

Süddeutsche Zucker AG, Zentral-Laboratorium, Obrigheim

Löslichwerden von Zucker in der Mundhöhle aus zuckerhaltigen Lebensmitteln

H. Schiweck, L. Themann und P. Voß

(Eingegangen am 11. Januar 1982)

Die Vorliebe für den Geschmackseindruck „süß“ scheint eine übrigens nicht nur beim Menschen angeborene Eigenheit zu sein, die unabhängig von Erziehungs- oder Kultureinflüssen ubiquitär vorhanden ist, wie Untersuchungen an Embryos sowie Neugeborenen zeigten (1).

Der Schwellenwert, bei dem der Mensch noch in der Lage ist, den Geschmackseindruck „süß“ zu empfinden, läßt sich zwar nicht starr als physikalischer Wert festlegen, jedoch zeigen Untersuchungen, daß selbst 0,005%ige Zuckerlösungen noch als süß erkannt werden (2).

Bis zu dem Punkt, bei dem „süß“ als angenehmer Wohlgeschmack von uns empfunden wird, ist allerdings noch eine große Spanne. Nach Moskowitz (3) liegt die größte Präferenz für „süß“ bei etwa 9–10%igen Zuckerlösungen, mit anderen Worten, 9–10 % Zucker im Speichel werden am meisten bevorzugt. Die Möglichkeit, bei höheren Konzentrationen einen Unterschied in der Süße noch feststellen zu können, verliert sich dann etwa oberhalb einer Schwellenkonzentration von 20 %, so daß höherprozentige Saccharoselösungen im allgemeinen keinen Zuwachs an Wohlgeschmack mehr bewirken.

Überraschenderweise zeigen fast alle gesüßten Getränke (= Zuckerlösungen), die wir zu uns nehmen, eine Süßkraft, die sich innerhalb der oben erwähnten Grenzkonzentrationen befindet. Alkoholfreie Erfrischungsgetränke sowie gesüßter Kaffee haben eine Süßkraft, die etwa einer 7–9%igen Saccharoselösung entspricht.

In festen Süßwaren, die nahezu vollständig aus Zucker bestehen können, erfüllt Zucker neben der Vermittlung des Süßgeschmackes auch noch andere funktionelle Eigenschaften; das heißt, daß der absolute Gehalt an Zucker in einer Süßware nicht als Maß für deren Süßintensität in der Mundhöhle herangezogen werden kann: nur ein gewisser Teil des Zuckers geht im Speichel in Lösung und trägt zum Süßgeschmack bei. Aufgabe der Verarbeitungstechnologie ist es, das Produkt so zu gestalten, daß beim Verzehr nur so viel Zucker in der Mundhöhle in Lösung geht, daß ein optimaler Geschmackseindruck erreicht wird. Die sich in der Mundhöhle entwickelnde Süßkraft wird durch eine Reihe anderer Faktoren, die im nachfolgenden erläutert werden, beeinflusst.

Neben der eigentlichen Süße kommen der Textur und Konsistenz einer Süßware wesentliche Bedeutung zu. Nach der Terminologie der ISO

umfaßt die *Textur* „die Gesamtheit der rheologischen Eigenschaften und der Struktur eines Lebensmittels, die mit mechanischen bzw. Tastrezeptoren, gegebenenfalls auch mit visuellen und auditiven Rezeptoren wahrnehmbar sind“.

Konsistenz ist definiert als „Gesamtheit der durch Reizung mechanischer Rezeptoren und Berührungsrezeptoren, insbesondere in der Mundhöhle, entstandenen und sich mit der Textur des Produktes verändernden Empfindungen“.

Für die Summe aller organoleptisch stimulierenden Eindrücke, die im Englischen mit „*flavour*“ bezeichnet wird und sich nur schwer ins Deutsche mit Begriffen wie „Wohlgeschmack“ übersetzen läßt, steht eine Reihe von Einzeleindrücken, deren gleichzeitiges ausgewogenes Vorhandensein in einem Lebensmittel uns erst das Gefühl einer Befriedigung geben. Neben dem eigentlichen Geschmackssinn sind hierbei visuelle und Geruchsreize wie auch Berührungssstimuli von Bedeutung. Bezogen auf die näher interessierenden Süßwaren heißt das, daß der subjektive Süßeindruck nicht lediglich eine Frage der Zuckerkonzentration ist, sondern daß ebensosehr die Farbe, sortenspezifische Gerüche und physikalische Beschaffenheit von Bedeutung sind.

Emulsionen (flüssig/flüssig), *Schäume* (Gas/flüssig) oder *Suspensionen* (fest/flüssig) haben unterschiedliche Textureigenschaften und können so beispielsweise das Süßempfinden ändern. Betrachtet man den Aggregatzustand, in welchem etwa der Zucker in einer Süßware vorliegen kann, so erscheint es doch sehr wahrscheinlich, daß dies von Einfluß auf den Wohlgeschmack ist.

Das Verhalten des Verbrauchers hinsichtlich der Akzeptanz von Süßwaren hat sich inzwischen derart manifestiert, daß die Wahl wohl kaum auf eine Ware fällt, die einen im wahrsten Sinne des Wortes reizlosen oder gar unangenehmen Eindruck hinterläßt.

Am Beispiel einer Hartkaramelle ist ersichtlich, daß es sich hier aufgrund der harten Struktur um eine Ware handelt, die eigentlich gelutscht und weniger zerbissen oder zerkaut werden sollte. Abgerundete, flache bis ovale Stücke haben sich als optimal hinsichtlich des Lutschverhaltens sowie des Vermeidens von Gaumen- und Mundschleimhautschädigungen erwiesen. Während des Lutschens löst sich die gesamte Bonbonmasse langsam im Speichel, um damit ständig neue Oberflächen in Kontakt mit der Schleimhaut und Zunge zu bringen.

Für all jene Süßwaren, die dazu bestimmt sind, als Ganzes in den Mund zu gelangen, spielt das anfängliche Format insofern eine wichtige Rolle, als die geometrischen Verhältnisse zwischen Format der Süßware und Ausformung der Mundhöhle u. a. den Anpreßdruck gegen Gaumen und Schleimhäute und somit das Lösungsverhalten der Süßware bestimmen.

Um den Einfluß der chemischen, physikalischen und organoleptischen Eigenschaften verschiedener Süßwaren auf die Vorgänge in der Mundhöhle besser zu verstehen, seien im folgenden die wesentlichen Kriterien der von uns untersuchten Produktgruppen erläutert.

Verschiedene Süßwarenformen

Je nach Aggregatzustand, in dem sich der Zucker in den einzelnen Lebensmitteln befindet, lassen sie sich in folgende Gruppen einteilen:

I Produkte in denen der Zucker in gelöster Form vorliegt, z. B.

- alkoholfreie Erfrischungsgetränke
- Kaffee, gesüßt
- Kuchen, Biskuits
- Weingummi
- Eiscremes

II Produkte in denen der Zucker in mikrokristalliner Form vorliegt, z. B.

