

**Spektralphotometrische Untersuchungen zum Gehalt an
niedermolekularen Kohlenhydraten in maltodextrinhaltigen
Säuglings- und Kindernahrungen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde
des Fachbereichs Humanmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Vorgelegt von Jan Hermann Koch
aus Karlsborg/Schweden

Gießen 1999

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Abteilung Kinderzahnheilkunde
Leiter: Prof. Dr. Wetzel
des Klinikums der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Wetzel
Gutachter: Prof. Dr. Laube

Tag der Disputation: 12. Januar 2000

"Wenn Frühbehandlung notwendig wird, liegt eigentlich immer ein Unglück vor."

Dr. Felix Magri, Zahnärztliches Institut der Universität Zürich

Widmen möchte ich diese Arbeit zum einen meinen Eltern,
zum anderen allen Kindern mit Nursing-Bottle-Syndrom und schließlich all
denen, die sich mit Fleiß, Geduld und Liebe mit der Behebung der
sichtbaren und unsichtbaren Schäden befassen.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	9
1.1	Überblick	9
1.2	Epidemiologie	10
1.2.1	Karies	10
1.2.2	Karies bei Kindern unter 5 Jahren	10
1.3	Nursing-Bottle-Syndrom (NBS)	11
1.3.1	Epidemiologie	11
1.3.2	Terminologie	12
1.3.3	Erscheinungsbild und Folgeschäden	13
1.3.4	Ätiologische Faktoren	14
1.3.4.1	Trinkmodus	14
1.3.4.2	Bakteriologie	15
1.3.4.3	Allgemeinernährung	16
1.3.4.4	Flascheninhalt	16
1.3.4.5	Maltodextrine	17
1.3.5	Möglichkeiten der Prävention	17
1.4	Milch in der Ernährung von Säuglingen und Kleinkindern	18
1.4.1	Stillen und Muttermilch-Ersatznahrung	18
1.4.2	Milch und Karies	19
1.5	Stärke und Stärkeverzuckerungs-Produkte	20
1.6	Kariologie	23
1.6.1	Grundlagen	23
1.6.2	Zucker und Karies	25
1.6.3	Die Rolle von Stärke bei der Kariesentstehung	26
1.6.4	Maltodextrine und Karies	28
1.7	Inhalt und Ziel der Arbeit	29
2	MATERIAL UND METHODEN	31
2.1	Charakteristik von Stärke und Stärkeverzuckerungs-Produkten	31
2.1.1	Stärke	31
2.1.1.1	Bedeutung für die menschliche Ernährung	31

2.1.1.2	Aufbau	31
2.1.1.3	Modifizierte Stärken	32
2.1.2	Stärkeverzuckerungs-Produkte	33
2.1.2.1	Polysaccharide, Oligosaccharide, Dextrine	33
2.1.2.2	Nährzucker	33
2.1.2.3	Maltodextrine und Glucosesirupe	34
2.2	Untersuchungsgut	36
2.2.1	Maltodextrine und Glucosesirupe	36
2.2.2	Produkte der Säuglings- und Kleinkindnahrung	37
2.2.2.1	Instant-Tee-Produkte	37
2.2.2.2	Muttermilch-Ersatznahrungen	38
2.3	Untersuchungsmethoden	39
2.3.1	Analyseverfahren	39
2.3.1.1	Kohlenhydratmessung durch enzymatische Analyse	40
2.3.1.2	Photometer	41
2.3.1.3	Reaktionsverlauf	42
2.3.1.4	Das Lambert-Beer'sche Gesetz	42
2.3.2	Richtigkeit und Präzision	44
2.3.2.1	Richtigkeit — Substratspezifität	44
2.3.2.2	Richtigkeit und Präzision der Messergebnisse	44
2.3.3	Statistische Behandlung der Messungen	45
2.3.4	Bestimmung von Zubereitungsmengen und pH-Werten der Instant-Tees	46
2.3.4.1	Teelöffelmessungen	46
2.3.4.2	pH-Wert-Messungen	46
2.3.5	Probenvorbereitung	46
2.3.5.1	Primärprodukte und Instant-Tees	46
2.3.5.2	Muttermilch-Ersatznahrungen	47
2.3.6	Überprüfung des Einflusses von Zeit und Temperatur auf die Zuckerfreisetzung	47
2.3.6.1	Untersuchungsgut	47
2.3.6.2	Versuchsdurchführung	47
2.3.7	Deklaration von Inhaltsstoffen	48

3	ERGEBNISSE	49
3.1	Messung von Standardlösungen	49
3.2	Gewichtsbestimmung der Teegranulate und Messung der pH-Werte der Standardlösungen	50
3.2.1	Primärprodukte: Maltodextrine und Glucosesirupe	50
3.2.1.1	Enthaltene niedermolekulare Kohlenhydrate — Maltodextrine	50
3.2.1.2	Enthaltene niedermolekulare Kohlenhydrate — Glucosesirupe	52
3.2.1.3	Differenzen zwischen Firmen-Deklarationen und Messungen bei den Primärprodukten — Maltose/Maltotriose	53
3.2.1.4	Differenzen zwischen Firmen-Deklarationen und Messungen bei den Primärprodukten — Glucose	54
3.2.1.5	Differenzen zwischen Firmen-Deklarationen und Messungen bei den Primärprodukten — Gesamtzucker	55
3.2.2	Instant-Tees	56
3.2.2.1	Enthaltene niedermolekulare Kohlenhydrate	56
3.2.3	Muttermilch-Ersatznahrungen	57
3.2.3.1	Enthaltene niedermolekulare Kohlenhydrate — Anfangs- und Dauermilchnahrungen	57
3.2.3.2	Enthaltene niedermolekulare Kohlenhydrate — Folgemilchnahrungen	58
3.2.3.3	Differenzen zwischen Firmen-Deklarationen und Messungen — Gesamtzucker	59
3.3	Zeit- und Temperatureinfluss	60
3.4	Deklaration von Inhaltsstoffen	62
3.4.1	Instant-Tees	62
3.4.2	Muttermilch-Ersatznahrungen	63
4	DISKUSSION	65
5	ZUSAMMENFASSUNG	71
6	ABSTRACT	73
7	LITERATUR	75
8	ANHANG	83

1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

1.1 Überblick

Trotz des allgemeinen Rückgangs der Kariesprävalenz in den industrialisierten Ländern sind heute noch viele Kleinkinder, in manchen Fällen bereits zu Beginn des Zahndurchbruchs, von Karies betroffen. Häufig ist dafür eine verlängerte und exzessive Flüssigkeitsaufnahme aus Plastiksaugerflaschen ursächlich, die zu kariösen Schäden der Milchzähne und Beeinträchtigungen der Allgemeingesundheit der Kinder führen kann. Dieses Krankheitsbild ist als Nursing-Bottle-Syndrom bekannt geworden [LOVE 1979, WETZEL 1988].

Ein häufiger Inhaltsstoff der zum Trinken verwendeten Plastiksaugerflaschen waren in den 70er und zu Beginn der 80er Jahre sogenannte Kindertees, die zumeist auf Saccharose- und Glucosebasis hergestellt waren. Heute werden Säuglingen und Kleinkindern anstelle solcher Tees überwiegend andere Getränke — vor allem Säfte, aber z. B. auch Muttermilchersatznahrungen — über das erste Lebensjahr hinaus zugeführt. Nach wie vor werden aber auch Kindertees verwendet, die nun meist anstelle von niedermolekularen Zuckern sogenannte Maltodextrine oder Glukosesirupe enthalten. Da der Verdacht besteht, dass diese Stärkeverzuckerungs-Produkte ebenfalls kariogen sind, wurden in der vorliegenden Arbeit Maltodextrin- und Glukosesirup-Primärprodukte sowie verschiedene Instant-Tees und Muttermilch-Ersatznahrungen auf ihren Gehalt an Mono-, Di- und Trisacchariden untersucht. Anhand der Literatur wurde außerdem versucht, das kariogene Potential der verschiedenen Stärkeverzuckerungs-Produkte einzustufen.

1.2 Epidemiologie

1.2.1 Karies

Karies ist eine Zivilisationskrankheit, deren Prävalenz in den westlichen Industriestaaten im Abnehmen begriffen ist. Dagegen ist in den Ländern der sogenannten Dritten Welt ein Anstieg zu verzeichnen [Fédération Dentaire Internationale 1982]. Eine Reihe westlicher Staaten hat die Zielvorgaben der WHO in Bezug auf Karieshäufigkeit für das Jahr 2000 — bei den 12jährigen nicht mehr als 3,0 DMF-T, bei den 5-6-Jährigen mindestens 50 % kariesfreie Gebisse — bereits unterschritten [Fédération Dentaire Internationale 1982, MARTHALER et al. 1996]. Auch in Deutschland hat sich die durchschnittliche Mundgesundheit der Kinder erheblich verbessert und nähert sich, zumindest regional, bereits den oben genannten Vorgaben. Nach MARTHALER [1996] wurde in fünf westdeutschen Bundesländern für 6-7-jährige Kinder ein Anteil kariesfreier Milchgebisse von durchschnittlich 42 % gefunden. GÜLZOW et al. [1996] ermittelten in einer Untersuchung bei 6-jährigen Hamburger Kindern im Jahr 1993 einen kariesfreien Anteil von 33,9 %. In einer regional angelegten Studie (Gießen/Dresden) im Jahre 1990 betrug der Anteil der kariesfreien Gebisse bei den 8-9-Jährigen noch 43 %/54 % und bei den 13-14-Jährigen 9 %/11 % [FRITSCHKE et al. 1992]. Für diese älteren Kinder haben die entsprechenden Werte in den letzten Jahren jedoch zugenommen [KÜNZEL 1996].

1.2.2 Karies bei Kindern unter 5 Jahren

Kinder unter 5 Jahren werden bei epidemiologischen Untersuchungen offenbar seltener berücksichtigt als ältere Probanden. So beginnt die IDZ-Survey-Studie von 1989 [INSTITUT DER DEUTSCHEN ZAHNÄRZTE 1991] zur Mundgesundheit in Deutschland erst bei den 8–9-Jährigen. Für die 1-3-Jährigen lässt sich diese Tatsache sicher damit erklären, dass zumindest in den alten Bundesländern Kinder dieser Altersgruppe nur zu einem geringen Anteil in betreuende Einrichtungen (Krabbelstuben) gegeben werden und damit einer epidemiologischen Untersuchung schwerer zugänglich sind. Die Diagnose "Karies" kann hier also in der Regel nur von den Eltern oder vom Pädiater bzw. Hauszahnarzt gestellt werden.

Eine Reihe von Untersuchungen zeigt jedoch, dass auch diese Kleinkinder bereits von Karies betroffen sein können. So fanden BUHL et al. [1989] 1987 bei Kleinkindern aus der Region Gießen in der Altersgruppe der 1-2-Jährigen schon 5 % von Karies betroffene Kinder (ausschließlich Oberkiefer-Frontzähne), bei den 2-3-Jährigen waren es 26 %. In einer Folgestudie von 1996 lagen die Werte für das Vorhandensein kariöser Läsionen bei den 1-2-Jährigen bei 3,8 % und bei den 2-3-Jährigen bei 13,6 %, und damit deutlich unterhalb der Werte von 1987 [BOEMANS et al. 1997]. Die Hamburger Arbeitsgruppe um GÜLZOW [1996] stellte bei dreijährigen Hamburger Vorschulkindern eine Zunahme der primär naturgesunden Gebisse von 12,4 % (1977/78) über 30,4 % (1987) auf 60,2 % (1993) fest. SCHIFFNER et al. [1993] fanden bei einer Untersuchung von 3-Jährigen in Dresden im Jahre 1991 nur noch 47,1 % kariesfreie Milchgebisse. Aus diesen Zahlen wird insgesamt ersichtlich, dass in Deutschland Karies in der Altersgruppe der 1-3-Jährigen durchaus nicht selten ist.

1.3 Nursing-Bottle-Syndrom (NBS)

1.3.1 Epidemiologie

Einige Studien befassen sich auch speziell mit der Prävalenz der unter dem Begriff Nursing-Bottle-Syndrom (im folgenden: NBS) zusammengefassten Milchfrontzahn-Karies bei Kleinkindern, die meist durch einen exzessiven und verlängerten Genuss von zucker- und/oder säurehaltigen Getränken aus Kunststoff-Saugerflaschen verursacht wird [WETZEL 1981]. Dabei wurden weltweit sehr unterschiedliche Prävalenzwerte festgestellt. Während z. B. in Nordamerika in bestimmten sozial benachteiligten Bevölkerungsgruppen weit über die Hälfte der 3-4-jährigen Kinder Milchfrontzahnkaries aufweisen [KELLY und BRUARD 1987], liegen die Durchschnittswerte für die Bevölkerung von westlich orientierten Industriestaaten wahrscheinlich unter 5 % [HANISCH 1993].

Im deutschsprachigen Teil der Schweiz wurde bei 0-3-jährigen Kindern nach einer Umfrage von MENGHINI und MARTHALER [1985] bei 0,88 bis 2,13 % der Kinder Milchfrontzahnkaries diagnostiziert. In einer stichprobenartigen Studie von WENDT et al. [1991] ließ sich in einer großstädtischen schwedischen Population bereits bei 0,5 % der 1-jährigen und 7,7 % der 2-jährigen Kinder Karies feststellen (einschließlich Läsionen an Milchmolaren). Zwar betrug der Anteil von Immigranten in dieser Studie knapp 20 %, was eine höhere Kariesprävalenz als in der statistischen Durchschnittsbevölkerung vermuten lässt. Angesichts der relativ guten präventiven Versorgung in Schweden und der Schweiz können aber für Deutschland zumindest ähnliche Werte angenommen werden. So schätzte WETZEL [1993] aufgrund eigener Hochrechnungen die Prävalenz der "Zucker-Saugerflaschen-Karies" für die alten Bundesländer auf 5-7 % eines Geburtsjahrganges. In Deutschland ging die Anzahl der NBS-Fälle im Zusammenhang mit einer Reihe von Gerichtsprozessen gegen Hersteller der Zuckertees nach 1983 zunächst zurück. Durch die Verwendung anderer Flaschengetränke und die Fortsetzung des Modetrends der Saugerflaschen kehrte sich der Trend jedoch bald danach wieder um.

1.3.2 Terminologie

Die im vorangehenden Abschnitt genannte kariöse Milchzahnzerstörung, die bevorzugt in der Oberkieferfront auftritt — sowie deren Folgeerscheinungen — sind in der Literatur seit längerem dokumentiert [MARÉCHAUX 1980, WETZEL 1981]. Obwohl auch andere Ursachen dieser charakteristischen Kariesform bekannt sind — z. B. Honigschnuller [MENGHINI u. MARTHALER 1985] oder deutlich über das erste Lebensjahr hinaus verlängertes, vor allem nächtliches, Stillen [BRAMS 1983, KOTLOW 1977] — ist heute die exzessive, über das 1. Lebensjahr hinausgehende Zufuhr zucker- und/oder säurehaltiger Getränke aus Kunststoff-Saugerflaschen als die häufigste Ursache anzusehen.

Im deutschsprachigen Raum prägte WETZEL [1981] zunächst den Begriff der "Zuckertee-Karies", den er unter Berücksichtigung der häufigen Begleiterscheinungen dieser Erkrankung durch die Bezeichnung "Zucker-Saugerflaschen-Syndrom" [1989] erweiterte. Im Unterschied zu anderen Synonymen wird hier sowohl das kariogene Substrat (Zucker) als auch die Saugerflasche als Vehikel der kariogenen Stoffzufuhr benannt. Heute ist international der Begriff "Nursing-Bottle-Syndrom" (NBS) üblich [LOVE 1979,

WETZEL 1988]. In den angelsächsischen Ländern werden in wissenschaftlichen Publikationen neben "Nursing Bottle Syndrome" häufig die Begriffe "Nursing caries" oder "Baby bottle caries" verwendet [RIPA 1988, JOHNSEN 1982]. Hierdurch sind allerdings die pädiatrischen Folgeerscheinungen der kariösen Zerstörung terminologisch nicht miterfasst. Ein weiterer Begriff, der in den USA vor allem von Laien (z. B. von der "Healthy Mothers — Healthy Babies Coalition") verwendet wird und die Erkrankung sehr anschaulich beschreibt, ist "Baby bottle tooth decay" [RIPA 1988]. In der vorliegenden Arbeit werden neben "Nursing-Bottle-Syndrom" in Anlehnung an WETZEL auch die Begriffe "Zucker-Saugerflaschenkaries" oder "Nursing-Bottle-Karies" verwendet.

1.3.3 Erscheinungsbild und Folgeschäden

Das Krankheitsbild des NBS ist durch ein spezielles kariöses Zerstörungsmuster charakterisiert. Dabei treten zunächst Entkalkungen an den labialen und/oder palatinalen Flächen der mittleren und seitlichen oberen Milchinzisivi auf, die in der Folge zu kariösen Defekten bis hin zur völligen Zerstörung der Zahnkronen führen können. Bei weiterer Ausbreitung der Karies sind als nächstes die ersten Milchmolaren im Oberkiefer, dann im Unterkiefer, schließlich die zweiten Milchmolaren und die oberen Eckzähne betroffen. Allein die Unterkieferschneidezähne bleiben meist verschont [MARÉCHAUX 1980, WETZEL 1988]. Bei frühem und intensivem Einsetzen der kariogenen Noxen können die Zähne schon bei ihrem Durchbruch in die Mundhöhle demineralisiert und somit verfärbt werden, da zu diesem Zeitpunkt das schützende Schmelzoberhäutchen (Pellikel) noch nicht gebildet wurde. Typisch ist dann die Aussage von Eltern, dass "die Zähne schon mit Karies gekommen" seien.

Als zahn- und allgemeinmedizinische Folgeschäden der kariösen Defekte sind Vereiterungen tief zerstörter Zähne im Kieferknochen, Keimschädigungen bleibender Zähne, dystopischer Durchbruch der bleibenden Frontzähne, Persistenz periapikal erkrankter Milchzähne [WETZEL u. SCHLÖMER 1986], Beeinträchtigungen der Kau-, Sprach- (Schwierigkeiten bei der S- und Zischlautbildung) und Platzhalterfunktion sowie eine erhöhte allgemeine

Infektanfälligkeit dokumentiert [WETZEL 1992, WETZEL et al. 1993a]. Zusätzlich stellt das häufige Trinken aus der Saugerflasche eine unphysiologisch hohe Flüssigkeitsbelastung für das Kind dar [MARTHALER u. TÖNZ 1985], die einen Diabetes insipidus imitieren und das Kind von einem zusätzlichen Flüssigkeitsangebot abhängig machen kann [KABUS 1982]. Ausführliche Übersichten zur Charakterisierung des Nursing-Bottle-Syndroms sind bei GRIEB [1993] und HANISCH [1993] zu finden.

1.3.4 Ätiologische Faktoren

Als die wichtigsten ätiologischen Faktoren werden von JOHNSEN [1982] das Zusammenwirken der Zufuhr von kariogenen Flüssigkeiten während Schlafphasen und die Infektion mit *Streptococcus mutans* genannt. WETZEL [1983], WETZEL et al. [1993b] sowie WETZEL und SZIEGOLEIT [1998] betonen zusätzlich die Rolle von säurehaltigen Flüssigkeiten bzw. das vermehrte Auftreten von *Candida albicans*. Außerdem spielt offenbar der spezielle Trinkmodus aus Saugerflaschen bei der Entwicklung der Zucker-Saugerflaschenkaries eine besondere Rolle.

1.3.4.1 Trinkmodus

Beim Trinken aus Saugerflaschen kommt es zu einer bevorzugten Umspülung/Benetzung der meist schon im Alter von 6 bis 11 Monaten durchbrechenden Oberkieferfrontzähne mit den kariogenen Flüssigkeiten. Beim Saugvorgang wird die Wangenmuskulatur eingezogen, der Mund leicht geöffnet und die Zunge gegen den Unterkiefer vorgeschoben, so dass es kaum zu der sonst üblichen neutralisierenden Spülwirkung des Speichels kommen kann. Außerdem wird durch die Austrocknung der Schmelzoberfläche die Bildung von kariogener Plaque begünstigt. Der häufige Kontakt der zuckerhaltigen Flüssigkeit mit den noch nicht vollständig mineralisierten Milchzähnen führt dann in Zusammenwirken mit dem Trinkmodus in vielen Fällen zu den beschriebenen Schäden.

