutsam, 3 Personen gar nicht und 4 Personen kaum. 5 Personen enthielten sich der Stimme.

61,9% der Frauen und 53,6% der Männer messen der Jause eine sehr große Bedeutung bei. Dieses unterschiedliche Antwortverhalten war jedoch nicht signifikant.

Abbildung 10: „Die Jause in der Schulpause ist für die kognitive Leistungsfähigkeit, das Konzentrationsvermögen und die Gehirnfunktion eines Schulkindes von großer Bedeutung.“ nach Geschlecht



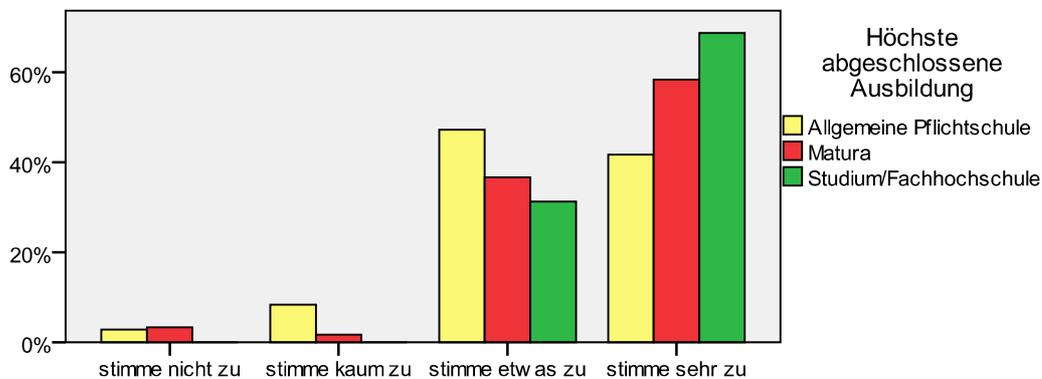
Der Punktescore der Frage 7 liegt bei $3,29 \pm 0,780$ ($n=171$) und ist geringer als der von Frage 8, die einen Wert von $3,54 \pm 0,631$ ($n=176$) erreicht. Die Streuung ist bei beiden Fragen unter 1, was auf Einigkeit und Übereinstimmung hindeutet. Sowohl dem

Frühstück, als auch dem Pausenbrot werden demnach tendenziell große Bedeutungen beigemessen.

Es konnte ein signifikanter Unterschied im Antwortverhalten zwischen *Männern* und *Frauen* bei Frage 7 ($p_7= 0,051$; $\gamma_7= 0,257$), nicht aber Frage 8 ($p_8= 0,631$) gefunden werden. (siehe Abbildung 9)

Die *Ausbildung* war bei Frage 8 ($p_8= 0,003$; $\gamma_8= 0,354$) ein signifikanter Einflussfaktor, wie geantwortet wurde, nicht aber bei Frage 7 ($p_7= 0,809$).

Abbildung 11: „Die Jause in der Schulpause ist für die kognitive Leistungsfähigkeit, das Konzentrationsvermögen und die Gehirnfunktion eines Schulkindes von großer Bedeutung.“ nach Ausbildungsgrad



Untersucht man die Stichprobe, fand man keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der *Ernährungsweise* und dem *Alter* bei der Beantwortung der Fragen 7 und 8.

4 Diskussion

Der Großteil des Studienkollektivs hält es für möglich, dass die kognitive Leistungsfähigkeit durch diätetische Maßnahmen verändert werden kann. Kein einziger Proband ist der Ansicht, dass das Gehirn völlig unabhängig von der Ernährung arbeitet. 68% stimmen sogar völlig zu, dass die Ernährung Auswirkungen auf das Gehirn hat.

Somit stimmt die Meinung der Allgemeinbevölkerung auch mit der Meinung der Wissenschaft überein, da es tatsächlich Hinweise darauf gibt, dass das genetische Potential der kognitiven Fähigkeiten durch die Ernährung beeinflusst werden kann.

Heute kann man davon ausgehen, dass sowohl Makro- also auch Mikronährstoffe unmittelbaren Einfluss auf die Gehirnzellen und damit auf die einzelnen Kognitionen haben. [Kiefer et al., 2006; Kiefer et Zifko, 2006]

Dass man durch die richtige Auswahl von Lebensmitteln das Gehirn und seine Funktionen positiv beeinflussen kann, finden auch 62% der befragten Personen. Die ausreichende Versorgung mit Energie und allen Nährstoffen sorgt für die optimale Leistung und regelt die Leistungsbereitschaft. Gerade Kinder haben aufgrund Ihres Wachstums einen hohen Bedarf an Vitaminen und Nährstoffen und reagieren sehr schnell auf Defizite. Für sie ist die Qualität der Ernährung von besonderer Bedeutung, da nicht nur kurzfristige Konzentrationsstörungen auftreten können, sondern die geistige und auch körperliche Entwicklung durch Fehlernährung beeinträchtigt werden kann. [Kiefer et al., 2006] Neben der kurzfristigen Verbesserung der Hirnleistungsfähigkeit kann man durch eine langfristig richtige Ernährung sowohl die Gefäßsituation und somit Durchblutung des Gehirns als auch den Hirnstoffwechsel über Jahre hinaus verbessern. [Kiefer et Zifko, 2006]

Bei der Frage nach dem Einfluss der Ernährung auf den Intelligenzquotienten, den man als direkten Indikator für den Sammelbegriff „Intelligenz“ ansehen kann, fallen die Antworten der Kandidaten schon skeptischer aus. Nur noch 11% der Befragten sind völlig davon überzeugt, dass man durch die Ernährung sogar den IQ zum Positiven aber auch Negativen verändern kann. Warum diese Frage eine Sonderstellung einnimmt, und der IQ anders bewertet wieder als andere Gehirnfunktionen, bleibt offen.

Dabei zeigt sich in der Wissenschaft durchaus, dass Mangel- und Unterernährung und eine damit verbundene geistige Entwicklungsretardierung, wie sie in den Entwicklungsländern sehr häufig zu finden ist, einen niedrigeren IQ und eine verringerte schulische Leistung mit sich bringt. [Kiefer et al., 2006; Yehuda et al., 2005]

Im Gegensatz dazu wird eine Verbesserung des Ernährungsstatus bei subklinischen Mangelerscheinungen bestimmter Nährstoffe mit einer Erhöhung des IQs in Zusammenhang gebracht. [Bellisle, 2004; Benton, 2001]

Die Lebensmittel, die aufgrund ihres leistungsfördernden Potentials am häufigsten positiv genannt werden, sind Walnüsse, Wasser, Äpfel, Vollkornbrot, Bananen und Müsli. Meine Hypothese war, dass Walnüsse, Obst und Gemüse, zuckerhaltige Lebensmittel und Fisch in der Population als Brainfood bekannt sind, was statistisch

bewiesen wurde, dass diese Nahrungsmittel tatsächlich signifikant positiver bewertet wurden als die anderen.