- Baiser
- Schokolade
- Weichkaramellen (Kaubonbons)
- Kaugummi
- Komprimierte
- Schokoladenriegel

III Glasartige Zuckerschmelzen

- Hartkaramellen

Zu den Produkten im einzelnen:

zu I*Alkoholfreie Erfrischungsgetränke, Kaffee*

Bei den gesüßten Getränken liegt der Zucker in Form einer echten Lösung vor. Alkoholfreie Erfrischungsgetränke enthalten in der Regel etwa 7–10 % Zucker; 1 Tasse Kaffee, aufgesüßt mit 2 Würfelzucker, hat einen Zuckergehalt von etwa 7 %. Neben der eigentlichen Aufsüßung trägt der Zucker in Getränken zur sog. „Körper“-Bildung (body; mouth-feel) sowie zur Aktivierung von Aromakomponenten bei (flavour transfer; flavour enhancing).

Kuchen, Biskuits

In Kuchen und Backwaren befindet sich der Zucker in echt gelöster Form in der gequollenen und teilverkleisterten Stärkestruktur des Mehles. Der Gehalt an Zucker kann je nach Teigart stark variieren. Neben seiner Fähigkeit, den Backwaren Süße zu geben, trägt der Zucker zur Ausbildung des gewünschten Teiggefüges, der Bildung von Farb- und Aromastoffen sowie der Erhaltung des optimalen Wassergehaltes bei.

Gummiartikel, Weingummi

Bei den sog. Gummibonbons handelt es sich um Zubereitungen aus Zucker, Dickungsmitteln wie Gelatine und/oder Gummi arabicum sowie Aromabestandteilen. Der Zucker liegt hierbei in gelöster Form vor. Durch ihre elastische, halbfeste Konsistenz regen derartige Produkte sowohl zum Lutschen als auch zum Kauen an.

Eiscreme

Speiseeis stellt eine Zubereitung aus einer Flüssigkeit, z. B. Milch, Sahne oder Wasser, aus Zucker, geschmacksgebenden Stoffen sowie Bindemitteln dar, die durch Gefrieren hergestellt und zum Verzehr in gefrorenem Zustand bestimmt ist. Der übliche Zuckergehalt liegt zwischen 13 und 18 %; Eiscreme mit weniger als 12 % Zuckergehalt wird als zu wenig süß empfunden. Mit zunehmendem Zuckeranteil sinkt der Gefrierpunkt der Rezeptur, und es erhöht sich gleichzeitig das weiche Gefüge des Eises.

zu II

Baiser

Baisers gehören zu den feinen Backwaren, in denen eine Schaummasse aus Eiklar und Zucker in mikrokristalliner Form vorliegt.

Schokolade

Um eine Schokolade von akzeptabler Textur zu erhalten, muß die Partikelgröße der Nicht-Fett-Bestandteile, insbesondere Zucker und Lactose, durch das Walzen und Konchieren auf kleiner als 30 µm gebracht werden, da sonst durch das Überschreiten der Grenze der Tastempfindlichkeit der menschlichen Zunge eine Rauigkeit oder Stumpfheit der Masse wahrgenommen wird. Die charakteristischen Textureigenschaften von Schokolade werden wesentlich durch die Fettbestandteile mit beeinflußt. Während die Masse bei Raumtemperatur fest ist, kommt es in der Mundhöhle bei Körpertemperatur zu einer vollständig schmelzenden, plastischen hochviskosen Emulsion.

Weichkaramellen

Die Weichkaramellen gehören zu den kaubaren Süßwaren. Durch gezielte Temperaturführung bei der Herstellung sowie Zusätzen von Stärkesirup wird eine sehr feinkristalline Zuckermasse hergestellt. Der Wassergehalt liegt bei etwa 6–10 %. Durch die üblichen Rezepturbestandteile wie Milch, Sahne oder Fett wird die Kaubarkeit wesentlich beeinflußt. Ebenso wie bei der Schokolade wird die Konsistenz der Weichkaramelle durch die Temperatur in der Mundhöhle verändert, so daß nach einer Anwärmphase Kaubarkeit und Abschmelzverhalten steigen.

Kaugummi

Durch Anwirken von Kaubase mit Zucker, Glukosesirup sowie Aromabestandteilen wird eine bei Mundtemperatur plastische Masse erzielt, deren geschmacksgebende Bestandteile mehr oder weniger schnell durch den Kauvorgang vollständig herausgelöst werden. Der Zucker liegt in mikrokristalliner Form (kleiner als 90 µm) in einer Siruphülle vor.

Komprimate

Komprimate sind Süßwaren, in denen feinkristalliner Zucker (kleiner als 100 µm) mit Kittsubstanzen (Glukosesirup, Gelatine) und Gleitmitteln (Fett, Talkum) kalt zu bonbonähnlichen oder tablettenförmigen Stücken verpreßt wird.

Zu III

Hartkaramellen

Hartkaramellen bestehen vorwiegend aus amorphen Zucker-Glukose-Schmelzen, denen Geschmacksstoffe zugesetzt sind. Durch rasches Auskühlen der erhitzten Zuckerlösung wird ein Auskristallisieren verhindert und somit die glasartige Struktur geschaffen. Bei speziellen Sorten kann ein Teil der Masse durch Fett, Milchtrockensubstanz, Malz, Honig usw. ersetzt werden. Da es sich hier um sehr harte Süßwaren handelt, werden besondere Ansprüche an Größe, Formgebung sowie Oberflächenbeschaffenheit gestellt, um die Verletzungsgefahr an Gaumen und Mundschleimhäuten möglichst gering zu halten.

Untersuchungsmethodik

Die zu prüfende Süßware wurde zum Zeitpunkt 0 in die Mundhöhle gegeben und unter Vermeidung eines Abschluckens von Speichel gelutscht bzw. ggf. gekaut. In 15- bzw. 30-Sekunden-Zeitintervallen wurde der Speichel möglichst quantitativ in ein nummeriertes, vorgewogenes Reagenzglas übergeführt, in dem jeweils 0,5 ml einer 0,6prozentigen Papainlösung vorgelegt waren. Papain spaltet als unspezifische Protease das Proteingerüst der Glykoproteine, die den schleimigen Anteil im Speichel bilden. Dadurch wurden die Speichelproben dünnflüssiger und damit homogener. Während des Überführens des Speichels in die Reagenzgläser wurde die Süßware entweder aus dem Mund entfernt oder zwischen Zähnen und Wange festgehalten. Nach einigen Minuten, jeweils unmittelbar vor dem restlosen Auflösen der Süßware, wurde diese aus der Mundhöhle entfernt und zurückgewogen. Das intervallmäßige Sammeln des Speichels wurde noch einige Zeit zur Ermittlung einer Clearance-Phase fortgesetzt. Auf diese Weise ergaben sich bis zu 15 Speichelproben bei einem Süßwarenverzehr.