Diese ungünstige physiologische Situation wird im Falle von nächtlichem Trinken aufgrund der reduzierten Speichelsekretion noch erheblich verstärkt [WETZEL 1981]. Nach LOVE [1979] spielt dabei auch die nachts abnehmende Schluckfrequenz eine Rolle, die zu einem ständigen hohen Flüssigkeitsspiegel

im Mund führt. Aus den genannten Gründen kann die Gabe von kariogenen Flüssigkeiten im Bett, vor dem Einschlafen und zusätzlich mehrere Male während der Nacht als besonders schädlich gelten. Viele Eltern überlassen ihrem Kind die Flasche sogar zum freien Gebrauch, z. B. nachts, unterwegs oder einfach als "Beruhigungsmittel" zwischendurch. HANISCH [1993] fand, dass 74,4 % der untersuchten Patienten mit NBS "beim Einschlafen" aus der Saugerflasche tranken, jedoch nur 35,2 % der kariesfreien Kontrollgruppe. SCHWARTZ et al. [1993] fanden in einer Fragebogenstudie unter Teilnahme der Eltern von 156 Kindern mit und ohne Saugerflaschenkaries einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Nursing-Bottle-Karies und der Gabe der Flasche im Bett. 56 % der Kinder wurden in dieser US-amerikanischen Stichprobe mit Flasche zu Bett gebracht, davon entwickelten 37 % Symptome des NBS. Ebenso spielte eine Rolle, ob sich die Flasche nach dem Einschlafen noch im Mund des Kindes befunden hatte oder nicht. Bei Kindern, denen die Flasche vor dem Einschlafen weggenommen worden war, betrug die NBS-Quote 27 %, wenn die Flasche beim Einschlafen im Mund geblieben war, waren 62 % betroffen.

1.3.4.2 Bakteriologie

JOHNSEN [1982] betonte in seinem Übersichtsartikel zu Ursachen und Präventionsmöglichkeiten des NBS die Rolle des Infektionszeitpunktes mit *Streptococcus mutans* für das Auftreten der Läsionen. ALALUUSUA und RENKONEN [1983] bestätigten diese Beobachtung. Sie fanden bei Kindern im Alter von 4 Jahren, deren Plaque bereits vor dem zweiten Lebensjahr *Streptococcus mutans* enthielt, im Vergleich zu ebenfalls 4-jährigen Kindern, bei denen dieser Keim erst nach dem zweiten Lebensjahr nachweisbar geworden war, erheblich erhöhte dmfs-Werte (dmfs $10,6 \pm 5,3$ / dmfs $3,4 \pm 1,8$). HANISCH [1993], WETZEL et al. [1993b] und WETZEL und SZIEGOLEIT [1998] fanden neben dem veränderten bakteriellen Spektrum auch ein deutlich vermehrtes Auftreten von *Candida albicans* in Speichel und kariöser Substanz von Kindern mit NBS. BERKOWITZ [1996] vermutete ein dreiphasiges Modell für die Entstehung der Zucker-Saugerflaschenkaries. Demnach ist der erste Schritt die Infektion mit *Streptococcus mutans*, der zweite die Akkumulation dieser Mikroorganismen als Folge häufiger und verlängerter oraler Zufuhr von kariogenen Substraten und der dritte die schnelle Demineralisation und Kavitation von Schmelz.

1.3.4.3 Allgemeinernährung

ERONAT und EDEN [1992] fanden in einer türkischen Population signifikante Zusammenhänge zwischen der Gesamternährung und frühen kariösen Zerstörungen bei Kleinkindern. Verglichen wurde eine Gruppe mit entweder NBS oder "Rampant caries", also ausgedehnten kariösen Zerstörungen, und eine Kontrollgruppe; das Alter der Kinder betrug jeweils 2 bis 6 Jahre. Mit Hilfe eines 3-tägigen Ernährungstagebuchs wurden Art, Menge und Häufigkeit der jeweils konsumierten Nahrungsmittel erhoben. Die Angaben zur Gesamternährung wurden nach einer Skala als ausgewogen bzw. nicht ausgewogen klassifiziert. Außerdem bestimmten die Autoren einen "Sweet score", nach dem der Zuckerkonsum als hoch, normal oder niedrig bewertet werden konnte. Für beide Kriterien ergaben sich für die stark von Karies betroffenen Kinder signifikant höhere Werte. Auch der Anteil der Kinder, denen "gesüßte Kleinkindnahrung" gegeben wurde, lag mit 86 % bei den NBS-Kindern deutlich höher als in der Kontrollgruppe (29 %). Diese Befunde geben zumindest einen deutlichen Hinweis darauf, dass bereits bei Kleinkindern extreme Ernährungsgewohnheiten zu entsprechenden kariösen Zerstörungen führen können.

1.3.4.4 Flascheninhalt

Von besonderem Interesse bei der Betrachtung der Zucker-Saugerflaschenkaries ist für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit der Inhalt der verwendeten Saugerflaschen. WETZEL [1982] fand in einer Untersuchung bei 10 Kindern mit NBS, dass 9 dieser Kinder damals an eine tägliche Zufuhr von durchschnittlich 750 ml "Kindertees" gewöhnt waren. Diese Tees enthielten zwischen 9,6 und 8,5 g Zucker pro 100 ml trinkfertiger Lösung. Während in Deutschland bis zu Beginn der achtziger Jahre vorzugsweise sogenannte Kindertees (Instant-Tees) als Flaschengetränk dienten [WETZEL 1981, 1982], sind in der Folgezeit vermehrt Säfte, Milchmischgetränke (z. B. Kakao) und andere Getränke hinzugekommen. HANISCH [1993] ermittelte bei der Auswertung von Fragebögen, die die Eltern von 42 Patienten mit NBS ausgefüllt hatten, folgende häufigste Flascheninhalte (nach dem ersten Lebensjahr, Mehrfachnennungen möglich): Obstsäfte (57,1 %), Milch (47,6 %), Vitaminsäfte (40,5 %), Instant-Tees (33,3 %). Muttermilch-Ersatznahrung erhielten immerhin noch 14,3 %, Milch mit Instant-Kakao 26,2 % der Kinder.

1.3.4.5 Maltodextrine

Während also beim Flascheninhalt Veränderungen zu verzeichnen waren, nahm selbst nach dem Bekanntwerden des NBS in der deutschen Öffentlichkeit die Verbreitung von Saugerflaschen eher noch zu [WETZEL 1993]. In der Folgezeit der ersten Prozesse gegen Hersteller von Kindertees fiel auf, dass die bis dahin meist enthaltene Saccharose (bis zu 66 Gewichtsprozent des Pulvers) zunehmend durch Glucose, Proteine oder sogenannte Maltodextrine ersetzt wurde. Die entsprechenden Produkte wurden von den Herstellern dann mit "ungezuckert", "leicht gesüßt" oder "weniger Zucker pro Tasse" deklariert. Maltodextrine gehören zu einer Gruppe von Stärkeprodukten, die durch enzymatische Stärkeverzuckerung gewonnen werden und aus qualitativ und quantitativ variablen Gemischen von kurz-, mittel- und langkettigen Sacchariden bestehen. Sie haben aufgrund ihrer funktionellen Eigenschaften und kostengünstigen Herstellung in der Lebensmittelindustrie, und speziell auch bei der Produktion von Säuglings- und Kleinkindnahrung, in den letzten Jahrzehnten stark an Bedeutung gewonnen [TEGGE 1984]. Auch andere Produkte der Säuglings- und Kleinkindnahrung, wie Muttermilch-Ersatznahrungen und neuartige Milch-Instantgetränke, enthalten Maltodextrine und/oder Glucosesirupe, eine den Maltodextrinen analoge Substanzgruppe mit erhöhtem Anteil niedermolekularer Zucker.

1.3.5 Möglichkeiten der Prävention

JOHNSEN und NOWJACK-RAYMER [1989] sehen als erfolgversprechendsten Ansatz der Prävention des NBS die Gesundheitsaufklärung auf verschiedenen Ebenen. Dazu gehören auf der einen Seite die Aufdeckung des individuellen sozialen Kontextes zahnschädigender Ernährungsgewohnheiten und verstärkte wissenschaftliche Anstrengungen, auf der anderen Seite die Information von Eltern und Erziehungspersonen, die durch Zahnärzte oder Gesundheits- und Ernährungsberatungs-Personal erfolgen kann. Ernährungsberater könnten dabei zum einen frühzeitig Risikokinder identifizieren und zum anderen mit verhaltenstherapeutischen Ansätzen intervenieren. Sowohl JOHNSEN [1982] als

auch WETZEL [1981] empfehlen das sofortige Beenden der Flaschengewohnheit bei bereits betroffenen Kindern und präventiv das Entwöhnen von mit Flaschen ernährten Kindern spätestens zum Ende des ersten Lebensjahres. Dagegen gibt RIPA [1988] Eltern, die die Flasche ihrem Kind weiter zum Einschlafen geben wollen, die Empfehlung, anstelle kariogener Flüssigkeiten Wasser in die Saugerflasche zu geben.

1.4 Milch in der Ernährung von Säuglingen und Kleinkindern

1.4.1 Stillen und Muttermilch-Ersatznahrung

Trotz der unbestrittenen Vorzüge des Stillens für die Entwicklung des Säuglings und der in den letzten Jahren in vielen westlichen Ländern wieder zunehmenden Bereitschaft zum Stillen [KERSTING et al. 1987] gibt es nach wie vor einen großen Markt — und in einer begrenzten Anzahl von Fällen auch das Erfordernis — für industriell hergestellte Milchnahrungen (Formulas) zum Ersatz von Muttermilch. DROESE und KERSTING [1984] kennzeichnen die Muttermilch als optimale und ausreichende Nahrung für die ersten vier Lebensmonate. Erst danach solle mit Breimahlzeiten (Karotten mit Obstmus und Karotten/Kartoffeln) begonnen werden. Ab dem 6. Monat wird zusätzlich ein Vollmilchbrei empfohlen. Im Falle einer unzureichenden Gewichtszunahme solle eine adaptierte oder teiladaptierte Milchnahrung zugefüttert werden. Abzuraten sei von industriell hergestellten Milchbreien, da diese zu einer Überfütterung mit Kohlenhydraten führen könnten.

Wenn Stillen nicht möglich ist, sollte eine im Handel erhältliche Muttermilch-Ersatznahrung verwendet werden. Diese Nahrungen sind hygienisch und bakteriologisch unbedenklich und entsprechen den Richtlinien der

ERNÄHRUNGSKOMMISSION DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR KINDERHEILKUNDE [1991]. Die adaptierten Milchnahrungen enthalten als Kohlenhydrat ausschließlich Lactose, die teiladaptierten zusätzlich häufig Saccharose und als sogenanntes Zweites Kohlenhydrat Maltodextrin oder Stärke. Als dritte Kategorie von Milchnahrungen sind die Folgemilchnahrungen zu nennen, die als Ergänzung bei unzureichender Gewichtszunahme der Säuglinge empfohlen werden. Folgemilchnahrungen enthalten allerdings mehr Kohlenhydrate als primäre Ersatznahrungen.

DROESE und KERSTING [1984] stellen im Zusammenhang mit dem Anteil der verschiedenen Nährstoffe an der Gesamtenergief Aufnahme fest, dass der Prozentsatz von Kohlenhydraten — besonders von Zucker — durch frühe Zufütterung von zuckerhaltiger Beikost bereits ab dem 3. Monat zu hoch ist. Der Anteil hochwertiger Fette sei dagegen zu gering. Ernährungsanamnesen in der kinderzahnheilkundlichen Patientenaufnahme des Zentrums für ZMK der Universität Gießen ergaben, dass Muttermilch-Ersatznahrungen, meist als Folgemilchnahrungen, Kleinkindern häufig weit über das erste Jahr hinaus aus Kunststoff-Saugerflaschen zugeführt werden [HANISCH 1993].

1.4.2 Milch und Karies

JENKINS und FERGUSON [1966] zeigten in In-vitro Versuchen, dass Kuhmilch einen günstigen Einfluss auf den Zahnschmelz hat, der jedoch durch gleichzeitigen Konsum von Saccharose deutlich beeinträchtigt werden kann. BIBBY et al. [1980] vermuteten in einer In-vitro-Studie zur Kariogenität von milchhaltigen Produkten, dass Kasein in der Regel einen kariesprotektiven Effekt ausübt. So ergab sich durch Zugabe von Milchpulver zu saccharosehaltigen Keksen eine deutliche Abnahme der Schmelzdemineralisation. Dieser protektive Effekt trat jedoch bei saccharosehaltiger Schokoladenmilch nicht auf. Nach dem Trinken von Milch stellte sich in einer Studie von MOR und MCDOUGALL [1977] häufig ein initialer Anstieg des pH ein. Bei Hinzufügen von Saccharose fiel dieser jedoch sofort ab.

Bekannt ist, dass das eher geringe kariogene Potential von Muttermilch und Kuhmilch bei Ad-libitum-Stillen über das 1. Lebensjahr hinaus und bei verlängerter Zufuhr aus der Saugerflasche eine extrem ungünstige Potenzierung erfahren kann [KOTLOW 1977, FASS 1962]. BUHL et al. [1986] fanden, dass zwischen 3 und 12 Monate gestillte Kinder noch im Kindergartenalter zwischen 3 und 6 Jahren günstigere Gebissbefunde aufwiesen als kürzer oder gar nicht gestillte Jungen und Mädchen.

SCHMIDT und SCHLAF [1990] wiesen in ihrer In-vitro-Studie zum säurebildenden Potential verschiedener Milchen darauf hin, dass Ersatznahrungen im Vergleich zu Muttermilch eine erhöhte Säurebildung in Zahnplaque bewirken. Auch die heute erhältlichen Muttermilch-Ersatznahrungen — und zwar sowohl die an die Muttermilch angeglichenen "adaptierten", nur lactosehaltigen als auch die zucker- und/oder maltodextrinhaltigen "teiladaptierten" — zeigten gegenüber der Muttermilch ein erhöhtes Säurebildungspotential. Auch SHEIKH und ERICKSON [1996] bewerteten in einer In-vitro-Untersuchung alle getesteten Ersatznahrungen als azidogen. Sie stellten dabei auch einen Zusammenhang zur Entwicklung von Zucker-Saugerflaschenkaries her.

1.5 Stärke und Stärkeverzuckerungs-Produkte

Stärkeverzuckerungs-Produkte wie Maltodextrine und Glucosesirupe führen nach Angaben von PALLOT [1981] zumindest für einige Anwendungen zu niedrigeren Produktionskosten als die Verwendung von Rüben- oder Rohrzucker. Neben den untersuchten Maltodextrinen und Glucosesirupen gibt es auch noch hochfructosehaltige Sirupe, die besonders in den USA verwendet werden. Der Anteil von Stärkeverzuckerungs-Produkten am Gesamt-Süßungsmittelmarkt beträgt laut SCHWAIGER [1990] ca. 10 %. Die Hauptbedeutung dieser Stoffe liegt nach derselben Quelle jedoch in ihren funktionellen Eigenschaften, die bei

der modernen industriellen Herstellung von Lebensmitteln offenbar eine große Rolle spielen. CERESTAR [1991], einer der Hersteller der in der vorliegenden Untersuchung getesteten Primärprodukte, gibt in seinen "Technischen Informationen" für Kleinkind- und Säuglingsnahrung folgende lebensmitteltechnologischen Eigenschaften an, die durch Verzuckerungsprodukte gesteuert werden könnten: Mundgefühl und Gefüge, Nährwert, Feuchtigkeit und Löslichkeit. Diese Eigenschaften sind teilweise auch bei Instant-Tees und Milchersatznahrungen von Bedeutung.

Maltodextrine, nicht jedoch Glucosesirupe, sind auch in der Pädiatrie für bestimmte, klar definierte Indikationen allgemein akzeptiert. Nach WACHTEL [1984] "... kann angenommen werden, dass die Oligosaccharidgemische Zwischenprodukten in der Verdauung entsprechen". Zudem enthalte auch die Muttermilch 0,3 bis 1,0 g/100 ml "komplexe" Oligosaccharide, die sich allerdings aus Lactose herleiten. ROSEGER [1986] stuft eine 13%ige "Dextrinmaltose"-Lösung wegen deren guter Verträglichkeit und fehlender Beeinträchtigung des Stillens als geeignete Ergänzungsnahrung in den ersten vier Tagen ein. VERRON et al. [1984] untersuchten das Maltodextrin "SHP" bei Neugeborenen insulinpflichtiger diabetischer Mütter. SHP war gut verträglich und geeignet, ein Absinken des Blutzuckers bei den Säuglingen in den ersten 2-3 Tagen zu verhindern.

Auch die Verwendung von Stärke in teiladaptierten Muttermilch-Ersatznahrungen wird von verschiedenen Autoren im Prinzip gebilligt oder sogar befürwortet [WACHTEL 1990, DROESE u. KERSTING 1984]. In Deutschland gilt Stärke zusätzlich zu Lactose in der Säuglingsernährung traditionell als das "Zweite Kohlenhydrat". Bei voll gestillten Kindern sollte es nach dem Ernährungsplan des Forschungsinstituts für Kinderernährung Dortmund (FKI) [ERNÄHRUNGSKOMMISSION DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR KINDERHEILKUNDE 1991] jedoch erst im 5. Monat als "Beikost" in Form von getreidehaltigen Breien eingeführt werden. WACHTEL [1984] betont, dass der Zusatz von bis zu 2 g gekochter Stärke pro 100 ml in Muttermilch-Ersatznahrungen durch das bereits aktive Enzymsystem von Neugeborenen gespalten und resorbiert werden kann. Außerdem wird auf funktionelle Vorteile

(Suspension, Haltbarkeit, Sättigungseffekt) hingewiesen, gleichzeitig aber festgestellt, dass die Amylase beim Säugling erst im 2. Lebenshalbjahr ihre volle Aktivität erreicht [WACHTEL 1990].

HEINE et al. [1984] weisen dagegen in ihrer "Untersuchung zur Eiweißutilisation aus stärke- und dextrinhaltigen Säuglingsnahrungen auf Kuhmilchbasis" darauf hin, dass "die Digestion aus stärkeangereicherten Fertignahrungen selbst bei niedrigem Angebot bei jungen Säuglingen unzureichend ist". Auch in den USA und im europäischen Ausland sei die Verwendung von Stärke unüblich. Der Zusatz geringer Mengen aus technologischen Gründen wird jedoch auch von HEINE et al. [1984] als vertretbar angesehen. Die Empfehlungen der ERNÄHRUNGSKOMMISSION DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR KINDERHEILKUNDE [1991] für Säuglinge und Kleinkinder enthalten den Hinweis, dass teildaptierte Muttermilch-Ersatznahrungen zu einer Überfütterung des Kleinkinds führen können. Die Richtlinie 91/321/EWG der KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN [1991] lässt die gesamte Palette der in dieser Untersuchung genannten Kohlenhydrate, inklusive der Verzuckerungsprodukte "Malto-Dextrine" und "Glucosesirup oder getrockneter Glucosesirup", schon für Anfangs-Milchersatznahrungen zu. Als Grenzwerte werden für "Vorgekochte Stärke und/oder gelatinierte Stärke" 2g/100ml und 30 % des Gesamtkohlenhydrat-Gehaltes genannt. Für Stärkeverzuckerungs-Produkte gibt es in der Richtlinie keinerlei direkten Mengenbegrenzungen.