Walnüsse sind weithin als Nervennahrung bekannt. Sie haben unter den Nüssen den höchsten Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren und sind deshalb nicht nur aufgrund ihres Aussehens als das Brainfood schlechthin berühmt.

Aufklärungsbedarf besteht allerdings bei den Lebensmitteln Fische, da das leistungsfördernde Potential von fettreichen Fischen einem großen Prozentsatz (~30%) gar nicht bekannt ist.

Der Intelligenzquotient kann durch Supplementation bestimmter Mikronährstoffe verbessert werden, wenn Kinder und Jugendliche einen unbefriedigenden Ernährungsstatus aufweisen. [Bellisle, 2004] Die Antworten in der Kategorie „weiß ich nicht“ liegen bei den Multivitamin-tabletten sehr hoch bei 39,8%. 28,7% der Studienpopulation fügt die Nahrungsergänzungsmittel unter „gar kein Einfluss“ ein, wovon man die Notwendigkeit der Aufklärung ableiten kann.

Hinsichtlich der Lebensmittelzusatzstoffe ist eine Abneigung in der Allgemeinbevölkerung durchaus zu spüren. 50,3% lehnen Additive aufgrund eines vermuteten negativen Einflusses ab.

Während des gesamten Schulalters kann die Ernährung helfen, die kognitive Leistungsfähigkeit voll auszuschöpfen. In der Literatur findet vor allem der Einfluss eines Frühstücks auf die schulischen Leistungen von Kindern Beachtung, und man kann davon ausgehen, dass ein Frühstück Konzentrationsfähigkeit, verschiedene Erinnerungsleistungen, die Qualität der Schulaufgaben, die Frustrationstoleranz und Aufmerksamkeit verbessern kann. [Hermann et Hermey, 2009]

Auch 40% der Befragten sprechen dem Frühstück eine positive Wirkung auf die akademische Leistung eines Schulkindes zu, wobei weitere 56,4% den Effekt abhängig von der Mahlzeit selbst machen. Diese Einstellung entspricht die der Wissenschaftler, denn sämtliche Merkmale der Frühstücksmahlzeit, wie die Zusammensetzung, die Größe und der Zeitpunkt der Aufnahme geht mit vielen verschiedenen metabolischen Veränderungen einher, die direkt mit dem Gehirn interagieren. [Pollitt et Mathews, 1998]

Trotzdem ist jegliche Energieaufnahme mit Vorteilen verbunden, wenn man mit keiner Energieaufnahme vergleicht, da durch ein Frühstück die nächtliche Nahrungskarenz unterbrochen wird. Tatsächlich schwächt diese die physiologische Leistungsfähigkeit und ist bei Kindern, die die erste Mahlzeit des Tages auslassen mit schlechteren Schulleistungen verbunden. Das Auslassen des Frühstücks wird daher als ungünstig angesehen und ist Ausdruck für einen wenig gesundheitsförderlichen Lebensstil mit negativer Auswirkung auf die Nährstoffversorgung, aber auch auf das geistige und körperliche Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit. [Hermann et Hermeij, 2009]

42% der Befragten stimmen der Frage, ob ein Schulkind nach dem Auslassen einer Frühstücksmahlzeit mit negativen Auswirkungen zu rechnen hätte, völlig und 42,5% etwas zu. 5,5% rechnen kaum mit negativen Folgen für ein Schulkind, 4,4% stimmen dieser Aussage sogar gar nicht zu.

Die Jause am Vormittag, aber auch am Nachmittag - gerade dann, wenn auf das Frühstück verzichtet wurde- unterstützt nachweislich die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit von Schulkindern und verhindert Lerntiefs und Müdigkeit. [ÖGE, 2002] Mehr als die Hälfte (58%) sehen das genauso, und messen der Schuljause eine große Bedeutung für die kognitive Leistungsfähigkeit eines Kindes bei.

Angesichts des aufgezeigten gesundheitlichen Wertes einer regelmäßigen Frühstücks- bzw. Pausenmahlzeit sind Politik und Wissenschaftler gefordert zu handeln. Es fällt auf, dass mahlzeitenbezogene Ernährungsempfehlungen von wissenschaftlichen Fachgesellschaften keinen Hinweis auf die Unverzichtbarkeit und Bedeutung der ersten Mahlzeit des Tages und ihrer empfehlenswerten Zusammensetzung liefern. Aus diesem Grund sollte dem physiologischen Wert der Frühstücksmahlzeit für die Nährstoffversorgung in Bezug auf die physische und mentale Leistungsfähigkeit in Zukunft größere Beachtung geschenkt werden. [Hermann et Hermeij, 2009]

5 Schlussbetrachtung

Da die Methoden und Ergebnisse von Studien sehr unterschiedlich bzw. teilweise widersprüchlich sind, und die dahinterstehenden Mechanismen bisher noch nicht vollständig geklärt werden konnten, ist das Verallgemeinern und Interpretieren von Resultaten und das Aussprechen von generellen Empfehlungen nur schwer möglich. [Gibson et Green, 2002]

Einige vorsichtige Vorhersagen können aber dennoch gemacht werden: *Akute Effekte* von Mahlzeiten auf bestimmte Kognitionen zeigen sich in Abhängigkeit vom circadianen Rhythmus, der Ernährungsgeschichte und individuellen Gewohnheiten. Sie variieren je nach neuroendokrinen Status, aber auch individuellem psychischen Verfassung und Wesensart bzw. Stressempfindlichkeit der betreffenden Person. Die *Zusammensetzung der Mahlzeit* oder der *Zeitpunkt der Aufnahme* dürften dabei einen großen akuten Einfluss ausüben, insbesondere dann, wenn von der gewohnten üblichen Ernährungsweise abgewichen wird. Kohlenhydratreiche-proteinarme Speisen wirken beruhigend und Angst hemmend, während proteinreiche Mahlzeiten erregend wirken, bei Aufgaben die Reaktionszeit verbessern und gegen Müdigkeit vorbeugen. Fettreiche Speisen können, was wahrscheinlich auf die CKK-Ausschüttung zurückzuführen ist, kurzfristig die Aufmerksamkeit beeinträchtigen, hauptsächlich dann, wenn die Fettaufnahme nicht der üblichen Kost entspricht. Ein Verändern des Fettgehalts scheint aber aufgrund der minder ausgeprägten neurohormonalen Antwort weniger einflussreich auf kognitive Leistungen zu sein, wie das Abändern von Protein- und Kohlenhydrat-Anteilen. [Gibson et Green, 2002]

Viele Arbeiten beschäftigen sich mit *Kohlenhydraten*, deren Zusammenhang mit Serotonin und die damit verbundenen Effekte auf die mentale Leistungsfähigkeit. Abhängig davon zu welcher Tageszeit, in welcher Form die Kohlenhydrate eingenommen werden und in welchem Verhältnis dabei der Kohlenhydratgehalt zum Proteingehalt steht, können Kohlenhydrate das Erinnerungsvermögen verbessern, aber auch Reaktionszeit, Aufmerksamkeit und Informationsverarbeitung beeinträchtigen. [Gibson et Green, 2002] Glukosegaben wirken in Abhängigkeit der sympathischen Aktivierung (Adrenalin), der Glucocorticoidreaktion (Cortisol) und der pankreatischen Funktion (Insulin), die die glucoregulatorischen Fähigkeiten einer Person ausmachen.