Die Reagenzgläser wurden darauf gewogen und der Trockensubstanzgehalt im Speichel refraktometrisch bestimmt, wenn die Süßware lediglich aus Zucker und Glukosesirup bestand.

Speichelproben, die Fett-, Milchbestandteile und andere Zutaten enthielten, ließen eine direkte refraktometrische Bestimmung der Zuckergehalte nicht zu. Die Proben wurden deshalb mit 5 g wassergesättigtem Chloroform (ca. 4 ml) versetzt, intensiv geschüttelt und nach Phasentrennung der klare Speichel refraktometrisch auf den Trockensubstanzgehalt hin untersucht.

Da diese Bestimmungsvariante sich jedoch nicht für alle Süßwaren eignete, wurden alternativ die Zucker in den Proben, die andere Rezepturbestandteile in größeren Mengen enthielten (Schokoladen, Riegel, Eiscreme, Kuchen, Baisers) enzymatisch bestimmt. Nach Ermittlung des Glucose-, Fruktose-, Saccharosegehaltes wurde das Ergebnis auf Gesamtzucker umgerechnet.

Untersuchungsergebnisse

Um das Löslichkeitsverhalten von Zuckern in der Mundhöhle zu ermitteln, haben wir für die Versuchsdurchführung jene Süßwaren/Süß-

getränke gewählt, die aufgrund ihrer Zusammensetzung sowie ihrer Verzehreigenschaften uns repräsentativ erscheinen.

Speichelfluß

Zur Feststellung, in welcher Weise der Speichelfluß durch den Genuß der einzelnen Süßwaren beeinflusst wird, wurde zunächst einmal der tageszeitliche Verlauf der Speichelproduktion eines Probanden aufgezeichnet. Hierbei wurden während des Meßzeitraumes 4 g einer ungesüßten und unaromatisierten Kaubase gekaut. Da es sich lediglich um eine durch den Kauvorgang bewirkte Druckreizung handelt, können andere Einflüsse geschmacklicher sowie geruchlicher Art auf den Speichelfluß ausgeschlossen werden.

Während des ermittelten Zeitraumes (7.00–16.00 Uhr) zeigten sich Schwankungen in der Speichelproduktion, die in den späten Vormittagsstunden sowie nachmittags am höchsten waren. Absolut gesehen, wurden vom Probanden unter Stimulation etwa 3,5 bis 5,5 ml Speichel pro Minute produziert. Hierbei sollte man allerdings bedenken, daß beim Menschen zwar volumenmäßig der größte Teil des Speichels durch Kau- und Eßvorgänge stimuliert wird, daß für den größeren Teil der Tageszeit allerdings sehr niedrige Flußraten mit ca. 0,03 bis 0,05 ml Speichel pro Drüse bestehen (4). Während des Schlafens kommt die Speichelabsonderung aus den Hauptdrüsen nahezu vollständig zum Erliegen. Zur Feststellung, inwieweit beim Verzehr einer Süßware die im Mund auftretende Zuckerkonzentration durch den Speichelfluß beeinflusst wird, ist die Speichelzucker-

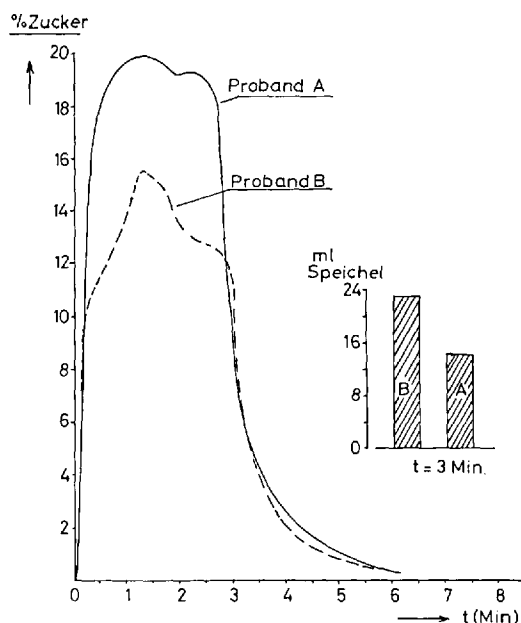


Abb. 1. Speichelfluß und auftretende Zuckerkonzentrationen bei verschiedenen Testpersonen.

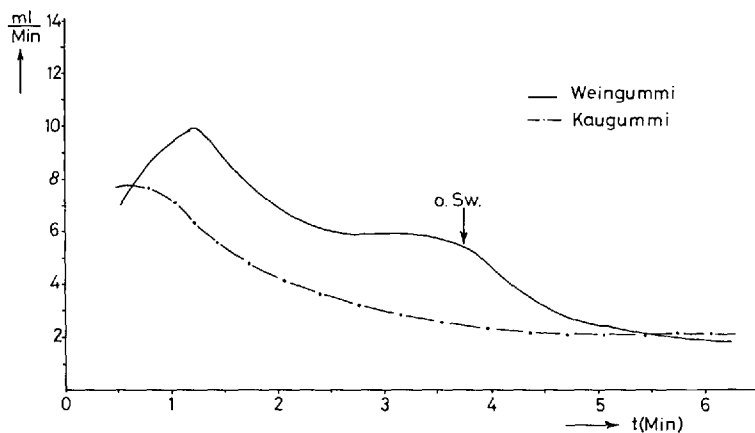
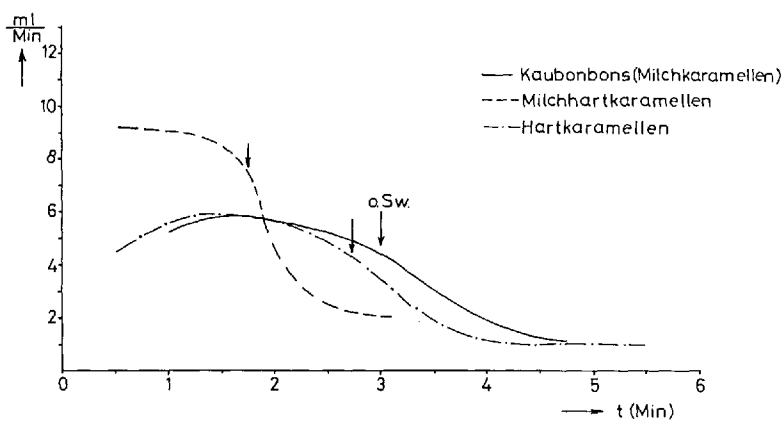
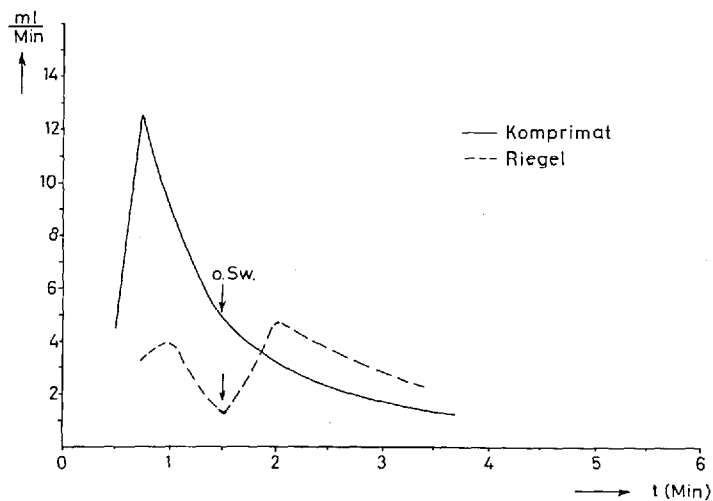


Abb. 2, 3, 4. Verlauf der Speichelproduktion während des Verzehrs verschiedener Süßwaren.

konzentration mit der während des Verzehrs gebildeten Speichelmenge korreliert worden.