Unterschiedliche Einschätzungen existieren bei Repräsentanten der Ernährungswissenschaft wie dem Forschungsinstitut für Kinderernährung Dortmund einerseits [ERNÄHRUNGSKOMMISSION DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR KINDERHEILKUNDE 1991] und Herstellern von Säuglings- und Kleinkindnahrung andererseits in Bezug auf den geeigneten Zeitpunkt für den Beginn der Fütterung von Beikost sowie in Bezug auf die Mengenteile von Kohlenhydraten, Proteinen und Fett in der Beikost. Während der Beginn der Beikostfütterung von Seiten der Hersteller z. B. für einige Milchfertigbreie bereits vor dem 4. Monat empfohlen wird [DROESE und KERSTING [1984], unterstreichen DROESE und KERSTING [1984] sowie

MAUSSNER [1990], dass die Zufütterung von Beikost frühestens ab dem 5. Monat sinnvoll sei. Zudem sei der Gesamtanteil von Kohlenhydraten, besonders von Saccharose, in der Ernährung von Kleinkindern oft zu hoch.

1.6 Kariologie

1.6.1 Grundlagen

Für die Entstehung der Karies müssen neben dem Substrat — niedermolekulare Kohlenhydrate — kariogene Bakterien in der Mundhöhle vorhanden sein. KITE et al. [1950] bewiesen durch die Fütterung infizierter Ratten mit Magentubus, dass für die Entwicklung kariöser Läsionen ein Substrat vorhanden sein muss. ORLAND et al. [1954] erbrachten im Jahre 1954 durch Versuche mit gnotobiotischen (keimfreien) Ratten den Nachweis für die Notwendigkeit von Mikroorganismen für die Entstehung von Karies. Der wichtigste kariogene Keim ist laut KRASSE [1985] *Streptococcus mutans*. Dieser Mikroorganismus ist in der Lage, mit Hilfe von Saccharose extrazelluläre Mukopolysaccharide (z. B. Glukane) zu bilden, die die Entstehung von Karies wesentlich unterstützen. Die Kolonisation der Mundhöhle mit *S. mutans* wird durch Saccharose signifikant gefördert. Saccharose stellt im kariösen Prozess offenbar das mit Abstand wichtigste Substrat dar. KRASSE [1985] gibt an, dass ein linearer Zusammenhang zwischen dem Saccharosegehalt eines Nahrungsmittels und der gebildeten Menge an Glukanen besteht. Nach der Aufnahme von Saccharose produziert *S. mutans* innerhalb von Plaqueschichten kurzfristig große Mengen Milchsäure, die den intraoralen pH bis zum sogenannten kritischen Bereich von 5,7-5,3 und darunter sinken lassen. Die intensive Säureproduktion scheint ein wesentlicher Faktor für die Kariogenität dieses Keimes zu sein.

Auch der Faktor Zeit spielt eine wichtige Rolle. Da jedoch eine annähernd vollständige Entfernung von Plaque meist nicht möglich ist, kann bei Konsum vergärbare Kohlenhydrate in der Regel von einem ausreichenden Zeitangebot

für die Verstoffwechslung der niedermolekularen Saccharide ausgegangen werden. Unbestritten ist auch die Bedeutung der Häufigkeit der Nahrungsaufnahme, wobei eine höhere Frequenz nach NEWBRUN [1989] zu vermehrter Kariesbildung führt. Im Zusammenhang mit der Diskussion über die Bedeutung der Zuckermenge für die Entstehung von Karies bezeichnet er es als einen Fehlschluss, dass die Menge der aufgenommenen Saccharose keine Bedeutung für die zu erwartende Kariesinzidenz habe. Diese Annahme basiere auf einer Fehlinterpretation der sogenannten Vipeholmstudie [GUSTAFSSON et al. 1954], die bei einer hospitalisierten Population unter Kontrolle der Nahrungsaufnahme durchgeführt wurde. Auch der anhaltend hohe Zuckerkonsum bei abnehmender Kariesprävalenz in den hoch industrialisierten Staaten sei kein Beweis für einen fehlenden Zusammenhang zwischen Zuckermenge und Kariesinzidenz, da dabei der verbreitete Einsatz von Fluoriden nicht berücksichtigt werde [NEWBRUN 1989].

Weiterhin haben offenbar bestimmte Eigenschaften der Nahrungsmittel — wie orale Clearance und Gehalt an Hemmstoffen wie Protein, Fett und Phosphat — einen Einfluss auf deren Kariogenität. So ist die durch ein Nahrungsmittel erzeugte Säuremenge nicht direkt mit dem in vitro demineralisierten Schmelz korrelierbar. Dies wird nach MUNDORFF-SHRESTHA et al. [1994] auf die genannten schützenden Substanzen zurückgeführt. Klebrige saccharosehaltige Produkte wie Kuchen mit Zuckerglasur und Rosinen hatten im Rattenversuch einen höheren CPI (Cariogenic Potential Index) als gepuderte Saccharose [MUNDORFF-SHRESTHA et al. 1994]. TRAUTNER [1982] stellte zur oralen Zucker-Clearance fest, dass die als besonders kariogen geltenden Süßigkeiten (z. B. Karamellen, Bonbons) auch eine höhere Clearance-Zeit hatten. Dies gelte aber auch für Kekse und Zuckerkuchen. Außerdem beständen große interindividuelle Unterschiede, die auf Faktoren wie Kauvorgang, Speichelfluss, Gebisszustand u. a. zurückzuführen seien.

Seit Mitte der 80er Jahre ist verstärkt der Versuch unternommen worden, die Messung der Kariogenität von Lebensmitteln zu standardisieren. Dabei wird eine Kombination unterschiedlicher Methoden — wie Messung des Plaque-pH,

Messung des CPI in kontrollierten Rattenversuchen und Demineralisations-/Remineralisationsmodelle — gefordert, um reproduzierbare Ergebnisse sicherstellen [EDMONDSON 1990]. MUNDORFF-SHRESTHA et al. [1994] schlagen ein Ratten-Modell vor, bei dem weitere Faktoren — wie Anzahl der kariogenen Bakterien in der Plaque, diverse Speichelparameter und die Zusammensetzung des Nahrungsmittels berücksichtigt werden. Es fällt aber auf, dass dabei Weißbrot als fast ebenso kariogen wie Puder-Saccharose eingestuft wird. Angesichts der niedrigen Karieswerte von Personen mit Hereditärer Fructose-Intoleranz [MARTHALER u. FROESCH 1967, WETZEL 1995] und der geringen Kariesmorbidity vor Beginn der industriellen Herstellung von Zucker erscheinen Zweifel an der Aussagekraft solcher Tierversuche angebracht.

1.6.2 Zucker und Karies

Historisch betrachtet hat Zucker, meist in Form von Saccharose, seit dem 19. Jahrhundert für die Ernährung der Bewohner von Industrieländern enorm an Bedeutung gewonnen. So betrug noch im Jahre 1855 in einem Schweizer Kanton das Verhältnis von Zucker zu Getreide in der Ernährung 1 : 75, im Jahre 1980 lag es im selben Gebiet bei 1 : 1,7 [WACHTEL 1990]. Die Durchsicht der Inhaltsdeklarationen industriell hergestellter Säuglings- und Kleinkindnahrungen ergibt, dass Zucker ein gern verwendeter Rohstoff ist. Neben Saccharose, Fructose und Glucose (Dextrose) werden dabei auch Stärkeverzuckerungs-Produkte (Maltodextrine, Glucosesirupe etc.) eingesetzt.

Die Ernährung der Bevölkerung und dabei insbesondere der Zuckerkonsum lässt in industrialisierten Ländern jedoch keine direkte kausale Beziehung zur Kariesprävalenz erkennen. Schon Kleinkinder nehmen über Kuchen, Süßigkeiten etc. pro Tag durchschnittlich 50-75 g Zucker zu sich, was einem Viertel der Energieaufnahme entspricht [DROESE u. KERSTING 1984]. Trotz des nach wie vor hohen Zuckerkonsums ist aber — auch in Deutschland — ein Rückgang der Karies (Caries decline) zu verzeichnen [KÜNZEL 1996]. Der Kariesrückgang wird deshalb von den meisten Autoren vor allem auf das allgemein gestiegene Bewusstsein für die Bedeutung guter Mundhygiene und die damit verbundene häufigere Verwendung fluoridhaltiger Zahnpasten zurückgeführt [NEWBRUN 1989, KÜNZEL 1996].

GÜLZOW [1996] untersuchte 1993 in Hamburg die Verknüpfung von sozialer Schicht und Karieshäufigkeit. 3-6-jährige Kinder der Oberschicht und mittleren Mittelschicht wiesen z. B. 66,7 bzw. 58,3 % Kariesfreiheit auf. Bei sozial schlechter gestellten Kindern ("Unterschicht") lag dieser Wert dagegen nur bei 28,7 %. Laut BLINKHORN [1995] haben sozial schlechter gestellte Schichten auch ungünstigere Ernährungsgewohnheiten.

1.6.3 Die Rolle von Stärke bei der Kariesentstehung

Schon seit Jahrzehnten wird die Frage diskutiert, ob Stärke bei der Entstehung von Karies eine Rolle spielt. Diese Frage ist bis heute aktuell und wurde vor allem in der Vergangenheit oft verneint bzw. zurückhaltend beantwortet. So fanden MARTHALER u. FROESCH [1967], dass eine stärkehaltige Kost unter Vermeidung von Fructose und Saccharose bei Probanden mit Hereditärer Fructose Intoleranz (HFI) nur eine minimale Kariesinzidenz zur Folge hatte. GRENBY [1965] belegte bei kariesempfindlichen Ratten, dass eine Diät, die aus Weizenstärke, Magermilchpulver und Leberpulver bestand, eine extrem geringe Kariesinzidenz zur Folge hatte — unabhängig davon, ob gekochte oder rohe Stärke verwendet wurde. In-vitro-Tests zur Demineralisation von Rattenschmelz zeigten in derselben Untersuchung für ein Gemisch aus gekochter Stärke und Speichel eine signifikant höhere Demineralisationsrate als für ein Gemisch aus roher Stärke und Speichel. GREEN und HARTLES [1967] kamen bei Versuchen mit Ratten dagegen zu dem Ergebnis, dass die kontrollierte Fütterung einer Mischung aus ungekochter Stärke und Saccharose kariogener war als eine Mischung aus walzengetrockneter (teilweise aufgeschlossener) Stärke und Saccharose.

Eine Reihe von Untersuchungen hat in den letzten Jahren gezeigt, dass praktisch alle kohlenhydrathaltigen Produkte — z. B. Weizenflocken und Weißbrot — nach Konsum zu einem pH-Abfall führen bzw. im Tierversuch Karies verursachen [MUNDORFF-SHRESTRA et al. 1994]. BOWEN et al [1980] fanden bei Ad-libitum-Fütterung (17 Mahlzeiten) von Ratten für Stärke eine relative

Kariogenität von CPI 0,45 (Saccharose CPI=1). FIRESTONE et al. [1982] untersuchten bei mit *Streptococcus mutans* infizierten Ratten die Kariogenität verschiedener Nahrungsregimes. Für die abwechselnde Gabe von je 18 Saccharose- und Stärkemahlzeiten ergaben sich höhere Karieswerte als für die alleinige Gabe von 18 Saccharosemahlzeiten. Die Autoren führen dies auf einen möglichen synergistischen Effekt von Stärke und Saccharose zurück, der z. B. mit der verlängerten oralen Retentionszeit von Stärke zusammenhängen könnte.

LINKE u. MOSS [1997] nahmen mit Hilfe einer modernen Chromatographie-Methode (HPLC-Analyse) für verschiedene Nahrungsmittel Messungen der oralen Säureproduktion und des Kohlenhydratabbaus vor. Dabei wurde deutlich, dass die Freisetzung von Glucose und analog dazu die Milchsäurebildung bei stärkehaltigen Produkten (Kartoffelchips) im Vergleich zu Zuckerwürfeln zum Teil erheblich länger andauerte. Hieraus wurde abgeleitet, dass die orale Clearance als Faktor in der Kariesentstehung stärker gewertet werden sollte.

KASHKET et al. [1994] untersuchten in einem intraoralen Modellsystem, inwieweit zuckerfreie Kekse eine Schmelzdemineralisation und einen pH-Abfall bewirkten. Sie konnten zeigen, dass der pH-Wert erst nach einer 15-minütigen Verzögerung verstärkt abfiel und auch die Demineralisation nach 15 Minuten verstärkt einsetzte, was jeweils auf eine "Induktion" der beteiligten Streptokokken für die Maltoseverwertung zurückgeführt wurde. Die Freisetzung von Maltose aus den Kekspartikeln erfolgte jedoch umgehend und nachhaltig. Die von FIRESTONE et al. [1982] beobachtete Verstärkung der Kariogenität bei alternierender Gabe von Stärke und Saccharose wurde von KASHKET et al. [1994] damit erklärt, dass Saccharose als Energiequelle für die Induktion der Maltoseverwertung durch orale Bakterien dienen könnte.

KEYMER [1982] fand in In-vitro-Versuchen zur Säureproduktion aus verschiedenen Kohlenhydrat-Substraten in Anwesenheit von frischem Speichel, dass nach einer Latenzzeit von 2 Stunden (1. Messzeitpunkt) aus allen Oligo- und Polysacchariden mit Ausnahme von Xylit und Dextran 40 über einen Zeitraum von mindestens 12 Stunden erhebliche Säuremengen freigesetzt wurden.

MÖRMANN und MÜHLEMANN [1981] und MÖRMANN-BUCHMANN [1979] ermittelten in ihren Untersuchungen zur Säureproduktion durch oralen Stärkeabbau mit Hilfe von Amylase selbst für reine Stärkelösungen in vivo pH-Werte unter 5. Dieser Effekt wurde auf die Hydrolyse der Stärke in Glucose und kleinere Oligomere (Maltose und Maltotriose) zurückgeführt. Auffällig waren dabei interindividuelle Unterschiede in der Stärkeretention (Oral clearance), die meist negativ mit der Speichelflussrate korreliert waren.

Die oben genannten Untersuchungen weisen auf ein kariogenes Potential der meisten Polysaccharide in unserer Nahrung hin, sowohl in flüssiger als auch in fester Form. Dieses Potential könnte auch im Zusammenhang mit höhermolekularen Kohlenhydraten (Maltodextrinen und Glucosesirupen) als Ersatzsubstanzen für niedermolekulare Zucker in Produkten der Säuglings- und Kleinkindnahrung eine Rolle spielen.

1.6.4 Maltodextrine und Karies

Kindernahrung und die Besonderheiten ihrer Aufnahme — z. B. das Saugen aus Kunststoff-Saugerflaschen — werfen spezifische Fragestellungen in Bezug auf deren kariogenes Potential auf. Auch in Hinsicht auf den besonders empfindlichen und dünnen Schmelz von Milchzähnen ist der Zusatz von Zucker zu Kindernahrung kritisch zu bewerten [SHEIHAM 1983].

LEHN [1988] untersuchte mit Hilfe von spektralphotometrischen Enzymtests — derselben Methode wie in der vorliegenden Untersuchung — eine Reihe von Kindernahrungs-Produkten auf ihren Gehalt an den Zuckern Saccharose, Glucose, Fructose, Lactose und Galactose. Dabei fand er für teiladaptierte Muttermilch-Ersatznahrungen Saccharosegehalte zwischen 13,5 und 35,5 % (Pulveranteil). Instant-Tees wiesen bis zu 63 % Saccharose im Granulat auf, was einer Konzentration von 2,7 % in der trinkfertigen Lösung entsprach. Andere Tees enthielten zwischen 12,0 und 13,9 % Glucose im Granulat. Der Gesamtgehalt an niedermolekularen Kohlenhydraten (Glucose und Saccharose) betrug in den trinkfertigen Lösungen zwischen 2,8 und 8,6 %.

Ein in den letzten 15 Jahren häufig eingesetzter Ersatzstoff für Saccharose und andere niedermolekulare Zucker sind die Maltodextrine. Über die Kariogenität

dieser Substanzen liegen nur wenige Veröffentlichungen vor. GEHRING und KARLE [1984] stellten in einer In-vitro-Studie zu den kariogenen Eigenschaften verschiedener Instant-Tees für den getesteten Maltodextrintee ähnliche pH-Kurvenverläufe wie für die saccharosehaltigen Tees fest. Nach Einschätzung der Autoren geht von den maltodextrinhaltigen Tees eine nur unwesentlich geringere Gefährdung für Kinderzähne aus. Diese Einschätzung wird im Kern auch von SCHMIDT und HAMMERMÜLLER [1986] geteilt, die in einer In-vitro-Versuchsanordnung mit künstlichem Speichel und künstlicher Plaque den pH-Kurvenverlauf bei Verstoffwechslung verschiedener Instant-Tees durch Plaquebakterien testeten. Der tiefste gemessene Wert lag für den Maltodextrintee bei pH 5, für Saccharose bei pH 4.

Auch der pH-Wert der trinkfertigen Lösungen von Getränken für Säuglinge und Kleinkinder ist für Fragen der Kariologie von Interesse. So ist bekannt, dass bei häufiger Umspülung der Zähne mit säurehaltigen Trinklösungen der Schmelz der frisch in die Mundhöhle durchgebrochenen Milchzähne zusätzlich erosive Schädigungen erfahren kann. WETZEL [1983] folgerte, dass durch Säuren — etwa aus Säften oder Tees — eine Vorschädigung der Oberkieferfrontzähne stattfinden kann, die eine spätere Entstehung von kariösen Läsionen des NBS einleitet.

1.7 Inhalt und Ziel der Arbeit

Aus den oben besprochenen Zusammenhängen ergibt sich die Frage, ob die heute von den Herstellern angebotenen Produkte der Säuglings- und Kleinkindnahrung — insbesondere in Bezug auf die Verwendung von Maltodextrinen und Glucosesirupen — als unbedenklich für die Zahngesundheit von Kleinkindern eingestuft werden können. Dazu wurden im experimentellen Teil der vorliegenden Untersuchung — in Fortführung der Arbeit von LEHN [1988] — mit Hilfe der enzymatischen Spektralanalyse ausgewählte Maltodextrin- und Glucosesirup-Primärprodukte sowie maltodextrin- bzw. glucosesiruphaltige Instant-Tees und Muttermilch-Ersatznahrungen auf ihren

Gehalt an niedermolekularen Kohlenhydraten untersucht. Außerdem erschien es angebracht, die Deklaration der verschiedenen Kohlenhydrate auf den Produktverpackungen zu überprüfen und mit den eigenen Ergebnissen zu vergleichen. Zusätzlich wurden die pH-Werte der gelösten Instant-Tees festgestellt.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Charakteristik von Stärke und Stärkeverzuckerungs-Produkten

2.1.1 Stärke

2.1.1.1 Bedeutung für die menschliche Ernährung

Stärke ist vom Menschen offenbar schon zu sehr früher Zeit gewonnen und genutzt worden. Dies ist an ihrem lateinischen Namen "Amylum" erkennbar, der aus dem Griechischen abgeleitet wurde und soviel wie "Auswaschen" von Getreide mit Wasser bedeutet. Der Zusatz von Getreideerzeugnissen als Schleim- und Melhlabkochungen mit Milch für die Säuglingsernährung ist sogar seit der ägyptischen Kultur belegt [WACHTEL 1984].

Stärke ist traditionell der dominierende Bestandteil der Kohlenhydrat-Komponente in unserer Nahrung und damit für die tägliche Ernährung unverzichtbar. Heute werden die stärkehaltigen Speisen zunehmend durch solche aus kurzkettigen Sacchariden wie Glucose und vor allem Saccharose (Rohr- oder Rübenzucker) ersetzt. Die verschiedenen Zucker werden neben ihren angestammten Anwendungen (Süßigkeiten, Gebäck) immer mehr in industriell hergestellten Produkten eingesetzt und tragen zu einer verbreiteten Fehlernährung von Kindern bei [DROESE und KERSTING 1984].