Voraussetzung ist der angemessene Schweregrad der Testaufgabe, der durch einen Anstieg des Glukosebedarfs in den beanspruchten Gehirnarealen charakterisiert ist.

Wenig hilfreich sind jedoch Süßigkeiten, die heben zwar kurzfristig den Blutzuckerspiegel, lassen ihn aber auch schnell wieder sinken, was zu Konzentrationsstörungen, Müdigkeit und Kopfschmerzen führen kann. Deshalb sollte mit Lebensmitteln, die den Blutzucker stark beeinflussen, wie Zucker, Süßigkeiten, stärkehaltige Nahrungsmittel, Trockenfrüchte und Fruchtsäfte maßvoll umgegangen werden, da mit dem Blutzucker die Energie, Konzentration und Lernleistung steigt und fällt. Im praktischen Teil dieser Arbeit konnte eine negative Tendenz gegenüber Haushaltszucker, Weißmehlprodukten, zuckerhaltigen Speisen und Getränken festgestellt werden, was darauf hindeutet, dass sich ein großer Teil der Bevölkerung einer nachteiligen Wirkung von hohen Blutzuckerspitzen auf das Gehirn bewusst sein könnte.

Auch bei Alkohol, Transfetten, Frittiertem, gepökeltem Fleisch und Wurstwaren sollte auf eine angemessene Zufuhr geachtet werden. Tatsächlich wurden auch im Fragebogen Wurstwaren und Fleischprodukte tendenziell negativer bewertet. Alkohol wurde einmal explizit als leistungsmindernd angeführt.

Hingegen gelten B-Vitamine in Vollkornprodukten, Hülsenfrüchten und Soja, Eisen in roten Fleischsorten, Zink, Jod, Antioxidantien und sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe in allen Obst- und Gemüsesorten als Schutzfaktoren für das Gehirn. Vollkornprodukte, Hülsenfrüchte, Obst und Gemüse wurden auch im Fragebogen meist positiv beurteilt, aber besonders hinsichtlich Fleischprodukten konnte in der Population Unsicherheit und Unwissen aufgezeigt werden.

Da das Funktionieren kognitiver Systeme von der neuronalen Membranfluidität abhängig ist, ist langfristig auf die angemessene Aufnahme und den Status von Cholesterin und *essentiellen Fettsäuren* zu achten. [Gibson et Green, 2002] Ideal sind Omega-3-reiche Lebensmittel wie Nüsse, fettreicher Fisch (Makrele, Sardinen, Lachs, Hering, Thunfisch) und wertvolle Öle (Kürbiskern-, Sonnenblumen-, oder Sesamöl). Anhand der Fragebogenerhebung konnte festgestellt werden, dass der Allgemeinbevölkerung diese Tatsache nicht oder nur wenig bekannt ist, und hier Aufklärungsbedarf herrscht.

Neben einer vielseitigen Ernährung, die sämtlichen Mangelerscheinungen entgegenwirkt, sollte auf eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr geachtet werden. Weniger

empfehlenswert für Kinder sind hier Kaffee und andere koffeinhaltige Getränke wie Schwarztee, Energydrinks und Colagetränke, da diese die Nervosität, Stress und Prüfungsängste steigern können. [Kiefer et al., 2006; Kiefer et Zifko, 2006]

Wasser, Fruchtsäfte und Grüntee wurden generell am besten bewertet. Eine ablehnende Haltung wurde im Bezug auf Cola-Getränke und Limonaden gefunden, was dafür spricht, dass oben genannte nachteilige Wirkung bekannt sein dürfte. Bei Kaffee und Schwarztee ist das Antwortverhalten sehr uneinheitlich, was auf Unsicherheiten hinweist, über die zukünftig informiert werden sollte.

Aus der Literaturlauswertung kann entnommen werden, dass eine vielseitige Ernährung der beste Weg für ein Kind ist, seine optimale mentale Leistungsfähigkeit auf lange Sicht bestmöglich auszuschöpfen. [Bellisle, 2004] Geachtet werden sollte auf eine regelmäßige Mahlzeitenaufnahme und die Zufuhr einer Mischkost mit hohem Anteil an niedrigerenergetischen, hochmolekularen Kohlenhydraten (Gemüse, Obst, Kartoffeln, Vollkornprodukte), kombiniert mit Eiweiß (Fleisch, Soja-, und Milchprodukte, Samen, Kerne) und einem ausgewogenen Fettsäureverhältnis. Mit solch einer Ernährung und einer strukturierten Verteilung von Haupt- und Zwischenmahlzeiten über den Tag, können die physiologischen Voraussetzungen für normale Leistungen bestmöglich geschaffen werden. Besonders das *Frühstück* kann bestimmte Bereiche der Leistungsfähigkeit erhöhen, wenn auch nicht generell, aber augenscheinlich bei jüngeren Kindern und solchen, mit unzureichendem Ernährungsstatus. Dabei wird ersichtlich, dass nicht nur innerhalb der wissenschaftlichen Expertenmeinung, sondern auch in der Allgemeinbevölkerung (siehe Fragebogenerhebung), Konsens darüber herrscht, dass das Frühstück und die Schuljause im Bezug auf die akademische Leistung im Schulalltag von großer Bedeutung sind.

Die ausreichende Versorgung mit Energie und allen Nährstoffen sorgt für die optimale Leistung und regelt die Leistungsbereitschaft. Gerade Kinder haben aufgrund Ihres Wachstums einen hohen Bedarf an Vitaminen und Nährstoffen und reagieren sehr schnell auf Defizite. Für sie ist die Qualität der Ernährung von besonderer Bedeutung, da nicht nur kurzfristige Konzentrationsstörungen auftreten können, sondern die geistige und auch körperliche Entwicklung beeinträchtigt werden kann. [Kiefer et al., 2006] Arbeiten lassen darauf schließen, dass das Gehirn auf jegliche metabolische Veränderungen empfindlich reagiert, sodass ganze Mahlzeiten, aber auch