Die Versuchspersonen hatten dabei jeweils eine gegossene *Hartkaramelle* zu lutschen, die sich 3 Minuten in der Mundhöhle befand. Die während dieses Zeitraums gebildete Speichelmenge wurde registriert; ebenso wurde die während des Lutschvorganges auftretende Zuckerkonzentration gemessen (Abb. 1).

Hinsichtlich des Speichelflusses zeigten sich dabei erhebliche Unterschiede zwischen den Versuchspersonen. Während Proband A im gegebenen Zeitraum etwa 14 ml Speichel erzeugte, brachte es Proband B auf fast 24 ml.

Die Speichelzuckerkonzentration erreichte bei beiden nach etwa 1,25 Minuten ihr Maximum, wobei der Verlauf der Zuckerkonzentration im Speichel bei VP A im ganzen etwas ausgeglichener war. Bemerkenswert ist allerdings, daß die absolute Zuckerkonzentration des Speichels bei VP A stark erhöht ist gegenüber VP B. Die ermittelten Durchschnittswerte waren für VP A 18 % Saccharose im Speichel bzw. 13,5 % bei VP B. Bedingt durch den geringeren Speichelfluß, liegt die Vermutung nahe, daß es u. a. aufgrund des geringeren Verdünnungseffektes zu der erhöhten Speichelzuckerkonzentration bei VP A kam, d. h., daß Speichelsekretion und Zuckerkonzentration im Speichel negativ miteinander korreliert sind.

In den Abbildungen 2, 3 und 4 wird der Verlauf der Speichelproduktion während des Verzehrs verschiedener Süßwaren graphisch dargestellt; die Zusammensetzung dieser ist aus der Tabelle 2 ersichtlich. Die Verzehrsdauer, d. h. die Verweilzeit der Süßware im Mund, reichte hier von 1,5 Minuten (Komprimat) bis hin zu knapp 4 Minuten (Weingummi); abgesehen vom Kaugummi, das bis zum Versuchsende im Mund blieb. Die Geschwindigkeit der Speichelproduktion im Versuchszeitraum zeigt hier jeweils für die untersuchte Süßware einen charakteristischen Verlauf.

Auffallend ist die schnelle Zunahme im Speichelfluß bei *Komprimaten*, bei denen es im Zeitraum von weniger als einer Minute zu einem Maximum – mit 13 ml/min in dieser Versuchsserie dem höchsten überhaupt – kommt, das dann nach 1,5 Minuten mit Beendigung des Verzehrs auf den Ausgangspunkt zurückfällt. Ein ähnlicher Verlauf zeigt sich, wenn auch in der Flußmenge nicht so ausgeprägt, bei Schokoladenriegeln. Der nochmalige Anstieg des Speichelflusses, nachdem die Süßware bereits verzehrt war, beruht vermutlich auf der außerordentlich zäh-klebrigen Struktur dieses Produktes. Hierdurch haftet ein relativ großer Teil an Gaumen- und Zahnoberflächen sowie in den Zahnzwischenräumen an, so daß auch ohne die Süßware im Mund noch erhebliche Restmengen zur Speichelsekretion anregen können.

Eine zweite Gruppe bilden „Hartkaramellen“ (Fruchtaroma) und „Kaubonbons“ (Milchkaramellen). Die Zunahme des Speichelflusses verläuft weniger ausgeprägt und hat mit Beendigung des Lutschvorganges etwa wieder den Ausgangswert angenommen (Abb. 3). Bemerkenswert ist, daß die Milchkartkaramelle, die strukturmäßig dieser Gruppe zuzuordnen wäre, fast über den gesamten Verzehrszeitraum einen gleichbleibend hohen Speichelfluß bewirkt, der nach Beendigung dann rasch auf unstimulierte Flußmengen zurückfällt. Es kann angenommen werden,

Tab. 1. Speichelsekretion und Löslichwerden von Zucker.

Produkt	stimuliert ml Speichel pro Minute	unstimuliert ml Speichel pro Minute	Aggregat- Zustand	Proband	g Zucker		g gelöster Zucker	
					ml Speichel		Minute	
Hartkaramelle (Kirsche)	4,90	1,40	Schmelze	A	0,224		1,098	
Hartkaramelle (Kirsche)	6,54	2,05	Schmelze	B	0,164		1,070	
Hartkaramelle (Kirsche)	7,75	2,04	Schmelze	B	0,147		1,140	
Hartkaramelle (Zitrone)	6,16	1,89	Schmelze	B	0,160		0,990	
Palatinit-Hartkaramelle	4,50	1,84	Schmelze	B	0,199		0,894	
Palatinit-Hartkaramelle	5,92	2,14	Schmelze	B	0,181		1,070	
Milch-Hartkaramelle	8,69	2,54	Schmelze	B	0,166		1,450	
Hartkaramelle (ohne Säure)	5,18	2,37	Schmelze	B	0,154		0,800	
Schokolade (zartbitter)	4,76	3,14	kristallin	A	0,209		0,994	
Schokolade (Vollmilch)	4,52	2,67	kristallin	A	0,370		1,674	
Baiser	-	2,97	kristallin	A	-		-	
Pfefferminz-Komprimat	6,06	2,92	kristallin	A	0,083		0,505	
Weichkaramelle (Milch)	5,37	1,78	kristallin	B	0,165		0,880	
Weichkaramelle (Milch)	6,84	2,46	kristallin	B	0,158		1,084	
Kaugummi (Spearmint)	3,95	-	kristallin	B	0,068		0,270	
Kaugummi (Spearmint)	4,08	-	kristallin	B	0,064		0,260	
Kaugummi (Juice Fruit)	5,48	-	kristallin	B	0,072		0,400	
Kaugummi (Frucht)	4,07	-	kristallin	B	0,073		0,300	
Kaugummi (Frucht)	3,67	-	kristallin	B	0,085		0,310	
Kaugummi (Frucht)	3,66	-	kristallin	B	0,083		0,310	
Weingummi (Kirsch)	6,98	2,30	Lösung	B	0,075		0,520	
Weingummi (Kirsch)	7,33	2,54	Lösung	B	0,074		0,540	
Schokoladenriegel	2,31	3,71	Lösung	A	0,586		1,354	
Sandkuchen	-	2,16	Lösung	A	-		-	
Orangenlimonade	-	3,99	Lösung	A	-		-	
Eiscreme (Vanille)	-	2,66	Lösung	A	-		-	
Eiscreme (Vanille)	-	4,01	Lösung	A	-		-	

daß die Fett- und Milchbestandteile dieser Süßware hierfür verantwortlich sind.