2.1.1.2 Aufbau

Für die Gewinnung von Stärke werden hauptsächlich diejenigen pflanzlichen Rohstoffe herangezogen, die hohe Stärkeanteile haben, wie z. B. Mais, Reis und Weizen. Stärke ist ein im Pflanzenreich universell verbreiteter Speicherstoff, der sich aus unterschiedlich komplexen Ketten von Glucose-Molekülen zusammensetzt [EDMONDSON 1990, BALTES 1992, WACHTEL 1984]. Es handelt sich hierbei um α -D-Glucose-Einheiten, die in 1 \rightarrow 4- bzw. 1 \rightarrow 6-Position miteinander verknüpft sind. Je

nachdem, ob ausschließlich eine 1→4-Verknüpfung vorliegt oder durch eine zusätzliche 1→6-Bindung eine Verzweigung bewirkt wird, unterscheidet man zwischen zwei Bestandteilen der Stärke — Amylose und Amylopektin. Beide kommen in praktisch jeder Stärke vor.

Amylose (500-2000 α -D-Glucose-Einheiten) liegt in Form einer Helix vor. In diese Helix können sich Jod-Moleküle einlagern, was zu einer intensiven Blautönung führt (Jod-Stärke-Reaktion). *Amylopektin* entsteht ebenso wie Amylose durch 1→4-Verknüpfung der Glucoseeinheiten, besitzt daneben aber im Mittel an jedem 25. Glucose-Molekül durch 1→6-Verknüpfung eine seitliche Verzweigung. Amylopektin hat ein bedeutend höheres Molekulargewicht als Amylose. Es quillt oberhalb von 60°C in Wasser, löst sich aber nicht auf. In den natürlich vorhandenen "nativen" Stärken bilden Amylose und Amylopektin festgefügte kristalline Bündel, Micellen genannt.

2.1.1.3 Modifizierte Stärken

Für die Verwendung in der Nahrungsmittelindustrie sind die zunächst gewonnenen nativen Stärken jedoch aufgrund ihrer funktionellen Eigenschaften für viele Produkte weniger geeignet. "Modifizierte" Stärken sind chemisch veränderte Stärken. Die Möglichkeit, die Struktur nativer Stärken zu verändern, sie abzubauen und schließlich die Abbauprodukte selbst ebenfalls zu modifizieren, hat zu einer Vielzahl von neuen Stoffen geführt. Hier zwei Beispiele:

a) Gelatinierte Stärke

Stärke ist in seiner nativen Form unlöslich in kaltem Wasser. Durch Erhitzen zerbrechen die Makromoleküle und die Stärke wird löslich. Amylose und Amylopektin verlieren ihre kristalline Form, schwellen an und werden hydriert. Durch Trocknung entsteht "prägelatinierte" Stärke. Beim Abkühlen tritt eine sogenannte Retrogradation ein: Aus konzentrierten Stärkelösungen entstehen Gele, der zugehörige chemische Prozess wird als Gelatinisierung bezeichnet. In trockener Umgebung, z. B. beim Brot, tritt ein "Altbackenwerden" auf. Durch die genannten Abläufe wird Stärke für die Verdauung durch Amylase zugänglich gemacht [EDMONDSON 1990].

b) Quellstärke

Quellstärke wird durch Walzentrocknung vorgequollener Stärke hergestellt. Das Produkt zeichnet sich durch erhöhte Quellfähigkeit in kaltem Wasser und die Fähigkeit aus, Bestandteile eines Produktes in Suspension zu halten (kolloidale Lösungen). Quellstärke wird vorzugsweise in Instant-Produkten, z. B. auch für Muttermilch-Ersatznahrungen, eingesetzt.

2.1.2 Stärkeverzuckerungs-Produkte

2.1.2.1 Polysaccharide, Oligosaccharide, Dextrine

Wird Stärke abgebaut, also in kleinere Einheiten zerlegt, so ergeben sich unterschiedliche Glucosepolymere. Die Bezeichnung "Polysaccharid" ist ein Sammelbegriff, der sowohl die Stärke selbst als auch höhere Glucosepolymere umfasst. Erst bei kürzeren Ketten von 3 bis etwa 11 Glucosemolekülen (G3-G11) spricht man von "Oligosacchariden", z. B. Maltotriose und Maltotetraose [BALTES 1992]. Andere Autoren nennen 3-8 Glucosemoleküle [EDMONDSON 1990]. Die unterste Kategorie sind die Mono- und Disaccharide (G1 und G2), wie z. B. Glucose (Dextrose) und Maltose.

Ein weiterer Begriff, der häufig verwendet wird, sind die "Dextrine". Dabei handelt es sich um höhere Oligosaccharide und kleinere Polysaccharidketten aus dem Stärkeabbau, die bei trockenem Erhitzen von Stärke entstehen. Toast und Zwieback sind Nahrungsmittel, die Dextrine enthalten. Die Oligomere G5-G11 werden auch als "Grenzdextrine" bezeichnet. Grenzdextrine entstehen auch bei der Stärkeverdauung im Dünndarm [MÖRMANN-BUCHMANN 1979].

2.1.2.2 Nährzucker

Schon Anfang des 19. Jahrhunderts wurde beschrieben, dass Stärke beim Erhitzen mit verdünnter Säure nach vollständiger Hydrolyse eine süße Substanz, nämlich Glucosesirup, ergibt. Im Jahre 1901 führte der Agrikulturchemiker Soxhlet "Nährzucker" oder "Dextrin-Maltose" als sogenanntes Zweites Kohlenhydrat in der Säuglingsernährung und für andere Kindernahrungsmittel ein [WACHTEL 1990]. Es handelte sich hierbei um ein nicht genau definiertes, weil bei der Herstellung nur ungenau

steuerbares Gemisch, das aus Malz sowie aus Mehl und/oder rohen Getreidekörnern mit Hilfe von Säurehydrolyse gewonnen wurde. Das Endprodukt bestand zum einen aus den kurzkettigen Zuckern Glucose, Maltose und Maltotriose, zum anderen aus verschiedenen Polymeren dieser Zucker (Dextrinen und Polysacchariden). Anfang dieses Jahrhunderts wurde dann in Nordamerika auf der Suche nach geeigneten Muttermilch-Ersatznahrungen die Verwendung von "Stärkesirupen" oder "Glucose-sirupen" zusammen mit Verdünnungen von Kuhmilch oder Kondensmilch zur Säuglingsernährung üblich. Das Ergebnis dieser Praxis waren "pastöse" Kinder, deren Fettpolster eine teigige Konsistenz hatten, und die anfälliger gegen Infektionskrankheiten waren [KÜBLER 1979].

2.1.2.3 Maltodextrine und Glucosesirupe

Heute kann mit Hilfe von industriell hergestellten Enzymen aus Bakterien oder Pilzen die Zusammensetzung von Saccharidgemischen wesentlich genauer festgelegt werden. Maltodextrine und Glucosesirupe sind Oberbegriffe für diese sehr heterogene Stoffgruppe. Wegen der Möglichkeit, mit ihrer Hilfe die funktionellen und diätetischen Eigenschaften von Nahrungsmitteln zu steuern, und aufgrund der niedrigeren Herstellungskosten im Vergleich zur herkömmlichen Zuckergewinnung, werden sie derzeit in der Lebensmittelindustrie vermehrt eingesetzt.

Für die technische Herstellung von Stärkeverzuckerungs-Produkten werden, je nach gewünschtem Endprodukt, verschiedene Verfahren der Verzuckerung angewandt [SCHWAIGER 1990]. Bei dem zweistufigen Säure-Enzymprozess wirken auf eine mit Mineralsäuren schwach vorhydrolysierte (verflüssigte) Stärkelösung spezifische Enzyme ein. Bei der rein enzymatischen Verflüssigung von Stärke wird mit α -Amylase vorhydrolysiert; der weitere Abbau erfolgt dann mit Glucoamylasen, β -Amylase und/oder Pullulanasen. Mit Hilfe der letztgenannten Prozesse können durch die Auswahl spezieller Enzyme bzw. Enzymkombinationen Glucosesirupe gleichen Verzuckerungsgrades, aber mit völlig unterschiedlichem Kohlenhydratspektrum und damit auch unterschiedlichen Eigenschaften produziert werden.

Als wichtigstes Unterscheidungskriterium fungiert der Dextrose-Äquivalent-Wert (DE-Wert). Er kennzeichnet die in Gramm angegebene Menge an reduzierenden Zuckern (ab Dextrose) in 100 g Trockensubstanz des Produktes. Der DE-Wert hängt somit primär vom Gehalt an reduzierenden Sacchariden wie Glucose, Maltose und Maltotriose ab. Daraus folgt, dass Produkte mit hohem DE-Wert auch einen hohen Anteil an kariogenen Kohlenhydraten aufweisen. Produkte mit niedrigem DE-Wert sind dagegen durch einen hohen Anteil an Polysacchariden und einen niedrigeren Gehalt an niedermolekularen Zuckern gekennzeichnet. Dabei entspricht der DE-Wert jedoch nicht dem genauen prozentualen Gehalt der kurzkettigen Zucker, da ja auch noch länger-kettige Saccharide reduzierende Gruppen enthalten. Nach SCHWAIGER [1990] stellen Stärkeverzuckerungs-Produkte mit einem DE-Wert zwischen 3 und 20 die Gruppe der Maltodextrine dar. Bei DE-Werten über 20 handelt es sich um Glucosesirupe.

Abb. 1 zeigt in Anlehnung an WACHTEL [1990] schematisiert die Eigenschaften von Maltodextrinen und Glucosesirupen in Abhängigkeit vom DE-Wert. Neben den dargestellten Parametern Bindekraft, Viskosität, Süßgeschmack, Hygroskopizität und Nährwert sind u. a. auch Kristallisationshemmung, "Mundgefühl", Volumen (Füllstoff), Bräunungsvermögen und Gefrierpunktniedrigung von Bedeutung. Beispiele für ihre Verwendung sind Lebensmittel in Dosen und Gläsern, Süßwaren, Backwaren, Wurstwaren, Fertigsoßen und Milchwaren. Für Säuglings- und Kleinkindnahrung werden folgende Vorteile der Stärkeverzuckerungs-Produkte genannt: Verbesserung von Mundgefühl und Gefüge, Erhöhung des Nährwertes, Stabilisierung der Feuchtigkeit, Verbesserung der Löslichkeit, geringer osmotischer Druck.

Typanalysen von Maltodextrinen/Glucosesirupen		
Kohlenhydrat-Zusammensetzung (%)	Beispiel für Maltodextrin	Beispiel für Glucosesirup
- Glucose	max.0,5	8-11
-- Maltose/Maltotriose	0,5-1	8-10
Oligosaccharide/Polysaccharide	98,5	84-79
- Stärke	0	0
DE-Wert	5-8	28-31

Wichtigste Eigenschaften	niedriger DE-Wert	hoher
Viskosität	Zunahme ←	↓
Bindekraft	←	↓
Süßgeschmack	←	Zunahme →
Hygroskopizität	←	→
Nährwert	keine Unterschiede →	

In Anlehnung an WACHTEL (1990)

Abb 1: Eigenschaften von Maltodextrinen und Glucosesirupen

2.2 Untersuchungsgut

2.2.1 Maltodextrine und Glucosesirupe

Untersucht wurden fünf Maltodextrine (Tab. 1) und fünf Glucosesirupe (Tab. 2) auf ihren Gehalt an Glucose, Maltose und Maltotriose. Die Produkte lagen in Pulverform vor, nur bei dem Glucosesirup "MD 33" handelte es sich um einen niedrigviskösen Sirup. Die Produkte wurden uns über Vermittlung der Milupa AG (D-Friedrichsdorf) von zwei Herstellern (Roquette/F-Lestrem und Cerestar/D-Krefeld) zur Verfügung gestellt. Die mit "MD" kodierte Produkte stammen aus dem hausinternen Gebrauch der Firma Milupa AG.

Tab. 1: Getestete Maltodextrin-Primärprodukte / DE-Werte (DE*=Dextrose-Äquivalent)

Produkt	Bezeichnung	DE*
1	Roquette, Glucidex 2	max. 3
2	Cerestar, C-Pur 01908	8-10
3	MD2 (Codierung)	11-13
4	Roquette, Glucidex IT-12	11-14
5	MD (Codierung), enthalten in Milupa Babytee Fenchel	keine Angaben

Tab. 2: Getestete Glucosesirup-Primärprodukte / DE-Werte (*DE=Dextrose-Äquivalent)

Produkt	Bezeichnung	DE*
1	Cerestar, C-Pur 01921	20-23
2	MD25 (Codierung)	28,9
3	MD33 (Codierung)	32,5
4	MD40 (Codierung)	38,2
5	Cerestar, C-Pur 01934	36-39

2.2.2 Produkte der Säuglings- und Kleinkindnahrung

Die Auswahl der Produkte erfolgte anhand des offiziellen Produktverzeichnisses der diätetischen Industrie [DIÄTVERBAND 1992].

2.2.2.1 Instant-Tee-Produkte

Tabelle 3 gibt die untersuchten Instant-Tee-Produkte wieder. Sie wurden mit Ausnahme der Produkte K und 6, die wir im Handel erwarben, von den drei deutschen Herstellern Hipp KG (D-Pfaffenhofen), Milupa AG (D-Friedrichsdorf) und Nestlé GmbH (D-München) auf unsere schriftliche Anforderung hin ausdrücklich für wissenschaftliche Zwecke originalverpackt zur Verfügung gestellt. Mit Ausnahme von Produkt K (Kontrollprodukt) wurden bei allen Tees Maltodextrine ausschließlich oder neben

anderen Kohlenhydraten als Trägersubstanz verwendet. Bei Produkt K erfolgte die Aufschwemmung der Tee-Aromastoffe auf Proteinbasis. Die Produkte 1 und 7 unterliegen als Indikationstees dem Arzneimittelrecht, die übrigen dem Lebensmittelrecht. Die Untersuchungen wurden ohne materielle Unterstützung der erwähnten Firmen durchgeführt.

Tab. 3: Getestete Instant-Tee-Produkte

Produkt	Bezeichnung
1	Milupa Babytee Fenchel (Indikationstee, Arzneimittel)
2	Alete Baby Fencheltee
3	Alete Baby Kräutertee
4	Hipp Baby Fencheltee, "nicht süß - mit Maltodextrin"
5	Hipp Baby Kräutertee, "nicht süß - mit Maltodextrin"
6	Bübchen Babytee
7	Bübchen Beruhigungstee (Indikationstee, Arzneimittel)
K	Milupa Kindertee Fenchel, "ohne Zuckerzusatz" (Eiweißtee ab 4. Monat)

2.2.2.2 Muttermilch-Ersatznahrungen

Die Muttermilch-Ersatznahrungen (Tab. 4) wurden mit Ausnahme der Produkte 2 und 5, die wir im Handel erwarben, ebenfalls direkt von den Herstellern zur Verfügung gestellt (Humana Milchwerke Westfalen eG, D-Detmold; Milupa AG, D-Friedrichsdorf; Nestlé Alete GmbH, D-München). Es handelte es sich dabei um sieben Säuglingsanfangs- und Dauernahrungen sowie um drei Folgemilchnahrungen. Zusätzlich wurde ein Kontrollprodukt in die Testungen aufgenommen, das an polymeren Kohlenhydraten nur Stärke und kein Maltodextrin enthielt. Die Produkte wurden auf ihren Gehalt an den Zuckern Glucose, Maltose, Maltotriose, Saccharose, Fructose, Lactose und Galactose untersucht.

Tab. 4: Übersicht der getesteten Säuglingsnahrungen

Anfangs- und Dauernahrung	Produktnamen
Produkt 1	Milupa Milumil 1, Säuglingsmilchnahrung
Produkt 2	Milupa SOM, Spezial-Flaschennahrung, milchfrei
Produkt 3	Humana Dauer-Milchnahrung "teiladaptiert"
Produkt 4	Humana baby-fit "teiladaptiert"
Produkt 5	Humana HA, Hypoantigene Anfangsnahrung
Produkt 6	Aletemil H.A., Hypoallergene Dauernahrung
Produkt 7	Nestlé BEBA H.A., Hypoallergene Säuglingsnahrung
Folgenahrung	Produktnamen
Produkt 8	Milupa Milumil 2, Folgemilch nach dem 4. Monat
Produkt 9	Humana Folgemilch nach dem 4. Monat
Produkt 10	Aletemil plus, Folge-Milchnahrung, ab 5. Monat
Kontrollprodukt(K)	Aletemil Dauer-Milchnahrung, teiladaptiert

2.3 Untersuchungsmethoden

2.3.1 Analyseverfahren

Mit Hilfe standardisierter Enzymtests wurden spektralphotometrische Analysen zum Gehalt verschiedener Zucker an einem elektronisch gesteuerten Spektralphotometer vorgenommen. Bei diesen Tests lassen sich durch gekoppelte Reaktionen die jeweiligen Einzelzucker, die frei oder als Bausteine von Zwei- oder Dreifachzuckern vorliegen, mit dem Koenzym NADP umsetzen. Letzteres ist als Indikatorstoff der Menge des zu bestimmenden Zuckers proportional, wobei die Änderung der UV-Lichtabsorption beim Übergang des NADP in NADPH die eigentliche Messgröße darstellt. Die Reaktionen verlaufen spezifisch und stöchiometrisch, das heißt, die jeweiligen Zucker werden vollständig umgesetzt und lassen sich schließlich nach dem Lambert-Beer'schen Gesetz berechnen [BOEHRINGER MANNHEIM 1989]. Für die

Zucker Maltose/Maltotriose, Saccharose und Glucose wurde das Test-Set "Maltose/Saccharose/D-Glucose", für Lactose und Galactose das Set "Lactose/Galactose" und für die Fructosebestimmung zusätzlich das Enzym "Phosphoglucose-Isomerase" verwendet (alle Produkte von Boehringer Mannheim, D-Mannheim).

2.3.1.1 Kohlenhydratmessung durch enzymatische Analyse

Die Enzymatische Analyse ist eine weitverbreitete Methode der Lebensmittelanalyse. Enzyme sind Katalysatoren, die reaktionsspezifisch wirken, z. B. als Dehydrogenase, Kinase oder anderes. So vermag die Glucose-6-P-Dehydrogenase nur Glucose umzusetzen, während die weniger substratspezifische Hexokinase befähigt ist, Glucose, Fructose und Mannose zu verstoffwechseln. Die α -Fructosidase spaltet α -fructosidische Bindungen, z. B. bei der Spaltung der Saccharose.

Verschiedene Enzymreaktionen können miteinander gekoppelt werden. Jedoch sollte jede Reaktion für sich absolut substratspezifisch sein, um den entsprechenden Zucker zu selektieren. Damit man messtechnisch reproduzierbare Ergebnisse erhält, werden sogenannte Hilfsreaktionen mit einer Indikatorreaktion gekoppelt. Die NADP-abhängige Dehydrogenase verändert z. B. das Koenzym NADP, dessen Extinktionsänderung photometrisch gemessen werden kann. Da enzymatische Reaktionen stöchiometrisch ablaufen, lässt sich die Veränderung der Extinktion mit dem Ausgangssubstrat einer vorgeschalteten Hilfsreaktion in Beziehung setzen.

Das Koenzym Nicotinamid-adenin-dinucleotid-phosphat (NADP) hat je nach reduziertem oder oxidiertem Zustand ein unterschiedliches Absorptionsspektrum. Durch die reversible Aufnahme von Hydrid-Ionen (H^+) ändern sich die optischen Eigenschaften des Koenzyms. Die oxidierte Form zeigt im optischen Bereich von 300 bis 400 nm keine Absorption. Im reduzierten Zustand besitzt sie jedoch ein zusätzliches Maximum bei 340 nm. Bei der im Photometer gefilterten Wellenlänge von 340 nm beträgt der Extinktionskoeffizient "e" für NADPH $6,3 [l \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}]$. Davon ausgehend lassen sich die NADP-abhängigen Dehydrogenasereaktionen durch Zunahme oder Abnahme der Extinktion im Photometer verfolgen.