Nahrungskarenz, sowie der langfristige Ernährungsstatus die Denkleistung allesamt beeinflussen. Besonders ersichtlich sind die Effekte von bestimmten diätetischen Einflüssen auf die kognitive Effizienz bei Kindern und Jugendlichen mit niedrigem Ernährungsstatus, bei denen durch Ernährungsmaßnahmen die negativen Auswirkungen von Fehl- und Mangelernährung korrigiert werden können. [Kersting et al., 2003] Nach wie vor fehlt die endgültige Beweislage und bleibt nachzuweisen, wie und ob akute diätetische Maßnahmen einen zusätzlichen positiven Nutzen auf bestimmte kognitive Prozesse bringen können. [Bellisle, 2004] Anzunehmen, dass eine unmittelbare Leistungssteigerung durch den erhöhten Verzehr bestimmter Lebensmittel zu erreichen wäre, wäre allerdings ein Missverständnis. Es gibt kein Lebensmittel, das die Leistung in bestimmten Schulfächern, beispielsweise Mathematik, direkt verbessern könnte. Vielmehr sollten mit einer ausgewogenen Ernährung die physiologischen Voraussetzungen für normale Leistungen geschaffen werden und Leistungseinbußen durch eine Fehl- oder Mangelernährung verhindert werden. [Kaiser et Kersting, 2001] Praktische Empfehlungen, die zur Leistungsoptimierung bei Schulkindern eingesetzt werden können und den Aufbau der Ernährung, die Zusammensetzung der Mahlzeiten, die Mahlzeitenfrequenz und Menge der Nährstoffe betreffen, müssen zukünftig ausgearbeitet werden. [Gómez-Pinilla, 2008]

6 Zusammenfassung (deutsch und englisch)

Folgende Arbeit vergleicht die aktuelle wissenschaftliche Datenlage mit der Wahrnehmung und Einstellung in der Allgemeinbevölkerung zum Thema „Wirkung der Ernährung und einzelner Nahrungsmittel auf die kognitive Leistungsfähigkeit und Gehirnfunktion von Schulkindern“. Ziel dieser Untersuchung war, die Daten einer Meinungserhebung zu dieser Fragestellung mit wissenschaftlichen Erkenntnissen zu vergleichen, Unsicherheiten zu erkennen und daraus Empfehlungen ableiten zu können. Sowohl Makro- als auch Mikronährstoffe können unmittelbaren Einfluss auf die Gehirnzellen ausüben und damit auf einzelne Kognitionen wirken. Als Mechanismen werden die Energiebereitstellung, neurohormonelle Veränderungen und Einflüsse auf die Makro-, und Mikrostruktur, sowie auf die Elektrophysiologie des Gehirns genannt. Kohlenhydrate sind in erster Linie als Brennstoff, Aminosäuren als Neurotransmitter und -vorstufen bekannt. Fettsäuren dienen dem Aufbau von Myelin und der neuronalen

Zellmembran, wobei besonders n-3 Fettsäuren die Struktur und die Funktion des Gehirns beeinflussen können. Spurenelemente und Vitamine sind als enzymatische Cofaktoren intensiv und auf vielfältige Weise am Hirnstoffwechsel beteiligt. Als besonders wesentliche Mikronährstoffe für die kognitive Entwicklung von Kindern hat man die Mineralstoffe Eisen, Jod und Zink und die B-Vitamine identifiziert.

Wie aus den Resultaten der Fragebogenerhebung mit einem Stichprobenumfang von 181 Personen zu entnehmen ist, ist der Allgemeinbevölkerung ein Einfluss der Ernährung auf die kognitive Leistungsfähigkeit eines Menschen grundsätzlich bewusst. Besonders das Frühstück und das Pausenbrot werden in der Gesellschaft als wirksamer und effizienter Treibstoff für unsere Schulkinder angesehen. Die als typisches „Brainfood“ betrachteten Lebensmittel sind Walnüsse, Wasser, Vollkornprodukte, Müsli und verschiedene Obstsorten. Im Gegenzug dazu gelten Lebensmittelzusatzstoffe, Cola-Getränke und Limonaden, Haushaltszucker, Weißmehl-produkte, Wurst und Kaffee als Leistungskiller für Kinder. Große Unsicherheit und Uneinigkeit herrscht bei der Wirkung von Multivitamin-tabletten und bei den tierischen Produkten, wobei vor allem der Konsum von fetten Fischarten negativer bewertet wurde, als aus der wissenschaftlichen Literatur zu entnehmen ist.

Die Arbeit macht die Notwendigkeit von lebensmittel- und mahlzeitenbezogenen Ernährungsempfehlungen in Bezug auf die mentale Leistungsfähigkeit deutlich. Der Bevölkerung mangelt es an Informationen und praktischen Empfehlungen, die den Aufbau und die Zusammensetzung einer ausgewogenen Ernährung betreffen, die zur Aufrechterhaltung und Optimierung der kognitiven Leistungsfähigkeit von Kindern notwendig ist und mit der die physiologischen Voraussetzungen für normale Leistungen bestmöglich geschaffen werden können.

This thesis contrasts and compares the current scientific data and research with the opinions and attitudes of the general population on the subject “The effects of diet and food on cognitive performance and brain function in school children”. The aim of the study was to compare the results of the questionnaire with science-based findings, to discover uncertainties and to develop recommendations.

According to literature, nutrition has a number of influences on the brain cells and therefore on cognitions. Mechanisms cited include changes in energy supply and neurohormonal processes; also the brain's macrostructure, microstructure and signal-transduction pathways is said to be affected. Carbohydrates are mainly cerebral metabolic fuel whereas amino acids act as neurotransmitters and their precursors. Fatty acids play an important structural role in cell membranes and myelin, with Omega-3 PUFAs particularly having an impact on the structure and function of the brain. Vitamins and micronutrients are involved in manifold ways in cerebral metabolism by acting as co-factors of enzymes. Particularly iodine, iron and zinc and B vitamins are of vital importance for the cognitive development and function of children according to scientific research.

The findings of the questionnaire with a sample size of 181 persons show that the general population is basically aware of the impact of diet on cognitive performance. Especially breakfast and midmorning snacks at school are considered vital for a good academic performance of school children among society. The foods which are regarded as classic "brain foods" are walnuts, water, wholemeal products, cereals and fruits. In contrast, food additives, soft drinks, sucrose, refined grains, cold meats and coffee are said to be unfavourable for children's cognitive function. Uncertainty and disagreement are identified for the effects of vitamin supplements and animal products, with especially the consumption of fatty fishes not as highly rated as it is in scientific literature.

This thesis reveals the need for food- and nutrition-based diet recommendations with regard to cognitive performance. There is a lack of information and practical recommendations within the population concerning the design and composition of a balanced diet. Guidance is necessary for maintaining and meliorating the cognitive abilities of children in order to create at best the physiological preliminaries for performance.

7 Literaturverzeichnis

BAERLOCHER, K. Ernährung und Verhaltensstörungen – Einführung zum Thema. In: Ernährung und Verhalten – ein Beitrag zum Problem kindlicher Verhaltensstörungen (Baerlocher et Jelinek, Hrsg). Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1991; 1-10.