Eine andere Gruppe bilden „Weingummi“ und „Kaugummi“, wobei die gummiartige Konsistenz dieser Produkte jeweils durch zwei völlig verschiedene Rezepturbestandteile bewirkt wird. Die lange Verweilzeit eines Kaugummis im Mund beruht bekanntlich darauf, daß sich die eigentliche Kaubase nicht verzehrt und durch die nachhaltige Freisetzung der anderen Rezepturbestandteile eine lang andauernde Speichelsekretion angeregt werden kann (Abb. 4). Das Weingummi hingegen ist nach etwa 4 Minuten aufgezehrt. Die anfänglich heftige Speichelsekretion sinkt nach etwas mehr als 1 Minute leicht ab, bleibt jedoch bis zum Ende des Verzehrs auf einem erhöhten Level.

Beim Kaugummi kann angenommen werden, daß nach der kurzen Anlaufphase, in der es im Mund temperiert und durchfeuchtet (weichgekaut) wird, der Zucker stetig und in relativ kurzer Zeit herausgelöst ist und somit der Speichelfluß wieder auf „unstimulierte“ Werte zurückfällt.

In Tabelle 1 ist der für die verschiedenen Süßwaren stimulierte/unstimulierte Speichelfluß pro Minute nochmals tabellarisch dargestellt. Unter unstimuliert versteht sich dabei der Speichelfluß nach Herausnehmen der Süßware aus dem Mund.

Die Süßwaren sind hierbei in die drei Aggregatzustände, in denen Zucker vorliegen kann, nämlich Zuckerschmelze, Zucker kristallin sowie Zucker in Lösung, unterteilt. Wie zu ersehen, liegt die mittlere stimulierte Speichelsekretion bei den allermeisten Süßwaren im Bereich von etwa 4 bis hin zu 8 ml/Minute. Der Speichelfluß in der Nachphase, also ohne Süßware im Mund, beträgt ungefähr 1,5–3 ml/Minute.

Eine bemerkenswerte Ausnahme bildet hier der *Schokoladenriegel*, bei dem in der Nachphase ein größerer Speichelfluß als in der Verzehrsphase auftritt. Eine mögliche Erklärung wäre, daß durch die außerordentlich zäh-klebrige Beschaffenheit dieses Artikels relativ große Mengen an der Zahnschmelze sowie in den Zahnzwischenräumen anhaften und somit erst zeitlich verzögert durch eine erhöhte Speichelsekretion gelöst werden.

Neben der bislang behandelten Frage der Stimulation des Speichelflusses durch die einzelnen Süßwaren galt unser Interesse dem Verlauf der Zuckerkonzentration, wie sie beim Verzehr des jeweiligen Lebensmittels durch das In-Lösung-Gehen in der Mundhöhle entsteht. Wie aus der Kariesforschung hinreichend bekannt, besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Konzentration an fermentierbarem Substrat in der Mundhöhle sowie der Entwicklung kariöser Defekte. Erst kürzlich konnte von Firestone/Imfeld/Mühlemann (5) anhand von Mundspülungen mit gering konzentrierten Saccharoselösungen deren azidogener Effekt erwiesen werden. Zuckerkonzentrationen von 0,025 % (0,73 mM) führten mit zunehmender Kontaktzeit zu einem deutlichen pH-Abfall in der Zahnplaque. Weiterhin untersuchten die Autoren das unterschiedliche Verhalten reiner Saccharose sowie eines Saccharose-Guar-Gemisches, das in bezug auf Textur und Konsistenz etwa dem von uns untersuchten Weingummi entspricht. Hierbei stellten sie fest, daß durch das Guar-Gum die orale Retention der Saccharose erhöht war wegen der Herabsetzung der Löslichkeitsrate durch Bildung dicker, zähflüssiger Lösungen.

Graphisch aufgetragen ist in den nächsten Abbildungen (5-8) die absolute Konzentration an Zucker im Speichel (Gew.-% Zucker) sowie deren Verlauf über die Dauer des Verzehrs bis hin zum Auflösen der Süßware im Munde.

Um nochmals auf die erwähnten Saccharose-Guar-Gemische aus der Studie von Firestone et al. zurückzukommen, so zeigt sich auch in unserer Versuchsreihe das verhältnismäßig geringe In-Lösung-Gehen von Zucker beim Verzehr von Weingummi (Abb. 5). Auffallend ist der gleichmäßige Verlauf der Zuckerkonzentration vom Beginn bis hin zur Beendigung des

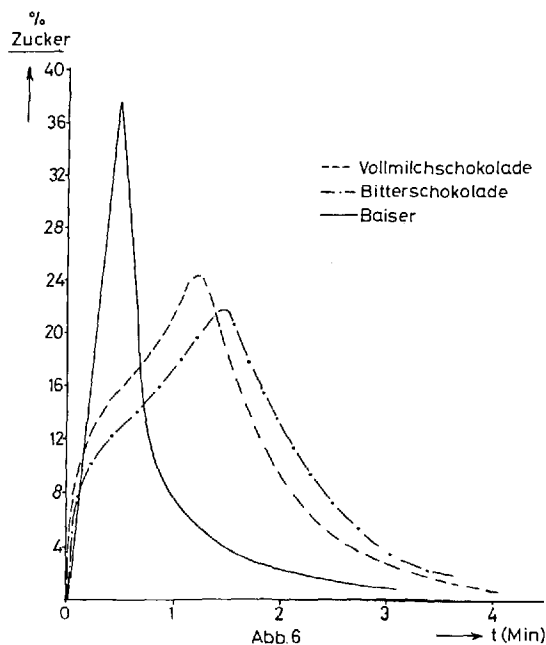
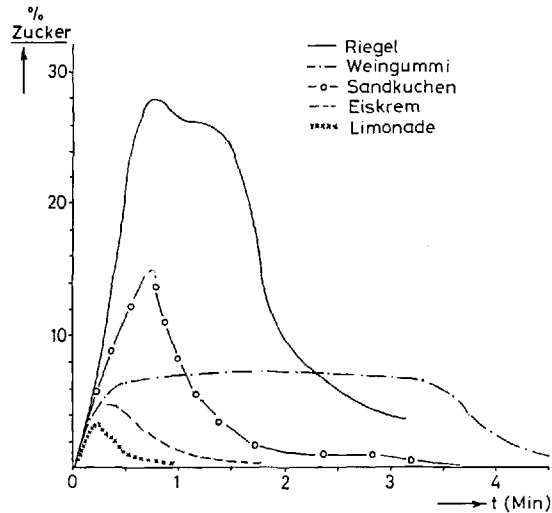