2.3.1.2 Photometer

Es wurde ein elektronisch gesteuertes Spektralphotometer, Modell U-2000 der Firma Hitachi (Japan-Tokio), verwendet. Das Gerät ist mit zwei Lichtquellen, einer Halogen- und einer Deuteriumlampe ausgerüstet. Die Halogenlampe umfasst den Wellenlängenbereich 330 bis 1100 nm, die Deuteriumlampe den Bereich 190 bis 370 nm. Die Messungen wurden mit der Halogenlampe bei 340 nm vorgenommen. Die Apparatur ist mit einer Menütastatur ausgestattet, die neben einfachen Messungen auch integrierte Funktionen wie das Erfassen von Eichkurven und die statistische Auswertung von multiplen Messungen erlaubt. Für die vorliegenden Untersuchungen wurden in dem Menü "Photometrie" die oben genannten Parameter eingestellt. Das Gerät verfügt auch über einen integrierten Drucker, der die ermittelten Extinktionswerte auf einer Papierrolle ausdruckt. Die Werte wurden in speziell entworfene Messprotokolle (Tab. 5) notiert, die Konzentrationen der Lösungen mittels Taschenrechner bestimmt und die Endergebnisse der einzelnen Zucker in ein weiteres Formular eingetragen.

Tab. 5: Messprotokoll eines Maltodextrins (Beispiel)
Pro=Probe, LW=Leerwert, E2/E1=Extinktionswerte, dE=delta E

Messung Maltodextrin Roquette MD 05: Zeitpunkte 0 und 2 Std

	LW Mal	Pro Mal	Pro X2 Mal	LW Sac	Pro Sac	Pro X2 Sac	LW Glc	Pro Glc	Pro X2 Glc
E2 - E1	0,002	0,380	0,768	0,006	0,040	0,071	0,005	0,035	0,065
dE		0,378	0,766		0,034	0,065		0,030	0,060
dE Mal		0,344	0,701						
dE Sac					0,004	0,005			
dE Glc								0,030	0,060

2.3.1.3 Reaktionsverlauf

Zur Bestimmung der Zuckerkonzentrationen wurden Reaktionen der Endwertmethode durchgeführt. Bei relativ viel Enzym und relativ wenig Substrat wurden die Gleichgewichtsreaktionen gestartet. Die resultierenden reduzierten Formen bewirken eine höhere Extinktion. Ist ein Enzym verunreinigt oder reagiert es mit anderen Substanzen in der Probelösung, so kommt es zu sogenannten Fremd- oder Nebenaktivitäten. Um derartige Überlagerungen der Hauptreaktion auszuschließen, wurden Nebenreaktionen durch Extrapolation der Messwerte auf den Zeitpunkt der Zugabe des Startenzyms graphisch eliminiert.

2.3.1.4 Das Lambert-Beer'sche Gesetz

Das Lambert-Beer'sche Gesetz beschreibt eine lineare Beziehung zwischen Extinktion und Konzentration. Bei photometrischen Messungen werden unterschiedliche Lichtabsorptionen — meist bei 340 nm, 365 nm oder 334 nm gemessen. Die Messgröße ist die Extinktion "E". Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde bei 340 nm gemessen.

$$E = \log I_0/I$$

I_0 = eintretender Lichtstrom

I = austretender Lichtstrom

Der molare Extinktionskoeffizient (e) ist ein Proportionalitätsfaktor zwischen der Konzentration der Probe und der Extinktion.

$$e = \log I_0/I \cdot 1/cd \text{ [cm}^2\text{/mol]}$$

e ist eine Konstante. Bringt man das Molekulargewicht mit in die Gleichung ein, unterscheidet man zwischen Gesamtvolumen V und Probevolumen v , nimmt man die Extinktion E als Differenz ΔE an und löst die Gleichung nach der Konzentration c auf, so erhält man folgende Berechnungsformel:

$$c = \frac{VMG}{\varepsilon d v 1000 \Delta E} [g/l]$$

V = Testvolumen

v = Probevolumen

MG = Molekulargewicht der zubesimmenden Substanz

d = Schichtdicke (1 cm bei den eingesetzten Küvetten)

e = Extinktionskoeffizient = 6,3 (es wurde bei 340 nm gemessen)

Je nach zu ermittelndem Zucker ergeben sich Werte, die nach Division durch den Extinktionskoeffizienten (in der vorliegenden Arbeit immer 6,3) nur noch mit ΔE multipliziert werden müssen. Es ergeben sich folgende Faktoren:

Maltose 0,82, D-Glucose 0,86, Saccharose 1,64, Fructose 0,86,
Lactose 1,79, Galacose 0,94

Ist bei der Probenvorbereitung verdünnt worden, so muss das Ergebnis mit dem Verdünnungsfaktor F multipliziert werden. Geht man von festen Probenmaterialien (in dieser Arbeit Pulver/Granulat) aus, so wird zur Gehaltsermittlung die Konzentration der zu ermittelnden Substanz auf die Konzentration der Probe bezogen.

Gehalt im Pulveranteil = Konzentration der zu best. Substanz [g/l Probenlösung]
mal 100 [g/100 g], geteilt durch Konzentration Probe [g/l Probelösung]

Das Lambert-Beer'sche Gesetz gilt bei definierten Konzentrationen und für monochromatisches Licht. Durch entsprechende Verdünnung und den Gebrauch eines Spektrallinien-Photometers werden die Voraussetzungen für seine Anwendung erfüllt.

2.3.2 Richtigkeit und Präzision

2.3.2.1 Richtigkeit — Substratspezifität

Bei dem angewandten Verfahren bestand Substratspezifität in Bezug auf die untersuchten Substanzen. Es wurde also immer nur die jeweils enthaltene Menge gemessen, was bei traditionellen chemischen Methoden in der Regel nicht der Fall ist. So spaltet die α -Glucosidase Maltose, Maltotriose und Saccharose, andere α -Glucoside, wie Isomaltose, Maltotetraose, Dextrine und Stärke werden nicht erfasst. Die α -Fructosidase spaltet die α -fructosidische Bindung in Saccharose. Die β -Galactosidase setzt Lactose um.

2.3.2.2 Richtigkeit und Präzision der Messergebnisse

Die Richtigkeit einer Messung gibt an, wieviel von der tatsächlich im Testansatz vorhandenen Probenmenge auch wiedergefunden wurde. Dieser Wert entspricht der Differenz von mittlerer und theoretischer Ausbeute. Die Präzision gibt an, um wieviel die wiedergefundene Menge der Probe — bezogen auf 100 g — von der eingesetzten abweicht. Ausgedrückt wird die Präzision als Standardabweichung in g/100 g. Zur Überprüfung von Richtigkeit und/oder Präzision der Ergebnisse wurden drei im Prinzip vergleichbare Verfahren durchgeführt:

1) Schweizerischer Saccharosetest

Dieser Test wurde in der Schweiz zur Überprüfung der Arbeitsmethodik entwickelt [BOEHRINGER MANNHEIM 1989]. Methodik: Es werden 6 Probenansätze einer 0,16-%igen Standardlösung durchgemessen (1,6 g hochreine Saccharose auf 0,1 mg genau eingewogen, in einem Messkolben auf 1000 ml mit Aqua bidest aufgefüllt). Zur Feststellung der Richtigkeit der Messungen sollte die Abweichung der mittleren Ausbeute von der tatsächlich eingesetzten Menge nicht mehr als 1,42 g/100 g betragen. Die Vorgabe für die Präzision ist eine Standardabweichung von $\leq 0,79$ g/100 g.

2) Verwendung von fertigen Standards der Firma Boehringer Mannheim: Für die Zucker Glucose und Lactose lagen Standardlösungen in den verwendeten Enzymtest-Sets vor. Diese wurden bei den Tests mitgemessen, um die Richtigkeit der Ergebnisse zu überprüfen.

3) Zur Überprüfung der Messgenauigkeit wurde in eine weitere Küvette die doppelte Menge der Probe gegeben. Es musste nach dem Lambert-Beerschen Gesetz auch eine zweimal so hohe Absorption erfolgen wie bei den Originalkonzentrationen.

2.3.3 Statistische Behandlung der Messungen

Von den zur Verfügung gestellten bzw. erworbenen Testprodukten lag uns in der Regel jeweils ein Gebinde vor. Aus diesem Gebinde wurden die Proben entnommen und die vorgeschriebenen Standardlösungen bzw. die selbst ermittelten Konzentrationen (Instant-Tees) hergestellt. Von jeder Standardlösung wurden Aliquote in jeweils drei Küvetten pipettiert und in den Test eingesetzt. Für jede dieser Küvetten wurden dann im Photometer die Extinktionswerte der Einzelzucker ermittelt (E1 = vor Beginn der enzymatischen Umsetzung und E2 = nach Ende der Umsetzung). Für die Berechnung der Konzentrationen der Einzelzucker wurde aus den drei Differenzwerten (Delta E) jeweils der Medianwert in die Berechnungsformel eingesetzt.

Zur Überprüfung der Streuung der Messwerte wurde aus den jeweils drei E2-Werten für jeden gemessenen Zucker die Standardabweichung errechnet. Diese entspricht der Wurzel aus dem Mittelwert der quadratischen Abweichungen der Messwerte vom Mittelwert der Grundgesamtheit. Aus praktischen Gründen wurde hier die empirische Standardabweichung ermittelt. Hierzu wird die quadratische Differenz zum arithmetischen Mittelwert \bar{x} der Stichprobe gebildet und ein Korrekturfaktor $\sqrt{n/(n-1)}$ verwendet. Die Formel für die empirische Standardabweichung lautet dann:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Die empirische Standardabweichung ließ sich für jede Messreihe mit dem elektronischen Photometer automatisch ermitteln.

2.3.4 Bestimmung von Zubereitungsmengen und pH-Werten der Instant-Tees

2.3.4.1 Teelöffelmessungen

Zur Standardisierung der Messungen bedurfte es der Gewichtsbestimmung der laut Hersteller für die trinkfertigen Lösungen zugesetzten Mengen des jeweiligen Teegranulates. Hierzu wurden die Teelöffelfüllungen gemäß den Angaben auf den Verpackungen für das Ansetzen der Standardlösung unter Verwendung eines mittelgroßen Löffels gewogen. Wir führten jeweils zehn Gewichtsbestimmungen durch und errechneten daraus den Mittelwert. Der Vergleich dieser Mittelwerte mit den entsprechenden Firmenangaben ließ beträchtliche Unterschiede erkennen, so dass wir uns bei der Berechnung der weiteren Ergebnisse an den eigenen standardisierten Gewichtsbestimmungen orientierten.

2.3.4.2 pH-Wert-Messungen

Zur Beurteilung der Azidität der Standardlösungen wurden pH-Wert-Messungen mit dem pH-Meter Calimatic 761 (Firma Knick, D-Berlin) durchgeführt. Dabei wurde aus Gründen der Reproduzierbarkeit das verwendete Wasser (Aqua destillata) auf pH 7 eingestellt. Pro Ansatz wurde eine Bestimmung durchgeführt.

2.3.5 Probenvorbereitung

2.3.5.1 Primärprodukte und Instant-Tees

Zur Vorbereitung der Untersuchungen wurde von den granulat- bzw. pulverförmigen Trockensubstanzen der Teeprodukte und der Maltodextrin- und Glucosesirup-Primärprodukte jeweils 1 g in 100 ml-Messkolben eingewogen und mit Aqua dest (Zimmertemperatur) aufgefüllt. Die Proben lösten sich problemlos durch Umschwenken auf. Dabei ergaben sich aufgrund der dunklen Färbung mancher Lösungen zu hohe Absorptionswerte, so dass die Proben bei einigen der Glucosesirupe und Tees vor dem Einsetzen in den Test verdünnt werden mussten (in der Regel 1 : 5).

2.3.5.2 Muttermilch-Ersatznahrungen

Jeweils 1 g der pulverförmigen Milchnahrungen wurde in 100-ml-Messkolben eingewogen, mit 70 °C warmem Wasser aufgefüllt, mit einem beheizten Magnetrührer aufgelöst und für 15 Minuten auf gleichbleibender Temperatur gehalten. Zur Ausfällung des Milcheiweißes wurden dann nacheinander 5 ml Carrez-I-Lösung (3,6 g Kaliumhexacyanoferrat-II + 3 H₂O/100 ml), 5 ml Carrez-II-Lösung (7,2 Zinksulfat + 7 H₂O/100 ml) und 10 ml Natronlauge (0,1 mol/l) hinzugefügt. Es ergab sich eine leicht opaleszente Lösung, die in den Test eingesetzt werden konnte [BOEHRINGER MANNHEIM 1989].

2.3.6 Überprüfung des Einflusses von Zeit und Temperatur auf die Zuckerfreisetzung

Zur Klärung der Frage, ob eine erhöhte Temperatur und eine verlängerte Lösungsdauer in polysaccharidhaltigen Lösungen einen Einfluss auf die messbaren Zuckermengen haben, wurden exemplarisch zwei Instant-Tees, ein Maltodextrin-Primärprodukt sowie Stärke auf 45 °C erwärmt und nach Ablauf von 120 min bei dieser Temperatur auf ihren Gehalt an Glucose und Maltose/Maltotriose gemessen.

2.3.6.1 Untersuchungsgut

Untersucht wurden eine lösliche Stärke (Merck Nr. 1257, Merck, D-Darmstadt), das Maltodextrin P5 sowie die Instant-Tees P3 und P4.

2.3.6.2 Versuchsdurchführung

Mit Hilfe eines histologischen Temperierbades wurde das für die Proben verwendete Aqua Bidest auf eine Temperatur von 45 °C gebracht. In einem Messkolben mit Rührfisch wurde die Probenlösung angesetzt und zunächst eine Probe für die Messung zum Zeitpunkt 0 min entnommen und in ein getrenntes Probengefäß gegeben. Die Probe wurde mit fließendem Leitungswasser auf 21 °C abgekühlt und in den Test

eingesetzt. Der Messkolben mit der restlichen Probenlösung wurde mit Parafilm gesichert und sofort nach Ansetzen in das Temperierbad (45 °C) gestellt. Nach Ablauf von 120 min wurde die Probe in den Test eingesetzt. Wie bei den übrigen Bestimmungen wurden jeweils drei Messungen vorgenommen.

2.3.7 Deklaration von Inhaltsstoffen

Bei den getesteten Produkten der Säuglings- und Kleinkindnahrung wurden die vorhandenen Deklarationsangaben auf den Original-Verpackungen aufgelistet. Bei den Instant-Tees interessierten dabei insbesondere die Angaben zu den enthaltenen Maltodextrinen. Bei den Muttermilch-Ersatznahrungen stellte sich die Frage, welche niedermolekularen Kohlenhydrate in welchen Mengen deklariert waren. Aber auch die Deklarations-Angaben zu Stärke und verschiedenen anderen Glucosepolymeren waren von Interesse.

3 ERGEBNISSE

3.1 Messung von Standardlösungen

Die Messung der Standardlösungen der Firma *Boehringer* ergab folgende Ergebnisse (Mittelwerte von je 6 Messungen):

Glucose (Standard: 0,500 g/l)	Messung: 0,498 g/l
Lactose (Standard: 0,490 g/l)	Messung: 0,479 g/l

Damit lag die mittlere Ausbeute aufgrund der eigenen Messungen für Glucose bei 99,60 % und für Lactose bei 97,75 %.

Die Messung der doppelten Probenmenge, die parallel zur Bestimmung der Testproben durchgeführt wurde, ergab eine gute Übereinstimmung. Das heißt, bei Einsatz der doppelten Probenmenge wurde in allen Fällen auch annähernd die doppelte Absorption gemessen, so dass das Lambert-Beer'sche Gesetz erfüllt war.

3.2 Gewichtsbestimmung der Teegranulate und Messung der pH-Werte der Standardlösungen

Die gemessenen Mittelwerte für das jeweilige Gewicht einer Teelöffelfüllung der Granulate ließen bei den meisten Instant-Teeprodukten (Spalte 3) erhebliche Abweichungen zu den entsprechenden Firmenangaben auf den Verpackungen (Spalte 2) erkennen. Nur für P4 ließ sich mit jeweils 0,5 g pro Teelöffel eine exakte Übereinstimmung feststellen. Aus diesem Grund erfolgte die Berechnung der Standardlösungen (g/100 ml) der Teeprodukte in Spalte 4 dann auf Basis der Messwerte von Spalte 3.

Die ermittelten pH-Werte lagen für alle Produkte im sauren Bereich. Den tiefsten Wert wies das ascorbinsäurehaltige Produkt 3 mit pH 4,6 auf. Die Werte der restlichen Tees lagen zwischen pH 5,4 und 6,1.

3.2.1 Primärprodukte: Maltodextrine und Glucosesirupe

Im folgenden wurden in den tabellarischen Auflistungen sowohl die Firmendeklarationen als auch die Ergebnisse unserer Messungen aufgenommen.

3.2.1.1 Enthaltene niedermolekulare Kohlenhydrate — Maltodextrine

Tab. 6: Zuckergehalt in der Trockensubstanz der Maltodextrin-Primärprodukte (g/100 g)

Produkt	DE-Wert	Firmendeklaration				Messung		
		Maltose	Malto- triose	Glucos e	Summ e	Maltose/ Maltotr.	Glucose	Summ e
1	max. 3	0,5	—	0,5	1,0	0,5 ±0,001	0	0,5
2	8-10	3,0	4,5	0,3	7,8	4,9 ±0,012	0,4 ±0,002	5,3
3	11-13	2,6	—	0,6	3,2	7,2 ±0,007	0,5 ±0,002	7,7
4	11-14	2,0	—	1,0	3,0	7,2 ±0,004	0,5 ±0,003	7,7
5	—	—	—	—	—	13,7 ±0,005	1,0 ±0,001	14,7

Tabelle 6 gibt Firmendeklarationen und Messungen der einzelnen Zucker sowie die jeweiligen Gesamtzuckerwerte für die getesteten Maltodextrine wieder. Bei Produkt 1

(P1) mit dem niedrigen DE-Wert von "max. 3" wurden 0,5 % Maltose (g pro 100 g Pulver) gemessen, Glucose konnte nicht nachgewiesen werden. Bei P3 und P4, für die ein DE-Wert von 11-13 bzw. 11-14 angegeben war, betrug der Gehalt an Maltose/Maltotriose und Glucose in der Summe jeweils 7,7 %. Für den Maltose/Maltotriose-Anteil wurden jeweils 7,2 %, für den Glucose-Anteil jeweils 0,5 % gemessen. P2 (DE 8-10) lag mit 4,9 % Maltose/Maltotriose und 0,4 % Glucose — bei einem Gesamtzuckergehalt von 5,3 % — zwischen diesen Produkten. P5 enthielt mit 13,7 % Maltose/Maltotriose und 1,0 % Glucose (Gesamtzucker: 14,7 %) deutlich mehr Zucker als die übrigen Produkte.

3.2.1.2 Enthaltene niedermolekulare Kohlenhydrate — Glucosesirupe

Tab. 7: Zuckergehalt in der Trockensubstanz der Glucosesirup-Primärprodukte (g/100g)

Produkt	DE-Wert	Firmendeklaration				Messung		
		Maltose	Malto- triose	Glucos e	gesamt	Maltose/ Maltotr.	Glucose	gesamt
1	20-23	7,0	11,0	1,5	19,5	17,4 ±0,005	1,3 ±0,000	18,7
2	28,9	8,5	—	10,4	18,9	16,2 ±0,003	5,3±0,003	21,5
3	32,5	8,5	—	10,5	19,0	22,4 ±0,002	2,8 ±0,000	25,2
4	38,2	8,3	—	17,4	25,7	16,7 ±0,001	24,1 ±0,001	40,8
5	36-39	35,0	21,0	1,5	57,5	57,0 ±0,010	1,2 ±0,002	58,2

Tabelle 7 gibt Firmendeklarationen und Messungen der einzelnen Zucker sowie die jeweiligen Gesamtzuckerwerte für die getesteten Glucosesirupe wieder. Bei den Glucosesirupen ergaben sich deutlich höhere Gesamtzuckergehalte in der Trockensubstanz. Sie lagen für P1 bei 18,7 %, P2: 21,5 %, P3: 25,2 %, P4: 40,8 % und für P5 bei 58,2 %. Mit Ausnahme von P4 überwog der Anteil an Maltose/Maltotriose den von Glucose deutlich. Er variierte für Maltose/Maltotriose zwischen 16,2 % (P2) und 57 % (P5) und für Glucose zwischen 1,2 % (P5) und 24,1 % (P4). Wie bei den Maltodextrin-Produkten waren mit steigendem DE-Wert somit auch höhere Gesamtzuckerwerte zu verzeichnen.