BAR-DAVID, Y.; URKIN, J.; KOZMINSKY, E. The Effect of Voluntary Dehydration on Cognitive Functions of Elementary School Children. *Acta Paediatr.* 2005; 94(11): 1667-1673.

BELLISLE, F. Effects of Diet on Behaviour and Cognition in Children. *British Journal of Nutrition*, 2004; 92(2): 227-232.

BENTON, D. Micronutrient status, cognition and behavioural problems in childhood. *European Journal of Nutrition* 2008; 47: 38-50.

BENTON, D. The influence of children's diet on their cognition and behaviour. *European Journal of nutrition* 2008; 47: 25-37.

BENTON, D.; BRETT, V., BRAIN, P.F. Glucose improves attention and reaction to frustration in children. *Biol psychol* 1987, 24: 95-100.

BENTON, D.; MACONIE, A.; WILLIAMS, C. The influence of the glycaemic load of breakfast on the behaviour of children in school. *Physiology & Behavior* 2007; 92: 717-724.

BENTON, D.; PARKER, P. Breakfast, Blood Glucose and Cognition. *American Journal of Clinical Nutrition* 1998; 67(4): 772-778.

BENTON, D.; ROBERTS, G. Effect of vitamin and mineral supplementation on intelligence in a sample of schoolchildren. *Lancet* 1988, 1: 140-143.

BLACK, M. Micronutrient Deficiencies and Cognitive Functioning. *The Journal of Nutrition* 2003; 133: 3927-3931.

BLEICHRODT, N.; BORN, M.P. A meta-analysis of research on iodine and its relationship to cognitive development. In: Stabury, J., ed. *The Damaged Brain of Iodine Deficiency: Cognitive, Behavioral, Neuromotor and Educative Aspects*. Elmsdorf, NY. Cognizant Communication Corporation; 1994: 195-200

BRYAN, J.; OSENDARP, S.; HUGHES, D.; CALVARESI, E.; BAGHURST, K.; VAN KLINKEN, J-W. Nutrients for Cognitive Development in School-aged Children. *Nutrition Review* 2004; Vol. 62: 295-306.

BURGER, P. Nährstoffe für die kognitive Entwicklung bei Kindern. *Ernährung aktuell* 2005; 3: 5-6.

CARPER, J. Wundernahrung fürs Gehirn: Steigert den IQ, optimiert die geistige Kraft, stoppt Alterungsprozesse. Ullstein Berlin, 2000: 21ff.

CHAFETZ, M. Nutrition and Neurotransmitters- The Nutrient Bases of Behavior. Prentice-Hall Series in the Philosophy of Medicine, 1990.

CHALON, S.; VANCASSEL, S.; ZIMMER, L.; GUILLOTEAU, D.; DURAND, G. Polyunsaturated Fatty Acids and Cerebral Function: Focus on Monoaminergic Neurotransmission. *Lipids* 2001; Vol. 39, No. 9: 937-944.

CHRISTIE, J.J.; McBREARTY. Psychophysiological Investigations of Post Lunch State in Male and Female Subjects. *Ergonomics*, 1979; 22: 307-323.

CIAN, C.; KOULMANN, PA.; BARRAUD, PA.: Influence of variations of body hydration on cognitive performance. *Journal of Psychophysiology* 2000; 14: 29-36.

CLARK, D; BOUTROS, N.; MENDEZ, M. The brain and behaviour - an introduction to behavioural neuroanatomy. Cambridge University press, 2005: 24.

CLAUS, P.K. Chemie der Naturstoffe. Skript zur Vorlesung für die Studienrichtung Ernährungswissenschaften. Institut für Organische Chemie, Universität Wien 2002; 69ff.

COLGAN, M.; COLGAN, L. Do nutrient supplements and dietary changes affect learning and emotional reactions of children with learning difficulties? A controlled series of 15 cases. *Nutr Health* 1984, 3: 69-77.

CRAIG, A. Acute effects of meals on perceptual and cognitive efficiency. *Nutrition Reviews* 1986, 44: 163-171.

D'ANCI, K.E.; CONSTANT, F.; ROSENBERG, I.H. Hydration and Cognitive Function in Children. *Nutrition Reviews* 2006; Vol. 64, No. 10: 457-464.

DALLA-VIA, G.: Power-Nahrung fürs Gehirn. Reinbek, Rowohlt, 1998; 49.

DE LAU, L.; REFSUM, H.; SMITH, A.D.; JOHNSTON, C.; BRETELER, M. Plasma folate concentration and cognitive performance: Rotterdam Scan Study. *American Journal of Clinical Nutrition* 2007; 86: 728-734.

Deutsche Gesellschaft für Ernährung. Fettsäurenmuster von Süß- und Salzwasserfischen, 2006.
at: <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=620> (22.11.2009)

DGE, ÖGE, SGE. Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Umschau Braus GmbH, Frankfurt am Main, 2001; 44.

DROR, D.K.; ALLEN, L.H. Effect of vitamin B₁₂ deficiency on neurodevelopment in infants: current knowledge and possible mechanisms. *Nutrition Reviews* 2008; Vol 66(5): 250-255.

DYE, L.; LLUCH, A.; BLUNDELL, J.E. Macronutrients and Mental Performance. *Nutrition* 2000; 16: 1021-1034.

ELMADFA, I. Ernährungslehre. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 2. Auflage, 2009; 147ff.

ELMADFA I.; FREISLING H.; NOWAK, V.; HOFSTÄDTER, D.; et al. Österreichischer Ernährungsbericht 2008, 2. Auflage, Wien, Mai 2009; 115-163.

ELMADFA, I., LEITZMANN, C. Ernährung des Menschen. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 2004; 41ff.

ESSMANN, W.B. Perspectives for Nutrients and Brain Function. In: *Nutrients and Brain Function*. (Essmann WB, Hrsg). Karger Verlag, Basel, 1987; 1-4.

FERNSTROM, J., FERNSTROM, M. Tyrosine, Phenylalanine, and Catecholamine Synthesis and Function in the Brain. *The Journal of Nutrition* 2007; 137(6 Supplement 1): 1539-1547.

FUNKE, J.; VATERRODT-PLÜNNECKE, B. Was ist Intelligenz? Verlag C.H. Beck Wissen oHG, München, 2004: 7-79ff.

GIBSON, L.; GREEN, M.: Nutritional Influences on Cognitive Function: Mechanisms of Susceptibility. *Nutrition Research Review* 2002, 15: 169-206.

GOLD, P. Role of glucose in regulating the brain and cognition. *American Journal of Clinical Nutrition* 1995; 61 (suppl.): 987-995.

GOMEZ-PINILLA F. Brain foods: the effects of nutrients on brain function. *Nat Rev Neurosci* 2008; 9: 568-578.

GSCHAIDER, G. Ernährungsphysiologische Beurteilung der Schuljause an gesundheitsfördernden Volksschulen. Dissertation, Universität Wien 2002: 1-205.