Abb. 6

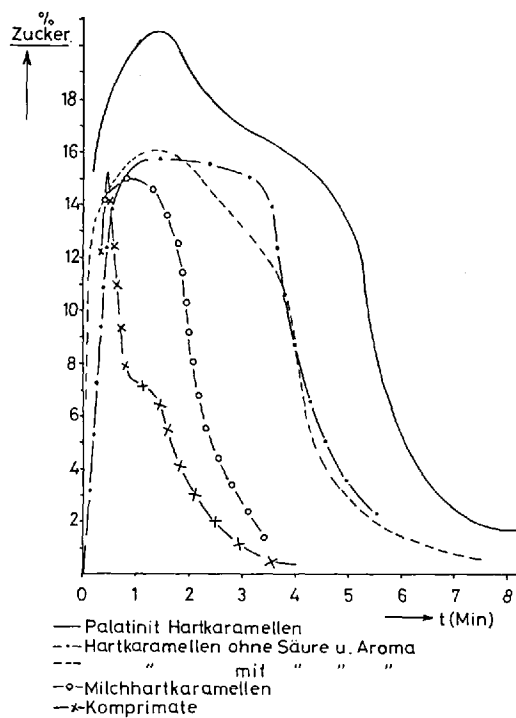
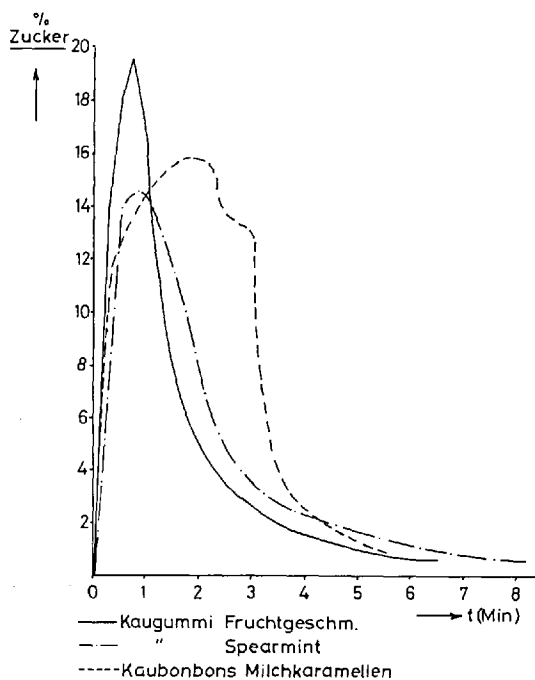


Abb. 5, 6, 7 und 8. Speichelzuckerkonzentrationen und deren Verlauf über die Dauer des Verzehrs verschiedener Süßwaren.

Verzehrs nach etwa 3,5 Minuten. Verglichen mit dem gleichzeitig ermittelten Speichelfluß (Abb. 4), der für die Gruppe der Gummiartikel über die gesamte Verzehrszeit auf einem hohen Niveau lag, erklärt sich die relativ geringe und konstante Zuckerkonzentration von etwa 7 %.

Noch geringere Speichelzuckerkonzentrationen konnten lediglich bei den *Süßgetränken* (alkoholfreie Erfrischungsgetränke) und beim Speiseeis ermittelt werden. Bereits nach $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Minute beginnt die Zuckerkonzentration abzusinken. Dies entspricht dann auch der sehr kurzen Verweilzeit, die diese Produkte im Mund haben. Die Maximalkonzentration von 5 % Speichelzucker beim *Speiseeis* mag mit einer Erklärung dafür sein, daß in Geschmackstesten mit Eiscreme eindeutig die süßeren Produkte bevorzugt werden, da die auftretenden Zuckerkonzentrationen noch unter den erwähnten optimalen Akzeptanzwerten zu liegen scheinen.

Eine sehr hohe Speichelzuckerkonzentration mit bis zu 30 % zeigten die *Schokoladenriegel*, die bis zum Verzehrsende (ca. 1,5 min) aufgrund der guten Löslichkeit und zum Teil Klebrigkeit der Zucker aus den Riegeln auf einem hohen Niveau bleibt. Im übrigen bedingt auch der schon erwähnte geringe Speichelfluß bei diesen Produkten die hohe Zuckerkonzentration.

Die höchste Zuckerkonzentration überhaupt zeigte sich mit 35 % im Speichel beim Verzehr von *Baisers* (Abb. 6). Die unmittelbar nach Eßbeginn wegen der äußerst guten Löslichkeit dieses Produktes sich einstellende Konzentrationsspitze sinkt allerdings sehr schnell wieder auf Ausgangswerte zurück. Die guten Löslichkeitseigenschaften verdankt diese Warengruppe ihrer schaumartigen Struktur, da sich wegen des hohen Gas-(Luft-)Eintrages große Oberflächen ergeben, aus denen der Zucker durch den Speichel unmittelbar herausgelöst werden kann.

Die beiden *Schokoladensorten* (Vollmilch-, Bitter-) zeigen in etwa den gleichen Zuckerkonzentrationsverlauf, wenn auch die Vollmilchschokolade geringfügig höhere Werte aufweist. Diese Feststellung korreliert gut mit dem Speichelfluß (siehe Tab. 1), da die Bitterschokolade eine geringfügig stärkere Speichelproduktion bewirkt. Möglicherweise kommt es hier wegen der Bitterbestandteile zu einer gesteigerten Stimulation der Speicheldrüsen; einem Effekt, wie er nach unseren Feststellungen auch durch die Fruchtsäurebestandteile von Hartkaramellen bewirkt wird (siehe Abb. 8).

Die nächste Produktgruppe zeichnet sich dadurch aus, daß die Süßwaren beim Verzehr in der Regel gekaut werden. Die beiden *Kaugummisorten* bewirken eine anfänglich hohe Zuckerfreisetzung, die mit zunehmender Verzehrszeit rasch absinkt. Im Gegensatz zu der Studie von L. S. Lanke (6) aus dem Jahre 1957, in der für Kaugummi nur ein langsames und verzögertes Herauslösen des Zuckers festgestellt wurde, ergaben Kaugummi in dieser Studie nach einer kurzen „Anfangsphase“, d. h. Temperieren und Durchfeuchten, eine rasche und gleichmäßige Abnahme des Zuckergehaltes im Speichel, so daß der geschmacksrelevante Zuckerbestandteil nach etwa 4 Minuten bis zur Nichtwahrnehmungsschwelle herabgesunken war (Abb. 7). Im Normalfall würde das bedeuten, daß mangels Süßeindruck der Verbraucher sich des Kaugummis entledigen würde. In diesem Zusammenhang muß allerdings erwähnt

werden, daß selbst nach 8 Minuten noch kariesrelevante Zuckerkonzentrationen im Speichel (ca. 1 %) nachzuweisen waren.