3.2.1.3 Differenzen zwischen Firmen-Deklarationen und Messungen bei den Primärprodukten — Maltose/Maltotriose

Tab. 8: Differenzen zwischen Firmendeklarationen und Messungen für Maltose/Maltotriose

Produkt	Maltose/Maltotriose (g/100 g)		Differenz	
	Deklaration	Messung	absolut (g/100 g)	% (gerundet)
Malto-dextrine				
1	0,5	0,5	0	0
2	7,5	4,9	-2,6	-35
3	2,6	7,2	+4,6	+177
4	2,0	7,2	+5,2	+260
5	—	13,7	—	—
Glucose-sirupe				
1	18	17,4	-0,6	-3
2	8,5	16,2	+7,7	+91
3	8,5	22,4	+13,9	+164
4	8,3	16,7	+8,4	+101
5	56	57	+1	+2

Tabelle 8 stellt die Differenzen zwischen Firmendeklarationen und Messungen für die gemeinsam bestimmten Zucker Maltose und Maltotriose bei Maltodextrinen und Glucosesirupen dar. Maltodextrine: Für das Produkt mit dem niedrigen DE von "max. 3" (P1) wurde keine Differenz festgestellt. Für P2 wurden 2,6 g/100 g (-35 %) weniger Maltose/Maltotriose nachgewiesen als deklariert. Hier waren die Zucker Maltose und Maltotriose getrennt aufgeführt (Tab. 6). Bei den Produkten 3 und 4 (nur Maltose deklariert), die jeweils etwa den gleichen DE-Wert aufwiesen, betrug die Differenzen +4,6 (+177 %) für P3 und +5,2 g/100 g (+260 %) für P4. Für Produkt 5 konnten mangels Deklaration keine Differenzen berechnet werden.

Der Maltose/Maltotriose-Gehalt der Glucosesirupe wies für P1 und P5 (Maltose und Maltotriose jeweils getrennt deklariert) folgende Differenzen auf: P1: -0,6 (-3 %) und P5: +1 g/100 g (+2 %). Für P2, P3 und P4 (Werte als "Maltose" deklariert) wurden höhere Differenzen gefunden: P2: +7,7 (+91 %), P3: +13,9 (+164 %) und P4: +8,4 g/100 g (+101 %). Mit Ausnahme von P1 wurde damit jeweils mehr Maltose/Maltotriose gemessen als deklariert.

3.2.1.4 Differenzen zwischen Firmen-Deklarationen und Messungen bei den Primärprodukten — Glucose

Tab. 9: Differenzen zwischen Firmendeklarationen und Messungen für Glucose

Produkt	Glucose (g/100 g)		Differenz	
	Deklaration	Messung	absolut (g/100 g)	%
Malto-dextrine				
1	0,5	0	-0,5	-100
2	0,3	0,4	+0,1	+33
3	0,6	0,5	-0,1	-17
4	1	0,5	-0,5	-50
5	—	1,0	—	—
Glucose-sirupe				
1	1,5	1,2	-0,3	-20
2	10,4	5,3	-5,1	-49
3	10,5	2,8	-7,7	-73
4	17,4	24,1	+6,7	+39
5	1,5	1,2	-0,3	-20

Bei den Maltodextrinen bewegten sich die prozentualen Differenzen für Glucose zwischen -100 % (P1) und +33 % (P2). Die Abweichungen in g/100 g lagen zwischen -0,5 (P1, P4) und +0,1 g/100 g Pulver (P2). Bei den Produkten 1, 3 und 4 wurde jeweils weniger Glucose gemessen als deklariert, bei P2 mehr. Für P5 konnten wegen fehlender Deklaration keine Differenzen ermittelt werden.

Vergleicht man die Werte für Glucosesirupe, so lagen die prozentualen Differenzen mit -73 bis +39 % in der Größenordnung der Maltodextrine. Für die Absolutwerte wurden höhere Abweichungen festgestellt. Diese lagen für P1 und P5 bei -0,3 g/100 g. Bei den Produkten 2, 3 und 4 waren die absoluten Differenzen mit -5,1, -7,7 und +6,7 g/100 g größer. Mit Ausnahme von P4 wurde jeweils weniger Glucose gemessen als deklariert.

3.2.1.5 Differenzen zwischen Firmen-Deklarationen und Messungen bei den Primärprodukten — Gesamtzucker

Tab. 10: Differenzen zwischen Firmendeklarationen und Messungen für den Gesamtzucker

Produkt	Gesamtzucker (g/100 g)		Differenz	
	Deklaration	Messung	absolut (g/100 g)	%
Malto-dextrine				
1	1,0	0,5	-0,5	-50
2	7,8	5,3	-2,5	-32
3	3,2	7,7	+4,5	+141
4	3,0	7,7	+4,7	+157
5	—	14,7	—	—
Glucose-sirupe				
1	19,5	18,7	-0,8	-4
2	18,9	21,5	+2,6	+14
3	19,0	25,2	+6,2	+33
4	25,7	40,8	+15,1	+59
5	57,5	58,2	+0,7	+1

Die Differenzen für den Gesamtzucker zeigten bei den Maltodextrinen absolute Differenzen zwischen -2,5 und +4,7 g/100g und prozentuale Differenzen zwischen -50 (P1) und +157 % (P4). Die geringste absolute Differenz hatte P1 (-0,5). Bei P3 und P4 waren sowohl die prozentualen als auch die absoluten Differenzen mit +141 und

+157 % sowie 4,5 und 4,7 g/100 g am größten. Weniger Gesamtzucker als deklariert wurde bei P1 und P2 gemessen, mehr bei P3 und P4. Für Produkt 5 konnten mangels Deklarationen keine Differenzen ermittelt werden.

Bei den Glucosesirupen waren die prozentualen Differenzen meist etwas geringer. Die mit -4 und +1 % niedrigsten Werte wurden für die Produkte 1 und 5 ermittelt, die höchsten mit +14, +33 und +59 für P2, P3 und P4. In absoluten Werten ergaben sich ebenfalls für P1 und P5 mit -0,8 und +0,7 g/100 g die niedrigsten und für P3 und P4 mit 6,2 und 15,1 g/100 g die höchsten Differenzen.

3.2.2 Instant-Tees

3.2.2.1 Enthaltene niedermolekulare Kohlenhydrate

Tab. 11 Zuckergehalt in den Standardlösungen der Instant-Tees (g/100 ml)

Produkt	Maltose Maltotriose	Glucose	Saccharose	Fructose	Gesamt- Zucker
1	0,11±0,000	0,01±0,008	—	—	0,12
2	0,24±0,005	0,03±0,002	0,01±0,001	—	0,27
3	0,26±0,021	0,03±0,001	0,01±0,003	0,01±0,003	0,28
4	0,05±0,028	0,01±0,000	—	—	0,06
5	0,05±0,011	0,01±0,012	—	—	0,06
6	0,17±0,028	0,02±0,004	0,01±0,004	—	0,20
7	0,46±0,006	0,23±0,020	0,02±0,021	0,03±0,002	0,74
K	—	—	0,01±0,008	0,01±0,044	0,02

Bei den maltodextrinhaltigen Instant-Tees waren die Anteile für Maltose/Maltotriose von allen gemessenen Einzelzuckern am höchsten. Die niedrigsten Werte wurden mit 0,05 g/100 ml für P4 und P5, der höchste mit 0,46 g/100 ml für P7 gefunden. Mit Ausnahme von P7, das 0,23 g Glucose pro 100 ml Lösung enthielt, wurden für Glucose Werte zwischen 0,01 (P1, P4) und 0,03 g/100 ml (P2, P3) gemessen.

Die von den enthaltenen Maltodextrinen/Glucosesirupen unabhängigen, in den Tees befindlichen Anteile für Saccharose und Fructose lagen — soweit überhaupt nachweisbar — deutlich unter denen von Maltose/Maltotriose. Sie bewegten sich für Saccharose zwischen 0,01 (P2, P3, P6, K) und 0,02 g/100 ml (P7) und für Fructose zwischen 0,01 (P3, K) und 0,03 g/100 ml (P7).

Die Gesamtzuckergehalte in den Standardlösungen rangierten bei den maltodextrinhaltigen Produkten (P1-P7) zwischen 0,06 (P4, P5) und 0,74 g/100 ml (P7). Produkt K enthielt laut Deklaration keinen zugesetzten Zucker. Entsprechend summierten sich die gemessenen Zucker bei diesem Tee auch nur auf 0,02 g/100 ml.

3.2.3 Muttermilch-Ersatznahrungen

3.2.3.1 Enthaltene niedermolekulare Kohlenhydrate — Anfangs- und Dauermilchnahrungen

Tab. 12: Zuckergehalte in den Standardlösungen der Anfangs- und Dauermilchnahrungen (g/100 ml)

Produkt	Lactose	Galactose	Glucose	Maltose/Maltotr.	Saccharose	Fructose	Gesamt
1	5,8±0,008	0,01±0,003	0,01±0,009	0,04±0,014	0,02±0,002	0	5,90
2	0	0	3,42±0,003	0,68±0,008	0,07±0,006	0	4,17
3	6,14±0,001	0	0,02±0,011	0,07±0,005	0	0	6,23
4	3,05±0,009	0	0,13±0,008	0,04±0,014	2,72±0,040	0,11±0,002	6,10
5	3,33±0,007	0	0,46±0,002	0,16±0,004	0,08±0,002	0	4,00
6	5,33±0,022	0,06±0,003	0,04±0,001	0,21±0,001	0	0	5,64
7	5,55±0,002	0,05±0,008	0,03±0,002	0,19±0,003	0	0	5,80
K	3,42±0,017	0	0	0	2,31±0,034	0,01±0,010	5,70

In den Muttermilch-Ersatznahrungen wurden mit Glucose, Maltose/Maltotriose, Lactose, Galactose, Fructose und Saccharose insgesamt 7 verschiedene Zuckerarten

bestimmt. Lactose war mit Werten zwischen 3,05 (P4) und 6,14 g/100 ml (P3) der Zucker mit den höchsten Gewichtsanteilen in den trinkfertigen Lösungen. Nur P2 enthielt keine Lactose. Galactose war, soweit nachweisbar, nur in Mengen unter 0,1 g/100 ml vorhanden (P1, P6, P7). Für Glucose lagen die Analysewerte zwischen 0,01 (P1) und 3,42 g/100 ml (P2). Auch P5 enthielt mit 0,46 g/100 ml gegenüber den übrigen Produkten einen deutlich höheren Wert. Für Maltose/Maltotriose ergaben sich Werte zwischen 0,04 (P1, P4) und 0,68 g/100 ml (P2). Produkt K enthielt als nicht maltodextrinhaltiges Produkt weder Glucose noch Maltose/Maltotriose. Saccharose war bei 3 Produkten nicht nachweisbar (P3, P6, P7) und lag bei 3 weiteren (P1, P2, P5) unter 0,1 g/100 ml. Bei P4 mit 2,72 und K mit 2,31 g/100 ml lag der Saccharosewert dagegen in der Größenordnung des Lactosewertes des jeweiligen Produktes. Fructose war nur bei P4 mit 0,11 und K mit 0,01 g/100 ml nachweisbar.

Die Gesamtzuckeranteile der Anfangs- und Dauermilchnahrungen lagen zwischen 4,00 (P5) und 6,23 g/100 ml (P3). Mehr als 6,0 g/100 ml wurden noch für P4 mit 6,10 g/100 ml gemessen.

3.2.3.2 Enthaltene niedermolekulare Kohlenhydrate — Folgemilchnahrungen

Tab. 13: Zuckergehalte in den Standardlösungen der Folgemilchnahrungen (g/100 ml)

Produkt	Lactose	Galactose	Glucose	Maltose/ Maltotr.	Saccharose	Fructose	Gesamt
8	4,34±0,015	0	0,01±0,002	0,09±0,008	1,94±0,021	0	6,40
9	5,72±0,053	0	0,02±0,004	0,06±0,000	0	0	5,80
10	3,09±0,025	0	0,05±0,002	1,71±0,032	2,40±0,003	0	7,30

Die Lactoseanteile in den Folge-Milchnahrungen variierten zwischen 3,09 (P10) und 5,72 g/100 ml (P9). Galactose war bei keinem der Produkte nachweisbar. Glucose war jeweils nur in geringen Mengen (<0,1 g/100 ml) enthalten. Einen höheren Anteil an

Maltose/Maltotriose wies nur P10 mit 1,71 g/100 ml auf. Für P9 konnte keine Saccharose gemessen werden, während sich der Gehalt bei P8 auf 1,94 und bei P10 auf 2,4 g/100 ml belief. Die Analysewerte für Fructose lagen bei allen drei Produkten unterhalb der Nachweisgrenze.

Die Addition aller Mengenanteile ergab schließlich, dass P10 mit 7,3 g/100 ml den höchsten Anteil an niedermolekularen Kohlenhydraten aufwies. Auch die Folge-Milchnahrung P8 lag mit 6,4 g/100 ml noch über den Werten der Anfangs- und Dauermilchnahrungen in Tabelle 12.

3.2.3.3 Differenzen zwischen Firmen-Deklarationen und Messungen — Gesamtzucker

Tab. 14: Differenzen zwischen Firmendeklarationen und Messungen für den Gesamtzucker

Produkt	Gesamtzucker (g/100 ml)		Differenz	
	Deklaration	Messung	absolut (g/100 ml)	%
Anfangs- und Dauermilchnahrungen				
1	<6,4	5,90	-0,50	-7,8
2	3,50	4,17	+0,67	+19,1
3	6,24	6,23	-0,01	-0,2
4	6,00	6,10	+0,10	+1,7
5	4,10	4,00	-0,10	-2,4
6	5,60	5,64	+0,04	+0,7
7	5,60	5,80	+0,20	+0,4
Folge-Milchnahrungen				
8	<6,2	6,40	+0,20	+3,2
9	6,15	5,80	-0,35	-5,7
10	5,30	7,30	+2,00	+37,7
Kontrollprodukt (K)	5,73	5,70	-0,03	-0,5

In Tabelle 14 sind die Differenzen zwischen deklarierten und gemessenen Werten für den Gesamtzucker der Muttermilch-Ersatznahrungen angegeben. Da auf den Verpackungen teilweise nur unvollständige Angaben zu den Einzelzuckern und den

Gesamtzuckerwerten vorlagen, wurden die deklarierten Werte dem offiziellen Produktverzeichnis der diätetischen Industrie [DIÄTVERBAND 1992] entnommen und entsprechend addiert. P1 und P8 waren in dem Verzeichnis nicht vorhanden, so dass hier jeweils die auf der Verpackung angegebenen Werte berücksichtigt wurden.

Die prozentualen Abweichungen lagen zwischen -7,8 (P1) und +37,7 % (P10). Dabei erwiesen sich die Differenzen bei P3 mit -0,2, P6 mit +0,7, P7 mit +0,4 und K mit -0,5 % als nur geringfügig. Im Vergleich dazu waren die Abweichungen für P2 mit +19,1 und P10 mit +37,7 % schon beträchtlich.

Bei den absoluten Werten ergaben sich Differenzen zwischen -0,50 (P1) und +2,00 g/100 ml Standardlösung (P10). Niedrige Werte wurden hier bei P3 mit -0,01, P6 mit +0,04 und K mit -0,03 g/100 ml ermittelt. P2 mit +0,67 und P10 mit +2,00 g/100 ml wiesen deutlich höhere Differenzen auf.

3.3 Zeit- und Temperatureinfluss

Bei der Messung der maltodextrinspezifischen Zucker Glucose und Maltose/Maltotriose in Abhängigkeit von Zeit (120 min) und Erwärmung (45 °C) ergaben sich für eine Auswahl von Lösungen die in Tabelle 15 aufgeführten Resultate:

Tab. 15: Zuckergehalte in Standardlösungen unter Einfluss von Zeit und Temperatur (g/100 ml)

Produkt	Maltose/ Maltotriose		Glucose	
	0 min/ 21 °C	120 min/ 45 °C	0 min/ 21 °C	120 min/ 45 °C
Stärke	0,002±0,001	0,002±0,003	0	0
Maltodextrin P5	0,14±0,003	0,14±0,003	0,01±0,001	0,01±0,001
Instant-Tee P3	0,23±0,021	0,26±0,024	0,03±0,006	0,05±0,005
Instant-Tee P4	0,05±0,028	0,05±0,016	0,01±0,000	0,01±0,001

Für die Stärkelösung ergaben sich keine Differenzen zwischen den Ausgangs- und Endwerten. Für Maltose/Maltotriose wurden jeweils 0,002 g/100 ml in der Lösung gemessen, Glucose konnte nicht nachgewiesen werden. Bei dem Maltodextrin P5 betrug der Wert für Maltose/Maltotriose vor und nach Erwärmung jeweils 0,14 g/100 ml. Für Glucose ergaben beide Messungen 0,01 g/100 ml. Für den Instant-Tee P3 wurde bei Maltose/Maltotriose eine Zunahme um 0,03 g/100 ml und bei Glucose um 0,02 g/100 ml gemessen. Bei dem Instant-Tee P4 wurden keine Differenzen zwischen Ausgangs- und Endwerten festgestellt.

3.4 Deklaration von Inhaltsstoffen

3.4.1 Instant-Tees

Tab. 16: Firmendeklarationen auf den Verpackungen der getesteten Instant-Tees

Produkt	Maltodextrine		Kohlenhydrate	
	Granulat (g/100 g)	Standardlösung (g/100 ml)	Granulat (g/100 g)	Standardlösung (g/100 ml)
1	—	0,4	—	0,4
2	91,0	—	91,0	2,2
3	91,0	—	91,0	2,7
4	erwähnt	—	87,0	0,4
5	erwähnt	—	87,0	0,4
6	erwähnt	—	95,0	2,4
7	—	—	—	—
K	—	—	8,7	—

Die Analyse der Firmendeklarationen der Instant-Tees zu den verwendeten Maltodextrinen bzw. Gesamt-Kohlenhydraten ist Tab. 16 zu entnehmen. Der Anteil von Maltodextrinen im Granulat war nur bei den Produkten 2 und 3 mit jeweils 91 g/100 g angegeben, dort fehlte aber ein Hinweis auf den Gehalt in der Standardlösung. Für Produkt 1 wählte der Hersteller den umgekehrten Weg. Es fand sich der Hinweis, dass der Maltodextringehalt der Standardlösung 0,4 g/100 ml beträgt, während der Gewichtsanteil im Granulat nicht aufgeführt war. Bei den Produkten 4, 5 und 6 waren zwar Hinweise zu enthaltenen Maltodextrinen zu finden, es fehlten allerdings quantitative Angaben. Für Produkt 7 wurden die enthaltenen Maltodextrine auf der Verpackung gar nicht erwähnt.

Die Deklaration der insgesamt enthaltenen Kohlenhydrate stellte sich anders dar. Hier fanden sich für P2, P3, P4, P5 und P6 sowohl Angaben zu den Gewichtsanteilen im Granulat (zwischen 87 und 95 g/100 g) als auch für den Gehalt in den Standardlösungen (zwischen 0,4 und 2,7 g/100 ml). Obwohl dem Kontrollprodukt K

weder Zucker noch Maltodextrine zugesetzt waren, enthielt es doch noch gemäss Deklaration 8,7 g/100 g Kohlenhydrate im Granulat. Während schließlich bei P1 auf das Granulat bezogene Angaben fehlten, war dies bei P7 sowohl für das Granulat als auch für die Standardlösung der Fall.