GUTBERLET, I. Psychologische, autonome und metabolische Effekte der diätetischen Beeinflussung des zentralnervösen Serotoninstoffwechsels. Berlin Logos, 1997; 45f.

HARADA, T.; HIROTANI, M.; MAEDA, M.; NOMURA, H.; TAKEUCHI, H. Correlation between Breakfast Tryptophan Content and Morningness- Eveningness in Japanese Infants and Students Aged 0-15 yrs. *Journal of Physiological Anthropology* 2007; 26(2): 201-207.

HELLAND, I.; SMITH, L.; SAAREM, K.; SAUGSTAD, O.; DREVON, C. Maternal Supplementation with very-long-chain n-3 Fatty Acids during Pregnancy and Lactation augments Children's IQ at 4 Years of Age. *Pediatrics* 2003; Vol. 111: 39-44.

HERMANN, ME; HERMEY, B. Frühstück – die wichtigste Mahlzeit des Tages? *Ernährung im Fokus* 2009; 9-08; 310-315.

HIBBELN, JR.; DAVIS, JM.; STEER, C.; EMMETT, P.; ROGERS, I.; WILLIAMS, C.; GOLDING, J. Maternal seafood consumption in pregnancy and neurodevelopmental outcomes in childhood (ALSPAC study): an observational cohort study. *The Lancet* 2007; Volume 369(9561): 578-585.

HOCHREUTENER, H.; BAERLOCHER, K.; BERNHARDSGRÜTTER, N.; ROTH, N.; HASENFRATZ, M. Ergebnisse einer Pilotstudie: Einfluss einer Diät auf die Lernfähigkeit und das motorische Verhalten bei verhaltensauffälligen Kindern. In: *Ernährung und Verhalten – ein Beitrag zum Problem kindlicher Verhaltensstörungen* (Baerlocher et Jelinek, Hrsg). Thieme Verlag, Stuttgart, 1991; 96-102.

HOFBAUER, E. *Brain Power. Fitness für den Kopf.* Compact München, 1996:

HÖRMANSEDER, R. *Ernährungsphysiologische Beurteilung der Schuljause.* Diplomarbeit, Universität Wien, 1991: 1-117.

HOYLAND A; LAWTON CL; DYE L. Acute effects of macronutrient manipulations on cognitive test performance in healthy young adults: a systematic research review. A comprehensive summary of macronutrient and whole food manipulations on selective cognitive functions in humans. *Neurosci Biobehav Rev* 2008; 32: 72-85.

HUGHES, D.; BRYAN, J. The Assessment of Cognitive Performance in Children: Considerations for Detecting Nutritional Influences. *Nutrition Reviews* 2003; Vol. 61, No. 12: 413-422.

ISAACS, E.; OATES, J. Nutrition and cognition: assessing cognitive abilities in children and young people. *European Journal of Nutrition* 2008; 47: 4-24.

KAISER, B.; KERSTING, M. Frühstücksverzehr und kognitive Leistungsfähigkeit von Kindern – Eine Auswertung von Literaturbefunden. *Ernährung im Fokus* 2001; 01: 5-10.

KERSTING, M.; ALEXY, U.; ROTHMANN, N. *Fakten zur Kinderernährung.* Hans Marseille Verlag GmbH München, 2003; 98f.

KERSTING, M.; SCHÖCH, G. *Ernährungsberatung für Kinder und Familien.* G. Fischer Jena, 1996;

KIEFER, I.; SKOF, S.; SCHWARZ, W. *Fit im Kopf für Kinder und Jugendliche – richtig essen, richtig lernen, richtig spielen.* Kneipp Verlag, Wien, 2006; 1-175.

KIEFER, I.; ZIFKO, U. Brainfood - Fit im Kopf durch richtige Ernährung. Kneipp Verlag, Wien, 2006; 10-79.

KLEINMAN, R.E.; HALL, S.; GREEN, H.; KORZEC-RAMIREZ, D.; PATTON, K.; PAGANO, M.E.; MURPHY, J.M. Diet, Breakfast, and Academic Performance in Children. *Ann Nutr Metab* 2002; 46: 24-30.

KOROL, D. Enhancing cognitive function across the life span. *Annals of the New York Academy of Sciences* 2002: 167-179.

KOROL, D.; GOLD, P. Glucose, memory, and aging. *American Journal of Clinical Nutrition*; 1998; 67: 764-771.

LANGBEIN, K.; FOCHLER, R. Einfach genial- die 7 Arten der Intelligenz. Franz Deuticke Verlagsgesellschaften, Wien, 1997: 75.

LECHNER, M. Die Rolle der Frühstückscerealien – eine Alternative zum „traditionellen“ Wiener Frühstück. Diplomarbeit, Universität Wien 1989: 1-112.

LI, Q.; GUO-ROSS, S.; LEWIS, D.; TURNER, D.; WHITE, A.; WILSON, W.; SWARTZWELDER, H.S. Dietary Prenatal Choline Supplementation Alters Postnatal Hippocampal Structure and Function. *Journal of Neurophysiology* 2004; 91: 1545-1555.

LIEBERMANN, HR. The Effects of Ginseng, Ephedrine, and Caffeine on Cognitive Performance, Mood and Energy. *Nutrition Review* 2001; Vol. 59, 4: 91-102.

LÖFFLER, G. Basiswissen Biochemie mit Pathobiochemie. Springer Medizin Verlag Heidelberg, 2005: 700ff.

LOIDL, S. Nahrungsmittelinhaltsstoffe und ihre Wirkung auf die Aktivierung und Konzentration von Kindern und Jugendlichen. Diplomarbeit, Universität Wien 2002: 1-128.

LÜTHI, A.C. Feed Your Brain. Brainfood macht leistungsschneller und denkschneller. Orell Füssli, Zürich, 1998. 177.

MAHONEY, CR.; TAYLOR, HA.; KANAREK, R.; SAMUEL, P. Effect of breakfast composition on cognitive processes in elementary school children. *Physiology & Behavior* 2005; 85: 635-645.

MCNAY, E.C.; FRIES, T.M.; GOLD, P.E. Decreases in rat extra cellular hippocampal glucose concentration association with cognitive demand during a spatial task. *Proc Nat Acad Sci USA* 2000; 97: 2881-2885.

MULDOON, MF.; BARGER, SD.; RYAN, CM.; FLORY, LD.; LEHOCZKY, JP.; MATTHEWS, KA.; MANUCK, SB: Effects of lovastatin on cognitive function and psychological well-being. *American Journal of Medicine* 2000; 108: 538-547.

MUNRO, N.J. Model of the Relationships among Energy Supply, Energy Demand, and Behavior. In: Nutrients and Brain Function (Essmann W., Hrsg) Karger Verlag, Basel, 1987: 131-249.

Österreichische Gesellschaft für Ernährung. Schulbeginn: Gehirnnahrung Zwischenmahlzeit. Ernährung aktuell 2002; 3: 1-3.