Einen auffallenden Verlauf zeigt die Zuckerkonzentration beim Genuß von weichen *Milchkaramellen*. Gegenüber anderen Süßwaren kommt es hier erst nach einer „Anlaufphase“ allmählich zum Anstieg des Speichelzuckergehaltes. Nach ca. 2 Minuten, in denen ein Großteil anderer Süßwaren bereits verzehrt ist, wird ein Maximum im Speichelzuckergehalt erreicht, wobei dann nochmals über den gleichen Zeitraum bis zum Aufbrauchen der Weichkaramelle der Zuckergehalt auf einem hohen Niveau verweilt. Die erst verzögert einsetzende Zuckerfreisetzung bei dieser Produktgruppe läßt sich wohl damit erklären, daß eine „frische“ Weichkaramelle zunächst ziemlich hart ist. Wegen ihrer kantigen Gestalt bietet sie vorerst keinen sonderlichen Anreiz zu forcierten Kau- und Lutschbewegungen. Erst nach ihrer Temperierung in der Mundhöhle erhält sie ihren weichen Charakter und kann somit gekaut werden, was mit einem Anstieg der Zuckerlöslichkeit einhergeht. Ein weiterer Grund für die verzögerte Zuckerfreisetzung könnte im relativ hohen Fettanteil dieser Warengruppe liegen.

Die letzte Gruppe, die die Produktreihe der Zuckerschmelzen umfaßt, besteht aus Süßwaren (Abb. 8), die sich aufgrund der harten glasartigen Struktur nur zum Lutschen eignen. Wie eingangs bereits erwähnt, wird hier der Bonbon allmählich durch den Speichel aufgelöst und damit ständig neue Oberflächen in Kontakt mit Schleimhaut und Zunge gebracht. Gerade bei dieser Art des Verzehrs liegt die Vermutung nahe, daß hier die Speichelzuckerkonzentration mit dem Speichelfluß eng negativ korreliert ist. In dieser Produktgruppe wurden drei Typen *Hartkaramellen* untersucht, nämlich Karamellen „ohne Säure und Aroma“, Karamellen „mit Säurezusatz“ und Hartkaramellen „mit Milch- und Fettbestandteilen“. Als vierte Produktvariante wählten wir eine Hartkaramelle, die mit dem Zuckeralkohol Palatinit® hergestellt wurde (7). Dieser Zuckeraustauschstoff eignet sich aufgrund seines Schmelzverhaltens besonders gut zur Fertigung von glasartigen Zuckerschmelzen. Des weiteren war es interessant zu sehen, ob die von der Saccharose unterschiedliche Löslichkeit einen Einfluß auf das orale In-Lösung-Gehen hat. Wie aus Abbildung 8 ersichtlich, kommt es beim Zuckeraustauschstoff Palatinit zur höchsten oralen „Zucker“-Konzentration in dieser Warengruppe. Weiter ist die deutlich verlängerte Lösungsphase zu erkennen, die mit 5,5 Minuten fast doppelt so lang wie die der anderen Hartkaramellen ist. Diese lange Verweilzeit der Hartkaramelle aus dem Zuckeraustauschstoff kann mit der verringerten Löslichkeit von Palatinit in Beziehung gebracht werden. Der hohe Anstieg der Palatinitkonzentration im Speichel beruht auf der damit einhergehenden geringeren Speichelproduktion. Eine Erklärung für dieses Phänomen liegt wahrscheinlich in der geringeren Süßkraft von Palatinit, die etwa die Hälfte der von Saccharose beträgt. Um die oben bereits erwähnte optimale Süße, vergleichbar einer Zuckerspeichelkonzentration von etwa 10 %, zu erreichen, kommt es hier vermutlich zu intensiveren Preß- und Lutschbewegungen in der Mundhöhle, um somit durch Anheben der Konzentration den Süßeindruck zu erhöhen.

Der unterschiedliche Kurvenverlauf der in ihrer Zusammensetzung sonst gleichen gesäuerten und ungesäuerten Hartkaramellen deutet auf

den Einfluß von Aroma- und Geschmackskomponenten auf die Speichelsekretion hin. Während sich bei den ungesäuerten/unaromatisierten Produkten über die gesamte Lutschphase ein etwa gleich bleibendes Zuckerprofil ausbildet, kommt es beim gesäuerten/aromatisierten Produkt zunächst zu einer gesteigerten oralen Zuckerkonzentration, die dann allerdings noch während des Verzehrs rasch absinkt. Korreliert ist dieses Verhalten mit dem Speichelfluß; so ist aus Tabelle 1 ersichtlich, daß bei den gesäuerten Süßwaren die Speichelsekretion deutlich erhöht ist. Ferner ist bei den mit organischen Säuren zubereiteten Hartkaramellen die Tatsache der Bildung von „Geschmacksnestern“ bekannt (8), so daß es beim plötzlichen Freisetzen größerer Säuretropfen zu einem „Geschmacksschock“ kommen kann, der mit einer größeren Speichelproduktion einhergeht.

Betrachtet man bei gesäuerten Hartkaramellen das Lutschverhalten, so beobachtet man häufig, besonders bei geschmacksintensiven Säuren wie Citrusessenzen, ein sehr zurückhaltendes Verzehrverhalten, indem das saure Bonbon unter die Zunge oder an eine Wangenseite „abgeschoben“ wird, um einen übermäßigen Säurereiz zu unterdrücken. Daraus folgt, daß auch andere Faktoren das Löseverhalten einer Süßware mitbestimmen.

Schließlich sei noch auf die nur kurzfristig auftretende Konzentrationsspitze bei Milchkaramellen verwiesen. Hier zeigt sich der deutliche Einfluß der erhöhten Speichelsekretion (siehe Tab. 1), die im Vergleich zur Palatin-Hartkaramelle fast doppelt so hoch, in Relation zu den gesäuerten Produkten immerhin noch rund 50 % höher ist.

Lösegeschwindigkeit

Aus den bisher erläuterten Einflußgrößen, nämlich dem beim Verzehr einer Süßware auftretenden Speichelfluß und den beim Verzehr entstehenden oralen Zuckerkonzentrationen in g/ml, läßt sich die Lösungsgeschwindigkeit des Zuckers in der Mundhöhle ableiten. Rechnerisch ist dies in Tabelle 1 für die Durchschnittswerte durch Multiplikation der Werte der Spalten 2 und 6 geschehen: Es resultiert ein Wert, der die Gewichtsteile (g) gelösten Zuckers im Speichel pro Zeiteinheit (min) angibt.

In den Abbildungen 9 und 10 ist dies für einige ausgesuchte Süßwaren nochmals graphisch abgeleitet worden.

Die Abbildung 9 zeigt die Auflösegeschwindigkeit des Zuckers in der Mundhöhle in Abhängigkeit von der Verzehrsdauer für die Süßwaren „Kaugummi“, „Weingummi“ und „Vollmilchschokolade“.