3.4.2 Muttermilch-Ersatznahrungen

Tab. 17: Firmendeklarationen auf den Verpackungen der getesteten Muttermilch-Ersatznahrungen (g/100 ml)

Produkt	Stärke	Poly-saccharide	Dextri-ne	Malto-dex-trine	Glucose-sirup	Mono-Disaccharide (Zucker)	Gesamt-Kohlenhydrate
1	1,8	0,6	—	erwähnt	—	Glucose <0,1 Lactose 6,2 Maltose <0,1	8,6
2	erwähnt	—	—	erwähnt	erwähnt	Glucose erwähnt	7,6
3	erwähnt	—	—	erwähnt	—	Lactose erwähnt	8,4
4	1,3	—	1,0	erwähnt	—	Fructose 0,1 Maltose 0,1 Glucose 0,3 Lactose 2,8 Saccharose 2,7	8,4
5	—	—	—	erwähnt	—	Lactose erwähnt	7,2
6	—	—	—	erwähnt	—	—	8,1
7	—	—	—	erwähnt	—	Lactose erwähnt	8,1
8	2,0	1,0	—	erwähnt	—	Glucose <0,1 Maltose <0,1 Lactose 4,1 Saccharose 1,9	9,0
9	erwähnt	—	—	erwähnt	—	Lactose erwähnt	8,6
10	erwähnt	—	—	erwähnt	—	Saccharose erwähnt	10,3
K	erwähnt	—	—	—	—	Saccharose erwähnt Lactose erwähnt	8,2

In Tabelle 17 sind die auf den Verpackungen deklarierten Kohlenhydrate in den getesteten Muttermilch-Ersatznahrungen angegeben. Von den höheren Kohlenhydraten waren — je nach Produkt — Stärke, Polysaccharide, Dextrine, Maltodextrine und/oder Glucosirupe erwähnt bzw. quantifiziert. Unter den deklarierten Mono- und Disacchariden waren Lactose, Glucose, Maltose, Saccharose und Fructose. Zusätzlich fanden sich bei allen Produkten Angaben zum Gehalt an Gesamtkohlenhydraten.

In Bezug auf Stärke fällt auf, dass diese nur bei 3 Produkten (P1, P4 und P8) mengenmäßig angegeben war. Die Werte bewegten sich zwischen 1,3 und 2,0 g/100 ml Standardlösung. Bei P2, P3, P9, P10 und K wurde Stärke als Inhaltsstoff nur ohne Quantifizierung erwähnt. Bei P5, P6 und P7 fand sich kein Hinweis auf enthaltene Stärke.

4 DISKUSSION

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung belegen, dass sich hinter den Bezeichnungen "Maltodextrin" und "Glukosesirup" Stoffgemische mit teilweise erheblichen Anteilen an Glucose und deren nach MÖRMANN-BUCHMANN [1979] ebenfalls kariogenen Ableitungen Maltose und Maltotriose verbergen können. Diese Zucker konnten mit der gewählten enzymatischen Methode zuverlässig nachgewiesen werden. Die alleinige Deklaration "Maltodextrin" und "Glukosesirup" auf den Verpackungen von Produkten kann somit in keiner Weise ausreichend sein. Die untersuchten Maltodextrin- und Glukosesirup-Primärprodukte sind Beispiele für unterschiedliche Typen dieser Stärkeabbauprodukte, deren Verwendungsmöglichkeiten in Kindernahrung vom nur gering zuckerhaltigen Trägerstoff für Instant-Tees (Maltodextrine) bis zum hoch zuckerhaltigen Süßungsmittel z. B. für Milchbreie reichen (Glucosesirupe). Die Ergebnisse zeigen, dass ihr Gesamtzuckergehalt durchaus unterschiedlich ist und dass es sich von daher bei den Begriffen "Maltodextrin" und "Glukosesirup" nur um Sammelbezeichnungen ohne genaue inhaltliche Kennzeichnung handelt.

Die Unterschiede zwischen unseren Messungen und den Firmenangaben für Maltose/Maltotriose in den Primärprodukten sind zum Teil durch fehlende Deklaration des Maltotrioseanteils bei den Produkten eines der beiden Hersteller bedingt. Es bestehen jedoch auch bei der Glucose erhebliche Abweichungen, so dass aufgrund der hohen Spezifität der von uns verwendeten Tests Zweifel an der Konstanz der Inhaltsstoffe, bezogen auf den Firmendeklarationen, berechtigt erscheinen. So werden bei der Charakterisierung der einzelnen Produkte dann auch die Zucker teilweise nur mit dem Zusatz "ca." angegeben. Die Variabilität der enthaltenen niedermolekularen Kohlenhydrate könnte daran liegen, dass bei der industriellen Herstellung die Zuckeranteile nicht immer genau steuerbar sind. Weiterhin bleiben die fehlenden Angaben zur Maltotriose wegen deren unzweifelhafter Kariogenität sehr problematisch.

Aus kariologischen Gesichtspunkten sind die in Maltodextrinen und Glukosesirupen enthaltenen niedermolekularen Kohlenhydrate wegen ihrer direkten Vergärbarkeit von vorrangigem Interesse. Längerkettige Glucose-Polymere, die als Dextrine (=Oligosaccharide) und Polysaccharide bezeichnet werden, lassen sich mit speziellen Chromatographie-Verfahren ebenfalls quantifizieren [SCOTT und HATINA 1988], worauf in der vorliegenden Arbeit wegen anderer Fragestellung aber verzichtet wurde.

Aufgrund der guten Zugänglichkeit längerkettiger Stärke-Spaltprodukte für orale Enzyme (Amylasen) können aber bei Zufuhr maltodextrinhaltiger Getränke zusätzliche Glucose-, Maltose- und Maltotriose-Moleküle bereits in der Mundhöhle entstehen [MÖRMANN-BUCHMANN 1979, LINKE et al. 1992]. Das gilt besonders dann, wenn die Trinkzufuhr bei Säuglingen und Kleinkindern über die Saugerflasche erfolgt und die Getränke über längere Zeiträume genüsslich "geschnuddelt" werden. Das heißt, die hohe Verweildauer der Flüssigkeit im Munde lässt dann eine erhebliche Zunahme der Zuckerkonzentration erwarten. Diesbezüglich schreibt KEYMER [41]: "Bei den Verhältnissen im Mund eines Kindes, welches mit Hilfe eines Saugerfläschchens Tee bekommen hat und darüber eingeschlafen ist, dürfen wir davon ausgehen, dass — gemessen an der Menge des verbleibenden Zuckers — Amylase immer im Überschuss vorhanden ist." Der Autor konnte dann auch zeigen, dass bei Zugabe verschiedener Kohlenhydrate in verdünntem menschlichem Speichel nach 2 Stunden aus Stärke und Stärkesirup die größte Säuremenge freigesetzt wurde. Selbst die Säurebildung aus Glucose und Saccharose lag darunter. Das heißt, aus den Oligo- und Polysacchariden wurden über den Versuchszeitraum unter Einfluss der Amylase noch größere Mengen Zucker freigesetzt.

Doch auch das Mundmilieu könnte gerade bei Kindern mit hoher Kariesaktivität eine Rolle spielen. RIPA [1988] belegt anhand der von ihm durchgeführten Literatursichtung, dass bei umfangreichen kariösen Zerstörungen im Milchgebiss in der Regel *Streptococcus mutans* als Karieskeim vermehrt auftritt. Neuere Untersuchungen von WETZEL et al. [1993b] und WETZEL und SZIEGOLEIT [1998] bestätigen dies

durchaus. Sie belegen aber zugleich, dass bei Kleinkindern mit Nursing-Bottle-Syndrom nicht nur *S. mutans*, sondern auch Laktobazillen und Hefen der Gattung *Candida* nachgewiesen werden können. Auch die beiden letztgenannten Keime sind durchaus in der Lage, sich an der Verstoffwechslung der verschiedenen Zucker beim kariösen Geschehen zu beteiligen.

Was den Zuckergehalt der getesteten Instant-Tees auf Maltodextrinbasis angeht, so kann anerkannt werden, dass deren kariogenes Potential als 0,1- bis 0,7prozentige Lösung wesentlich unter dem der früheren saccharosehaltigen Tees liegt, deren Standardlösungen seinerzeit bis zu 9,6-prozentigen Zuckerlösungen entsprachen. Es trifft jedoch keineswegs zu, dass man diese Produkte bei Trinkzufuhr aus der Saugerflasche als völlig gefahrlos bezeichnen kann. Werden die Tees als Nuckelgetränk Säuglingen und insbesondere Kleinkindern ab Beginn des Zahndurchbruchs zur freien Verfügbarkeit überlassen, so lässt sich die Gefahr der Entstehung kariöser Milchzahnzerstörungen des Nursing-Bottle-Syndroms nicht ausschließen. Dies auch deshalb, weil der saure pH-Wert der Standardlösungen bei langzeitiger Benetzung der Milchfrontzähne im Oberkiefer zusätzlich zur erosiven Schmelzschädigung führen kann. Der niedrige pH-Wert von 4,6 bei dem Instant-Tee-Produkt 3 ist im übrigen auf die zugesetzte Ascorbinsäure zurückzuführen. Es kann also kein Zweifel daran bestehen, dass auch bei der Verwendung von maltodextrinhaltigen Instant-Tees Warnhinweise bezüglich der enthaltenen Zuckeranteile und der Gefahr der Kariesbildung bei gewohnheitsmäßigem Trinken aus der Saugerflasche erforderlich sind und bleiben. Noch sicherer dürfte im Sinne der Kariesprophylaxe aber für den Verbraucher der Verzicht auf derartige Produkte sein.

In Bezug auf die getesteten maltodextrin- und/oder glukosesiruphaltigen Muttermilch-Ersatznahrungen konnte gezeigt werden, dass neben oder anstelle der in der Muttermilch enthaltenen Lactose noch einige andere Kohlenhydrate zugesetzt waren. Mit den angewendeten Enzym-Testverfahren konnten die dabei ausgewählten vergärbaren Ein-, Zwei- und Dreifachzucker zuverlässig nachgewiesen werden. Die ermittelten Messwerte ließen zumeist auch eine weitgehende Übereinstimmung mit den wenigen auf den Verpackungen angegebenen oder ableitbaren Werten erkennen. Auf den Nachweis der Glucose-Polymere Dextrin, Polysaccharid und Stärke wurde in dieser Untersuchung verzichtet, da es sich ja um die Fragestellung der tatsächlich vorhandenen kariogenen Kohlenhydrate handelte.

Da sämtlichen Produkten weder Maltose noch Maltotriose von den Herstellern zugesetzt worden war und weiterhin kein Aufschluss der enthaltenen Stärke erfolgte, mussten die gefundenen Anteile an Maltose/Maltotriose und zum Teil auch der Glucose in dem beigemengten Maltodextrin/Glucosesirup enthalten gewesen sein. Diesbezüglich sei auf WACHTEL [1984] verwiesen, die ja gerade den Gehalt an Glucose und Maltose als wichtigstes Merkmal für die Kennzeichnung der einzelnen Maltodextrine über den DE-Wert betonte. Der DE-Wert lässt unter Vorbehalt die Vermutung zu, dass beispielsweise bei den Produkten 1, 3, 8 und 9 Maltodextrine mit nur niedrigen DE-Werten, also mit geringen Anteilen kariogener Zucker, verwendet wurden. Umgekehrt ist es wahrscheinlich, dass es sich bei den Maltodextrinen der Produkte 2, 5 und 10 um solche mit höheren DE-Werten gehandelt hat. Es lässt sich sogar nicht ausschließen, dass im Einzelfall auch Glucosesirupe eingesetzt wurden, deren DE-Wert ja über 20 liegt.

Analog zu den Ergebnissen für Instant-Tee-Getränke lässt sich also folgern, dass mit der alleinigen Erwähnung des Zusatzes "Maltodextrin" in Muttermilch-Ersatznahrungen in keiner Weise klar ist, welcher Maltodextrintyp mit welchem Anteil kariogener Zucker verwendet wurde. In Fortführung dieses Gedankens muss geschlossen werden, dass es sich bei maltodextrinhaltigen Nahrungsmitteln, die dem Verbraucher als "zuckerfrei" angeboten werden, in jedem Fall um inkorrekt ausgewiesene Produkte handelt. Weiterhin gelten für Muttermilch-Ersatznahrungen in Bezug auf die Hydrolysierbarkeit von Polysacchariden in der Mundhöhle von Kindern, die die Nahrungen über Saugerflaschen aufnehmen, die gleichen Überlegungen wie für Instant-Tees. Insofern stellt die über das 1. Lebensjahr hinausgehende exzessive Aufnahme maltodextrinhaltiger Muttermilch-Ersatznahrungen aus Saugerflaschen genauso ein erhöhtes Kariesrisiko im Sinne des Nursing-Bottle-Syndroms dar wie die gleichartige Zufuhr von Getränken, die von vornherein Zucker und/oder Säuren enthalten. Doch ist auch zu beachten, dass schon die bis zu 20 % Zucker, die in Maltodextrinen enthalten sind, aus kariologischer Sicht keinesfalls als unbedenklich einzustufen sind. Für eine effektive Vorbeugung ist deshalb bei allen maltodextrin- und glucosesiruphaltigen Produkten der Säuglings- und Kleinkindnahrung eine vollständige quantitative Aufschlüsselung der enthaltenen Kohlenhydrate zu fordern.

Als Fazit der durchgeführten Untersuchungen kann festgehalten werden, daß die Verwendung von lebensmitteltechnologisch mehr oder weniger verzuckerten Kohlenhydraten heute auch in Produkten der Säuglings- und Kleinkindnahrung weit verbreitet ist. Diese Entwicklung sollte unter dem Blickwinkel der kariologischen Primärprävention genau im Auge behalten werden. Als Mindestmaßnahme muss neben entsprechenden Warnhinweisen die mengenmäßige Auflistung aller in diesen Produkten enthaltenen Kohlenhydrate gefordert werden. Die kariologische Bedeutung von Stärke und Stärke-Verzuckerungsprodukten unter den spezifischen Bedingungen des Trinkvorgangs aus Saugerflaschen sowie der Einfluss der Faktoren Speichel-Amylasegehalt und individuelle bakterielle Mundflora bei Kleinkindern auf die Zuckerfreisetzung und -verstoffwechslung aus Polysacchariden bleiben in weiteren Untersuchungen abzuklären.

5 ZUSAMMENFASSUNG

10 Maltodextrin- und Glukosesirup-Primärprodukte, 7 maltodextrinhaltige Instant-Tees für Säuglinge und Kleinkinder und ein eiweißhaltiger (maltodextrinfreier) Kontrolltee sowie 10 maltodextrin- und/oder glukosesiruphaltige Muttermilch-Ersatznahrungen und ein Kontrollprodukt ohne deklarierte Stärkeverzuckerungs-Produkte wurden auf ihren Gehalt an den Zuckern Glucose, Maltose, Maltotriose (alle Produkte), Saccharose und Fructose (nur Instant-Tees und Muttermilch-Ersatznahrungen) sowie Lactose und Galactose (nur Muttermilch-Ersatznahrungen) untersucht. Als Testmethode wurde ein in der Lebensmittelanalytik übliches photometrisches Enzymverfahren angewendet. Zusätzlich wurden die pH-Werte der Tee-Standardlösungen zur Kennzeichnung potentiell erosiver Einflüsse auf den Zahnschmelz bestimmt und vorhandene Herstellerdeklarationen zum Gehalt an niedermolekularen Kohlenhydraten mit den eigenen Messergebnissen verglichen.

Die Maltodextrin-Primärprodukte enthielten Gesamtzuckermengen zwischen 0,5 und 14,7 g/100 g im pulverförmigen Produkt. Bei den Glukosesirup-Primärprodukten betragen sie zwischen 18,7 und 58,2 g/100 g. Daraus ließ sich schließen, dass die beiden lebensmittelrechtlichen Kategorien Maltodextrin und Glukosesirup jeweils sehr heterogene Stoffgruppen darstellen, die sehr unterschiedliche Mengen der niedermolekularen Zucker Glucose und Maltose/Maltotriose enthalten können.

Die maltodextrinhaltigen Instant-Tees enthielten laut Deklaration auf den Produktverpackungen zwischen 87 und 95 g Kohlenhydrate pro 100 g Granulat. Der Gehalt an Zuckern in den Standardlösungen lag zwischen 0,1 und 0,7 g/100 ml und bewegte sich damit deutlich unter den Werten von Produkten der ersten "Zuckertee"-Generation, die im Zeitraum zwischen 1980 und 1985 noch bis zu 9,6 g pro 100 ml

Standardlösung enthalten hatten. Die pH-Werte der Tees lagen mit 4,6 bis 6,1 sämtlich im sauren Bereich, der bei langfristiger und häufiger Oberflächenbenetzung als kritisch für das Entstehen von Schmelzdemineralisationen angesehen werden muss.

Bei den maltodextrin- und/oder glukosesiruphaltigen Muttermilch-Ersatznahrungen wurden niedermolekulare Zucker in Konzentrationen zwischen 4,0 und 6,23 g pro 100 ml Standardlösung festgestellt. In allen untersuchten Produkten waren Glucose-Polymere unterschiedlicher Kettenlänge vorhanden, die von Stärke über Polysaccharide und Dextrine aus Stärkeverzuckerungs-Produkten bis hin zu niedermolekularen Zuckern reichten.

Die Deklarationspraxis der Hersteller wurde der Komplexität der in den untersuchten Produkten der Säuglings- und Kleinkindnahrung enthaltenen Stärke-Verzuckerungsprodukte in den meisten Fällen nicht gerecht. Der Verbraucher/die Verbraucherin wird folglich nur unzureichend über die einzelnen Kohlenhydratzusätze informiert. Zudem müssen die gemessenen Gesamtwerte für niedermolekulare Kohlenhydrate (Zucker) bei Zufuhr der getesteten Produkte aus Kunststoff-Saugerflaschen über das erste Lebensjahr hinaus als potentiell kariogen eingestuft werden.

6 ABSTRACT

The sugar content of the following products was tested by means of a photometric enzyme test used routinely in scientific food analysis: 10 maltodextrin and corn syrup primary products (tested sugars: glucose, maltose and maltotriose), 7 maltodextrin-containing instant teas for children and 1 protein-based (maltodextrin-free) control tea (tested sugars: glucose, maltose, maltotriose, fructose, sucrose); 10 maltodextrin and/or corn syrup-containing infant formulas and one control formula without declared maltodextrin or corn syrup (tested sugars: glucose, maltose, maltotriose, sucrose, fructose, lactose and galactose). The pH-values of the instant tea standard solutions were measured in order to determine their potential erosive effect on the enamel. Data on the content of low molecular weight carbohydrates supplied by the manufacturers was compared with the values determined in the tests.

Total sugar determined in the maltodextrin primary products was between 0,5 and 14,7 g per 100 g powdery product. The corn syrup values ranged from 18,7 to 58,2 g per 100 g powder. It was concluded that the two legal categories maltodextrin and corn syrup represent two considerably heterogeneous groups of materials which may contain most varying amounts of the low molecular weight sugars glucose and maltose/maltotriose.

According to the data supplied on the product packages the maltodextrin-containing instant teas for children contained between 87 g and 95 g carbohydrates per 100 g powder. The sugar content measured in the standard solutions ranged from 0,1 to 0,7 g per 100 ml and was therefore much lower than in the standard solutions of the first "sugar tea" generation products available in Germany between 1980 and 1985. These instant teas had contained up to 9,6 g sugar per 100 ml standard solution.

The tested teas all had sour pH-values ranging from 4,6 to 6,1. When applied to the teeth frequently and in the long term, these sour solutions must be considered as critical regarding enamel demineralization.

Sugar concentrations determined in the maltodextrin- and/or corn syrup-containing infant formulas ranged from 4,0 to 6,23 g per 100 ml standard solution. All tested products contained glucose polymers of differing chain length, more specifically low molecular weight sugars, oligosaccharides and polysaccharides derived from maltodextrins and corn syrups, and starch.

In most cases the declaration supplied by the manufacturers of the infant food products did not correspond to the complexity of the contained maltodextrins and corn syrups. As a result the consumer receives only insufficient information regarding the different carbohydrates added to the products. Further, the total values of low molecular weight carbohydrates (sugars) found in the products must be regarded as potentially cariogenous when consumed by means of plastic baby bottles by young children of more than one year of age.