Österreichische Gesellschaft für Ernährung. Snacks oder Mahlzeit. Ernährung aktuell 2002; 2: 6-8.

PERRIG, WJ.; PERRIG, P.; STÄHELIN, HB. The relation between antioxidants and memory performance in the old and very old. Journal of the American Geriatric Society 1997; 45(6): 718-724.

PLOUGHMAN, M. Exercise is Brain Food: the Effects of Physical Activity on Cognitive Function. Dev Neurorehabil 2008; 11(3): 236-240.

POLLITT, E.: Does Breakfast Make a Difference in School? Journal of the American Dietetic Association 1995; 95 (10): 1134-1139.

POLLITT, E. Iron Deficiency and Educational Deficiency. Nutrition Reviews 1997; Vol. 55, No. 4. 133-140.

POLLITT; E.; CUETO, S.; JACOBY, E. Fasting and cognition in well- and undernourished schoolchildren: a review of three experimental studies. American Journal of Clinical Nutrition 1998; 67 (suppl.): 779-784.

RICHARDSON, A.J.; MONTGOMERY, P. The Oxford-Durham study: a randomized, controlled trial of dietary supplementation with fatty acids in children with developmental coordination disorder. Pediatrics 2005; 115(5): 1360-1366.

RICHARDSON, A.J; PURI, B.K. A randomised, double blind placebo-controlled study of the effects of supplementation with highly unsaturated fatty acids on ADHD-related symptoms in children with specific learning difficulties. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiat 2002; 26: 233-9.

RYAN, F. The Brain Food Diet. How to stay young in mind with omega-3s. Profile Books Ltd., London, 2007; 21ff.

SCHOENTHALER, S.J.; BIER, I.D. Vitamin-mineral intake and intelligence: a macrolevel analysis of randomized controlled trials. J Altern Complement Med 1999, 5: 125-134.

SCHOENTHALER, S.J.; BIER, I.D.; YOUNG K.; NICHOLS, D.; JANSENS S.: The Effect of Vitamin-Mineral Supplementation on the intelligence of American Schoolchildren: a randomized, double-blind placebo-controlled Trial. J Altern Complement Med. 2000; 6(1): 19-29.

SCHWINGHAMMER, H.; WORMER, E.: Gesunder Rat für ein starkes Immunsystem. Südwest München, 1997: 60-62.

SIMEON, D.T.; GRANTHAM-McGREGOR, S. Effects of missing breakfast on the cognitive functions of school children of differing nutritional status. *American Journal of Clinical Nutrition* 1989; 49: 646-653.

SINGER, P.: Was sind, wie wirken Omega-3-Fettsäuren? Frankfurt/M.: Umschau, 2000: 50-52.

SMITHERS, L.; GIBSON, R.; Mc PHEE, A.; MAKRIDES, M. Effect of long-chain polyunsaturated fatty acid supplementation of preterm infants on disease risk and neurodevelopment: a systematic review of randomized controlled trials. *American Journal of Clinical Nutrition* 2008; 87: 912-920.

SPENCER, J.P. Food for thought: the role of dietary flavonoids in enhancing human memory, learning and neuro-cognitive performance. *Proc Nutr Soc* 2008; 67: 238-252.

SZINNAI, G.; SCHACHINGER, H.; ARNAUD, M.J.; LINDER, L.; KELLER, U.: Effect of Water Deprivation on Cognitive-Motor Performance in Healthy Man And Women. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2005; 289: 275-280.

TAYLOR, HA.; D'ANCI, KE.; VIBHAKAR, A.; KANTER, J.; MAHONEY, CR.: Hydration Status for Optimal Cognitive Performance. *European Journal of Nutrition*, 2005; 44: 459-464.

TREBSDORF, M.; GEBHARDT, P. *Biologie, Anatomie, Physiologie- das illustrierte Standardwerk*. Bechtermünz Verlag Augsburg, 2000: 406.

UAUY, R.; HOFFMAN, D.; PEIRANO, P.; BIRCH, D.; BIRCH, E. Essential Fatty Acids in Visual and Brain Development. *Lipids* 2001; Vol. 36, No. 9: 885-895.

WACHTER, U. *Ernährung und Diätetik in Pädiatrie und Jugendmedizin*. Thieme Verlag, Stuttgart-New York. 1994: 120.

WARDLE, J.; ROGERS, PJ; JUDD, P.; TAYLOR, MA., RAPOPORT, L.; GREEN, MW.; NICHOLSON PERRY, KN.: Randomized trial of the effects of cholesterol-lowering dietary treatment on psychological function. *American Journal of Medicine* 2000; 108: 547-553.

WESNES, KA.; PINCOCK, C.; RICHARDSON, D.; HELM, G.; HAILS, S. Breakfast reduces declines in attention and memory over the morning in schoolchildren. *Appetite* 2003; 41: 329-331.

WESTENHOEFER, J.; BELLISLE, F.; BLUNDELL, J.E.; DE FRIES, J.; EDWARDS, D.; KALLUS, W.; MILON, H.; PANNEMANS, D.; TUIJTELAARS, S.; TUORILA, H. Passclaim – Mental State and Performance. *European Journal of Nutrition* 2004, [Suppl. 2] 43: 85-117.

WINTER, A; WINTER, R. Brain Food - Nahrung fürs Gehirn: Richtige Ernährung zur Steigerung der Gehirnleistung und Intelligenz. Verlag Bruno Martin Südergellersen, 1989: 81 ff.

YEHUDA, S.; RABINOVITZ, S.; MOSTOFSKY, D.I. Essential fatty acids and the brain: From infancy to aging. *Neurobiology of Aging* 2005; 26S: 98-102.

ZEISEL, S. Nutritional Importance of Choline for Brain Development. *Journal of the American College of Nutrition* 2004; Vol. 23, No. 6: 621-626.

ZEISEL, S.; NICULESCU, M.D. Perinatal Choline Influences Brain Structure and Function. *Nutrition Reviews* 2006: Vol. 64, No. 4: 197-203.

ZHANG, J.; HERBERT, J.R.; MULDOON, M.F. Dietary fat intake is associated with psychosocial and cognitive function of school-aged children in the United States. *Journal of Nutrition* 2005, 135: 1967-1973.

8 Anhang

Wirkung der Ernährung und einzelner Nahrungsmittel auf die kognitive Leistungsfähigkeit und Gehirnfunktion von Schulkindern

Liebe TeilnehmerInnen!

Im Rahmen meiner Diplomarbeit am Institut für Ernährungswissenschaften führe ich eine Meinungserhebung zum Thema „Wirkung der Ernährung und einzelner Nahrungsmittel, und -inhaltsstoffe auf die Leistungsfähigkeit des Gehirns von Schulkindern“ durch.

Bitte unterstützen Sie mich bei der Fertigstellung meiner Diplomarbeit durch das vollständige Ausfüllen des Fragebogens. Ich ersuche Sie, die Fragen ehrlich und gewissenhaft zu beantworten.

Die Ergebnisse dieser Befragung werden ausschließlich für meine Diplomarbeit verwendet und Ihre Angaben werden vertraulich und anonym behandelt!

Herzlichen Dank für Ihre Unterstützung!

1.) Inwieweit stimmen Sie folgender Aussage zu: *Die Ernährung hat Auswirkungen auf das Gehirn.*

- stimme sehr zu stimme etwas zu stimme kaum zu stimme nicht zu
 weiß ich nicht

2.) Inwieweit stimmen Sie folgender Aussage zu: *Durch die richtige Auswahl von Lebensmitteln kann das Gehirn und seine Funktionen positiv beeinflusst werden.*

- stimme sehr zu stimme etwas zu stimme kaum zu stimme nicht zu
 weiß ich nicht

3.) Inwieweit stimmen Sie folgender Aussage zu: *Durch die Ernährung kann der Intelligenzquotient verändert werden.*

- stimme sehr zu stimme etwas zu stimme kaum zu stimme nicht zu
 weiß ich nicht

4.) Folgende Nahrungsmittel bzw. Nahrungsmittelinhaltsstoffe wirken sich **meiner Meinung nach** auf die Denkleistung aus:

Sie haben die Möglichkeit, in den Leerzeilen selbst einzelne Lebensmittel hinzuzufügen, wenn sie Ihnen erwähnenswert erscheinen!

	Positiver Einfluss	Negativer Einfluss	Gar kein Einfluss	Weiß ich nicht
<u>Süßwaren:</u> (allgemein)				
Haushaltszucker				
Traubenzucker				
Schokolade				
<u>Gemüse:</u> (allgemein)				
Kartoffeln				
Hülsenfrüchte (Bohnen, Erbsen, Soja, usw.)				
Tomaten				
<u>Obst:</u> (allgemein)				
Äpfel				
Zitrusfrüchte (Orangen, Zitronen, usw.)				
Bananen				

	Positiver Einfluss	Negativer Einfluss	Gar kein Einfluss	Weiß ich nicht
Beeren (Himbeeren, Brombeeren, Ribiseln, Erdbeeren, usw.)				
<u>Nüsse: (allgemein)</u>				
Walnüsse				
Haselnüsse				
<u>Getreide und Getreideprodukte:</u>				
Weißbrot, Semmel				
Schwarzbrot, Mischbrot				
Vollkornbrot				
Haferflocken				
Müsli				
Cornflakes und andere Frühstückscerealien:				
<u>Tierische Produkte:</u>				
Milch				
Käse				
Eier				
Schweinefleisch				
Rindfleisch				
Geflügel				
Wurst				
<u>Fisch, -produkte (allgemein)</u>				
Makrele				
Scholle				
<u>Getränke: (allgemein)</u>				
Trinkwasser				
Obst-, Gemüsesäfte				
Cola-Getränke und Limonaden				
Kaffee				
Schwarztee				
Grüntee				
Multivitamin-tabletten als Nahrungsergänzung				
Lebensmittelzusatzstoffe (Konservierungs-, Aroma-, Farbstoffe, etc.)				
<u>Eigene Ergänzungen: (Süßigkeiten, Gemüse, Obst-, Fleisch-, Fischarten, Getränke, usw.)</u>				

FRÜHSTÜCK

5.) Inwieweit glauben Sie, dass das Frühstück einen Einfluss auf die akademische/schulische Leistung eines Schulkindes hat?

- Positiver Einfluss Negativer Einfluss Gar kein Einfluss weiß ich nicht
 Das kommt auf das Frühstück an

6.) Für wie wichtig halten Sie persönlich das Frühstück eines Schulkindes vor der Schule?

Das Frühstück ist für ein Schulkind

- die wichtigste Mahlzeit des Tages
 eine wichtige Mahlzeit
 eine weniger wichtige Mahlzeit
 unwichtig

7.) Inwieweit stimmen Sie folgender Aussage zu: *Das Auslassen einer Frühstücksmahlzeit wirkt sich negativ auf die Denkleistung des Schulkindes aus.*

- stimme sehr zu stimme etwas zu stimme kaum zu stimme nicht zu
 weiß ich nicht

JAUSE

8.) Inwieweit stimmen Sie folgender Aussage zu: *Die Jause in der Schulpause ist für die kognitive Leistungsfähigkeit, das Konzentrationsvermögen und die Gehirnfunktion eines Schulkindes von großer Bedeutung.*

- stimme sehr zu stimme etwas zu stimme kaum zu stimme nicht zu
 weiß ich nicht

Darf ich Sie jetzt noch um einige statistische Angaben zu Ihrer Person bitten:

1.) Welche der folgenden Angaben beschreibt Ihre Ernährungsweise am besten?

- Traditionelle Küche (Hausmannskost)
 Gesundheitsbewusste Ernährung (gesunde Mischkost mit viel Gemüse, Obst und Vollkornprodukten, wenig Fleisch und viel Fisch)
 Strikte vegetarische Ernährung (kein Fleisch)
 Sonstiges:

2.) Geschlecht: weiblich männlich

3.) Wie alt sind Sie? Jahre

4.) Höchste abgeschlossene Ausbildung:

- Allgemeine Pflichtschule
 Matura
 Studium/Fachhochschule

5.) Was ist Ihr derzeitiger Beruf?

- SchülerIn/StudentIn Im Haushalt tätig
 Unselbstständig erwerbstätig PensionistIn
 Selbstständig erwerbstätig Sonstiges:

Herzlichen Dank für Ihre Hilfe!

Theresa Voglsam, Universität Wien

Lebenslauf

Name: Theresa Voglsam

Geburtsdaten: 21. April 1985 in Linz (OÖ)

Staatsbürgerschaft: Österreich

Ausbildung:

ab Oktober 2003 Studium der Ernährungswissenschaften an der Universität Wien

1995 bis 2003 Khevenhüllergymnasium, Linz

1991 bis 1995 Volksschule, Linz

Berufserfahrungen:

Sommer 2007 Ferialpraxis: Käserei Stift Schlierbach (OÖ)
Labortätigkeit

Februar 2007 Ferialpraxis: Landfrisch Molkerei, Wels (OÖ)
Betriebslabor, Produktentwicklung und Qualitätsmanagement

Sommer 2006 Ferialpraxis: Firma Efko, Eferding (OÖ)
Labortätigkeit

Sommer 2002-2005 Ferialpraxis: Maximarkt, Linz (OÖ)
Fleisch-, Wurst-, Feinkostabteilung

Sommer 2001 Ferialpraxis: VA Tech Elin EBG, Haushaltstechnik, Linz (OÖ)
Bürotätigkeit

Interessen: Sprachen, Reisen, Musik, Literatur

Wien, im Dezember 2009