7 LITERATUR

1. ALALUUSUA S, RENKONEN OV: Streptococcus mutans establishment and dental caries experience in children from 2 to 4 years old. Scand J Dent Res 91: 453-457 (1983)
2. BALTES W: Lebensmittelchemie. 3.Auflage, Springer, Berlin 1992, S. 95-102
3. BERGMAYER HU: Grundlagen der enzymatischen Analyse. Verlag Chemie, Weinheim 1970
4. BERKOWITZ R: Etiology of nursing caries: a microbiologic perspective. J Public Health Dent 56: 51-54 (1996)
5. BIBBY BG, HUANG CT, ZERO D, MUNDORFF SA, LITTLE MF: Protective effect of milk against in vitro caries. J Dent Res 59: 1565-1570 (1980)
6. BLINKHORN AS: Zahnprobleme von Kindern und ihre Beziehung zur Ernährung. Oral Prophyl 17: 4-11 (1995)
7. BOEHRINGER MANNHEIM: Methoden der biochemischen Analytik und Lebensmittelanalytik (mit Test-Combinationen). Mannheim 1989
8. BOEMANS B, LORBEER J, WETZEL WE: Häufigkeit der Milchzahnkaries bei Kleinkindern. Oral Prophyl 19: 133-139 (1997)
9. BOWEN WH, AMSBAUGH SM, MONELL-TORRENS S, BRUNELLE J, KUZMIAK-JONES H, COLE MF: A method to assess cariogenic potential of foodstuffs. JADA 100: 677-681 (1980)
10. BRAMS M, MALONEY J: „Nursing bottle caries“ in breast-fed children. J Pediatr 103: 415-416 (1983)
11. BUHL S, WETZEL WE, BÖDEKER RH: Untersuchungen zur Karieshäufigkeit bei 6- bis 48-monatigen Kleinkindern. Dtsch Zahnärztl Z 44: 673-677 (1989)
12. CERESTAR DEUTSCHLAND GMBH: Technische Informationen für die Lebensmittelindustrie zu Maltodextrinen und Glucosesirupen. Krefeld 1991
13. DIÄTVERBAND (Hrsg): Grüne Liste 1992, Teil B: Kinderpraxis. Editio Cantor, Aulendorf 1992, S. 135-176

-
14. DROESE W, KERSTING M: Probleme der Säuglings- und Kinderernährung heute. Ernährungs-Umschau 31: 3-9 (1984)
 15. EDMONDSON EMS: Food composition and food cariogenicity factors affecting the cariogenic potential of foods. Caries Res 24 (Suppl. 1): 60-71 (1990)
 16. ERNÄHRUNGSKOMMISSION DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR KINDERHEILKUNDE: Beikost — Säuglingstee — Hypoallergene Nahrungen. Kinderarzt 19: 368 (1988)
 17. ERNÄHRUNGSKOMMISSION DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR KINDERHEILKUNDE: Ratschläge für Eltern zu Säuglingsernährung in der Bundesrepublik Deutschland. Kinderarzt 22: 1217-1220 (1991)
 18. ERONAT N, EDEN E: A comparative study of some influencing factors of rampant or nursing caries in preschool children. J Clin Pediatr Dent 16: 275-279 (1992)
 19. FASS E N: Is bottle feeding of milk a factor in dental caries? J Dent Child 29: 245-251 (1962)
 20. FÉDÉRATION DENTAIRE INTERNATIONALE: Global goals for oral health in the year 2000. Int Dent J 32: 74-77 (1982)
 21. FIRESTONE AR, SCHMID R, MUHLEMANN HR: Cariogenic effect of cooked wheat starch alone or with sucrose and frequency-controlled feedings in rats. Archs Oral Biol 27: 759-763 (1982)
 22. FRITSCHÉ U, HETZER G, STREIN S, WETZEL WE: Karieshäufigkeit bei Schulkindern in den Regionen Dresden und Gießen. Oral Prophyl 14: 50-56 (1992)
 23. GEHRING F, KARLE E J: Kariogene Eigenschaften verschiedener Kindertees, I. Mikrobiologische In-vitro-Versuche mit einer speziellen pH-Elektrode. Dtsch Zahnärztl Z 39: 515-519 (1984)
 24. GREEN RM, HARTLES RL: The effect of uncooked and roll-dried wheat starch, alone and mixed in equal quantity with sucrose, on dental caries in the albino rat. Br J Nutr 21: 921-924 (1967)
 25. GRENBY TH: The influence of cooked and raw wheat starch on dental caries in the rat. Arch Oral Biol 10: 433-438 (1965)
 26. GRIEB AF: Folgen kariöser Milchzahnzerstörung und vorzeitiger Milchfrontzahnextraktionen bei Kleinkindern mit Nursing-Bottle-Syndrom. Med. Diss., Gießen 1993
 27. GÜLZOW HJ, BURGHARDT P, SCHIFFNER U: Karies bei Hamburger Kindergartenkindern 1977-1993. Dtsch Zahnärztl Z 51: 354-356 (1996)

-
28. GUSTAFSSON B, QUENSELL GE, LANKE LS et al.: The Vipeholm dental caries study: the effect of different levels of carbohydrate intake on caries activity in 436 individuals observed for five years. *Acta Odontol Scand* 11: 195-206 (1954)
29. HANISCH US: Untersuchungen zur Keimbesiedelung der Mundhöhle bei Kleinkindern mit kariösen Zahnzerstörungen des Nursing-Bottle-Syndroms. Med. Diss., Gießen 1993
30. HEINE W, LENSCHOW U, DRESCHER U, WUTZKE K: Eiweißutilisation aus stärke- und dextrinhaltigen Säuglingsnahrungen auf Kuhmilchbasis. *Kinderärztl Prax*: 428-432 (1984)
31. INSTITUT DER DEUTSCHEN ZAHNÄRZTE (Hrsg.): Mundgesundheitszustand- und verhalten in der Bundesrepublik Deutschland. Ergebnisse des nationalen INSTITUT DER DEUTSCHEN ZAHNÄRZTE-Survey 1989. Deutscher Ärzte Verlag, Köln 1991
32. JENKINS GN, FERGUSON DB: Milk and Dental Caries. *Brit Dent J* 120: 472-477 (1966)
33. JOHNSEN DC: Characteristics and backgrounds of children with "nursing caries". *Pediatr dent* 4: 218-224 (1982)
34. JOHNSEN DC, NOWJACK-RAYMER R: Baby bottle tooth decay (BBTD): Issues, assessment and an opportunity for the nutritionist. *J Am Dietetic Assoc* 89: 1112-1116 (1989)
35. KABUS K: Kindertee und Nuckelflasche. *Schweiz Ärztetg* 63: 1943-1945 (1982)
36. KASHKET S, YASKELL T, MURPHY JE: Delayed effect of wheat starch in foods on the intraoral demineralisation of enamel. *Caries Res* 28: 291-296 (1994)
37. KELLY M, BRUERD B: The prevalence of baby bottle tooth decay among two native american populations. *J Publ Health Dent* 47: 94-97 (1987)
38. KERSTING BB, WEMBER T, GODDEMEIER T, KOESTER H, WENNEMANN J, SCHÖCH G: Stillstudien 1981-1983 bei 1500 Müttern in Dortmund und Haltern. *Monatsschr Kinderheilk* 135: 314-319 (1987)
39. KEYMER R: Enzyme und Zeitfaktor bei der Kariesbildung durch Kohlenhydrate. *Pädiat Prax* 27: 67-72 (1982)
40. KITE OW, SHAW JH, SOGNAES RF: Prevention of experimental tooth decay by tube-feeding. *J Nutrition* 42: 89-105 (1950)
41. KOCH H, WETZEL WE: Kariogene Kohlenhydrate in Maltodextrinen, Glukosesirupen und maltodextrinhaltigen Kindertees. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 105: 907-912 (1995)

-
- 42.KOCH H, WETZEL WE: Kariogene Kohlenhydrate in maltodextrinhaltigen Muttermilchersatznahrungen. Schweiz Monatsschr Zahnmed 105: 306-310 (1995)
- 43.KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (Hrsg.): Richtlinie 91/321/EWG der Kommission vom 14. Mai 1991 über Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung. Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften Nr. L 175/35 vom 4.7.91, S. 0035-0049
- 44.KOTLOW LA: Breast-feeding: A cause of dental caries in children. J Dent Child 44: 192 (1977)
- 45.KRASSE B: The cariogenic potential of foods — a critical review of current methods. Int Dent J 35: 36-42 (1985)
- 46.KÜBLER W: "Zucker und Zivilisationskrankheiten". In: INFORMATIONSKREIS MUNDHYGIENE UND ERNÄHRUNGSVERHALTEN. Wissenschaftlicher Informationsdienst 3 (Nr. 12): 4-6 (1979)
- 47.KÜNZEL W: Caries decline in Deutschland. Oral Prophyl 18: 3-7 (1996)
- 48.LEHN WA: Untersuchungen zum Gehalt kariogener Kohlenhydrate und kariesprophylaktischer Fluoride in Produkten der Säuglings- und Kleinkindernahrung. Med. Diss., Gießen 1988
- 49.LINKE HAB, MOSS SJ: Quantitation of carbohydrate sweeteners and organic acids in human oral fluid using HPLC analysis. Z Ernährungswiss 31: 147-154 (1992)
- 50.LINKE HAB, MOSS SJ, ARAV L, CHIU PM: Intra-oral lactic acid production during clearance of different foods containing various carbohydrates. Z Ernährungswiss 36: 191-197 (1997)
- 51.LOVE S B: Nursing bottle syndrom. MD State Med J 28: 44-45 (1979)
- 52.MARÉCHAUX SC, MONNIER T, ARNOLD C: Les caries du biberon. Schweiz Monatsschr Zahnmed 90: 1049-1055 (1980)
- 53.MARTHALER TM, FROESCH ER: Ist Weissbrot kariogen? Zahnstatus von Individuen mit Hereditärer Fructose-Intoleranz. Schweiz Monatsschr Zahnmed 77: 630 (1967)
- 54.MARTHALER TM, O'MULLANE DM, VRBIC V: The prevalence of dental caries in Europe 1990-1995. Caries Res 30: 237-255 (1996)
- 55.MARTHALER TM, TÖNZ O: Zahnkaries bei Kleinkindern. Stand Juni 1985. Schweiz Monatsschr Zahnmed 95: 785-786 (1985)
- 56.MAUSSNER EM: Ernährungsberatungs-Studie Säuglinge. Oec. troph. Diss., Gießen 1990, S. 1-15 und 36-58

-
57. MENGHINI GD, MARTHALER TM: Häufigkeit und Ursachen von Zahnkaries bei Kleinkindern — Resultate einer Umfrage in der deutschsprachigen Schweiz. Schweiz Monatsschr Zahnmed 95: 124-139 (1985)
58. MOR BM, DOUGALL WA: Effects of milk on pH of plaque and salivary sediment and the oral clearance of milk. Caries Res 11: 223-230 (1977)
59. MÖRMANN JE, MÜHLEMANN HR: Oral starch degradation and its influence on acid production in human dental plaque. Caries Res 15: 166-175 (1981)
60. MÖRMANN-BUCHMANN JE: Untersuchung des oralen Stärkeabbaues und der Acidogenität von Stärke. Dissertation ETH 6346 (1979)
61. MUERMANN B: Lexikon Ernährung. Rowohlt, Hamburg 1991
62. MUNDORFF-SHRESTHA, FEATHERSTONE JDB, EISENBERG AD, COWLES E, CURZON MEJ, ESPELAND MA, SHIELDS CP: Cariogenic potential of foods. II. Relationship of food composition, plaque microbial counts and salivary parameters to caries in the rat model. Caries Res 28: 106-115 (1994)
63. NEWBRUN E: Frequent sugar intake — then and now: interpretation of the main results. Scand J Dent Res 97: 103-109 (1989)
64. ORLAND FJ, BLAYNEY JR, HARRISON RW, REYNIERS JA, TREXLER PC, WAGNER M, GORDON HA, LUCKEY TD: Use of germfree animal technic in the study of experimental dental caries. I. Basic observations on rats reared free of all microorganisms. J Dent Res 33: 147 (1954)
65. PALLOT J: Kohlenhydrate und Zuckeralkohole — heute und in Zukunft. Gordian 81: 83-86 (1981)
66. RIPA LW: Nursing caries: a comprehensive review. Pediat Dentistry 10: 268-279 (1988)
67. ROQUETTE FRERES: Technische Informationen zu Maltodextrinen und Glukosesirupen. Lestrem (Frankreich) 1991
68. ROSEGER H: Dextrinmaltose in 13%iger Zubereitung als SuS. Iement für die ersten 4 Lebenstage bei gestillten reifen Neugeborenen. Wiener klin Wochenschr 98: 310-315 (1986)
69. SCHIFFNER U, WESSLING J, GÜLZOW HJ: Milchzahnkaries Dresdner Vorschulkinder. Dtsch Zahnärztl Z 48: 732-735 (1993)
70. SCHMIDT HFM, HAMMERMÜLLER A: In-vitro-Untersuchungen des Plaque-pH-Kurvenverlaufs nach Einwirkung von Kindertees unterschiedlicher Rezeptur. Oral Prophyl 8: 198-203 (1986)
71. SCHMIDT HFM, SCHLAF U: Säurebildung in Zahnplaques durch Säuglings-Flaschennahrung im Vergleich zu Mutter- und Kuhmilch. Dtsch Zahnärztl Z 45: 367-370 (1990)

-
72. SCHWAIGER M: Stärkeverzuckerungs-Produkte.
In: VON RYMON LIPINSKI G-W, SCHIWECK H (Hrsg): Handbuch Süßungsmittel.
Behr's, Hamburg 1990, S. 147-179
73. SCHWARTZ SS, ROSIVACK RG, MICHELOTTI P: A child's sleeping habit as a
cause of nursing caries. *J Dent Child*: 22-25 (1993)
74. SCOTT FW, HATINA G: HPLC Determination of Sugars, Starch and
Oligosaccharides in Infant Formulas using Resin-Based, Fixed-Ion Columns. *J Food
Science* 53: 264-269 (1988)
75. SHEIHAM A: Sugars and dental decay. *Lancet*: 282-284 (1983)
76. SHEIKH C, ERICKSON PR: Evaluation of plaque pH changes following oral rinse
with eight infant formulas. *Pediatr Dent* 18: 200-204 (1996)
77. TEGGE G: Stärke und Stärkederivate. Behr's, Hamburg 1984, S. 249-289
78. TRAUTNER K: Oral sugar clearance: Verschwinden von Zuckern aus der
Mundhöhle. *Dtsch Zahnärztl Z* 37 (Sonderheft 1): 30-32 (1982)
79. VERRON G, KÜHNE H, AUGUSTAT S: Befunde nach Anwendung des
Maltodextrinpräparates "SHP" bei menschlichen Neugeborenen.
Ernährungsforschung 29: 120-123 (1984)
80. WACHTEL U: Poly- und Oligosaccharide in Säuglings- und Kindernahrungen.
In: Baerlocher K, Wachtel U: Bedeutung hochmolekularer Kohlenhydrate in der
Säuglings- und Kinderernährung. Georg Thieme, Stuttgart 1984, S. 19-35
81. WACHTEL U: Ernährung von gesunden Säuglingen und Kleinkindern. Georg
Thieme Verlag, Stuttgart 1990, S. 162-166 und 146-159
82. WENDT LK, HALLONSTEN AL, KOCH G: Dental caries in one- and two-year-old
children living in Sweden. Part I — a longitudinal study. *Swed Dent J* 15: 1-6 (1991)
83. WETZEL WE: "Zuckertee-Karies" — eine neue Form der Milchzahnkaries bei
Kleinkindern. *Dtsch Zahnärztl Z* 36: 330-332 (1981)
84. WETZEL WE: "Zuckertee-Karies" als Folge exzessiven Genusses von Fertigtees aus
Saugerfläschchen. *Monatsschr Kinderheilkd* 130: 726-730 (1982)
85. WETZEL WE: Erosive Vorschädigung des Schmelzes der Oberkiefer-
Milchfrontzähne bei Kleinkindern durch kritische Säurewerte der sogenannten
"Zuckertees". *Oral Prophyl* 5, 9-12 (1983)
86. WETZEL WE: "Nursing-Bottle-Syndrom" (NBS) bei Kleinkindern. Gebissbefunde,
Häufigkeit und familiäre Bedingungen. *Monatsschr Kinderheilkd* 136: 673-679
(1988)

-
87. WETZEL WE, LEHN W, GRIEB A: Karotinkterus bei Kleinkindern mit "Zucker-Saugerflaschen-Syndrom". Monatsschr Kinderheilkd 137: 659-661 (1989)
88. WETZEL WE: Das "Nursing-Bottle-Syndrom" — ein nationales Unglück. Zahnärztl Mitt 82 (Heft 8): 26-30 (1992)
89. WETZEL WE: Nursing-Bottle-Syndrom bei einem 18 Monate alten Kleinkind. Forum Paed 1: 6-9 (1993)
90. WETZEL WE: Zahnmedizinische Aspekte bei der hereditären Fruktose/Sorbitintoleranz. hautnah pädiatrie 7: 475-479 (1995)
91. WETZEL W E, GRIEB A, PABST W: Milchfrontzahnextraktion und ihre Folgen bei Kindern mit Nursing-Bottle-Syndrom. Schweiz Monatsschr Zahnmed 103: 269-275 (1993a)
92. WETZEL WE, HANISCH S, SZIEGOLEIT A: Keimbesiedlung der Mundhöhle bei Kleinkindern mit Nursing-Bottle-Syndrom. Schweiz Monatsschr Zahnmed 103: 1107-1112 (1993b)
93. WETZEL WE, SCHLÖMER R: Folgen apikaler Milchzahnerkrankungen auf Mineralisation und Durchbruch bleibender Zähne. Dtsch Zahnärztl Z 41: 179-181 (1986)
94. WETZEL WE, SZIEGOLEIT A: Candida und Karies. Was können Pilze in der Mundhöhle? Spiegel der Forschung (Wissenschaftsmagazin der Justus-Liebig-Universität Gießen) 15: 84-90 (1998)

8 ANHANG

Anlage 1: Lebenslauf

Anlage 2: Danksagungen

Lebenslauf

19.9.63	Geboren in Karlsborg/Schweden
1967	Umzug nach Deutschland
1970	Einschulung in die Joseph-Müller-Schule, Groß Düngen
1974	Wechsel auf das Scharnhorst-Gymnasium Hildesheim
1983	Abitur in Hildesheim
1983-1987	Studium der Zahnmedizin in Göttingen
1987-1990	Fortsetzung und Abschluss des Studiums an der FU Zahnklinik Nord, Berlin
1990	Approbation in Berlin
1991-92	Vorbereitungsassistent in Bad Salzdetfurth
1992-93	Zivildienstleistender an der Abteilung für Kinderzahnheilkunde der ZMK-Klinik Gießen
1993-95	Entlastungsassistent in Siegen und München
1995-98	Freiberufliche Arbeit als Übersetzer und Wissenschaftsjournalist
Seit Juli 1998	Stellv. Chefredakteur des <i>Dental Spiegel</i> , München

Danksagungen

Danken möchte ich meinem "Doktorvater" Prof. Dr. Willi-Eckhard Wetzel, Leiter der Abteilung für Kinderzahnheilkunde in Gießen, für die Überlassung des Themas, die Motivierung zum Verfassen der beiden Publikationen und besonders für den entscheidenden Impuls zum Abschließen der Dissertation.

Herrn Hoch aus Tutzing von der Firma Boehringer Mannheim für das ausgezeichnete Seminar zur enzymatischen Analytik in Trier und für die freundliche und geduldige telefonische Beratung während der Versuchsdurchführung.

Herrn Wolfgang Pabst für die Hilfestellung in Bezug auf statistische Fragen.

Herrn Heinrich Bethge für die Herstellung von grafischen Dias für Vorträge und Publikationen.

Frau Claudia Benner für ihre freundliche Mithilfe auch nach Abschluss meiner Tätigkeit an der Abteilung.