Bei Kaugummi ergibt sich wieder die charakteristische „Anlaufphase“, nach deren Abschluß dann der Zucker in kontinuierlicher Form aus der Gummibase herausgelöst wird. Dieser Verlauf ist dadurch zu erklären, daß einmal die eigentliche Kaumasse unverändert bleibt, die löslichen Bestandteile jedoch kontinuierlich durch den Speichel herausgelöst werden, zum anderen, daß die Oberfläche des Kaugummis sich von anfänglich ca. 27 cm² durch das Verformen des Kaugummis zu einer Art Kugel auf kleiner als 10 cm² verkleinert. Vorausgesetzt ist dabei allerdings eine über die gesamte Verzehrsdauer gleichförmige Kauintensität, die beim Kaugummi dank seiner plastischen Eigenschaften durchaus gegeben ist.

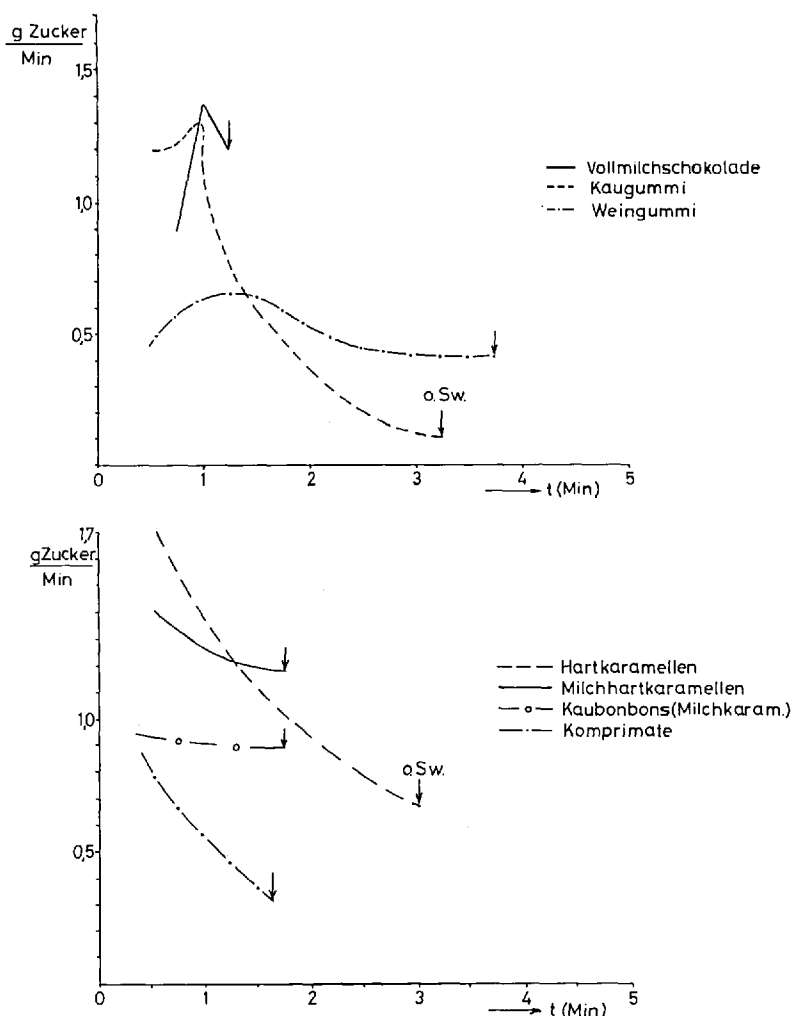


Abb. 9, 10. Lösegeschwindigkeit des Zuckers in der Mundhöhle beim Verzehr verschiedener Süßwaren.

Nach etwa 3,5 Minuten ist dann der Punkt erreicht, an dem nur noch 0,1 g Zucker/min herausgelöst werden, was den Süßeindruck dann zum Verschwinden bringt. In der Regel werden diese Produkte dann nur, wenn überhaupt, der noch anhaftenden Aromakomponenten (z. B. Spearmint) wegen weitergekauert.

Einen völlig anderen Kurvenverlauf erhält man beim „Weingummi“, das aufgrund seiner Textur beim Verzehr eine Mittelstellung zwischen Kauen und Lutschen einnimmt. Diese Produkte werden in der Regel zwar gelutscht, können aber dank ihrer plastischen Eigenschaften zur Oberflächenvergrößerung zerkaut werden, um damit eine Intensivierung des Süßgeschmacks zu bewirken.

Wie die Abbildung 9 zeigt, kommt es bei diesen Produktgruppen nur zu einem mäßigen In-Lösung-Gehen des Zuckers, was zu einer sehr langen Verweilzeit dieser Produkte im Munde führt. Da der Süßeindruck relativ gering ist, besteht leicht die Veranlassung zum Zerkauen und gegebenenfalls zum Abschlucken. Diese Reaktion wiederum kann zum Genuß weiterer Weingummistücke führen, wodurch der bei diesen Produkten zuweilen zu beobachtende „Kettenverzehr“ erklärbar wäre.

Vollmilchschokolade zeigt hier wieder eine ihr charakteristische Anlaufphase. Die ursprünglich bei Raumtemperatur feste, brüchige Struktur der Schokolade geht nach dem Erwärmen in der Mundhöhle in eine plastische, hochviskose und angenehme Emulsion über. In diesem Zustand kommt es zu einem schnellen Herauslösen des Zuckers. Der nach ca. 1 Minute beobachtete Abfall der Lösegeschwindigkeit beruht schließlich darauf, daß zu diesem Zeitpunkt die löslichkeitsverzögernden Eigenschaften der anderen Schokoladenbestandteile wirksam werden. Nach der anfänglichen Steigerung der Zuckerfreisetzung infolge der Temperierung tritt nun die löslichkeitshemmende Eigenschaft des Kakaofettes in den Vordergrund. Man kann sich Schokolade als eine Suspension vorstellen, in der Kakaokernbruchstücke, Milchbestandteile und Zucker von der Kakaobutter eingehüllt sind, so daß wegen des lipophilen Charakters dieser Partikel eine Löslichkeitsminderung eintritt. Dies ist auch mit ein Grund, weshalb Schokoladenmassen weniger zum Kleben an den Zähnen neigen als etwa Schokoladenriegel oder Weichkaramellen. Schon 1951 machten Bibby et al. (9) auf die in der Mundhöhle wirksamen löslichkeitshemmenden Einflüsse der Fettbestandteile unserer Nahrung aufmerksam.

Die Abbildung 10 zeigt zunächst einmal für die Produktgruppe „Kaubonbons“ (= Milchweichkaramellen) ein über die gesamte Verzehrszeit gleichförmiges Löslichkeitsverhalten, das um 0,9 g Zucker/min bis zum Verzehrende liegt. Eine Vergleichbarkeit zum ebenfalls gekauten Kaugummi ist deshalb nicht gegeben, da bei dieser Produktgruppe keine „Auslaugung“ der Süßware und keine großen Oberflächenveränderungen erfolgen.

Die Produkte Hartkaramellen-Milchhartkaramellen zeigen eine für die Gruppe der ausschließlich gelutschten Süßwaren gleichförmig abnehmende Lösegeschwindigkeit, unterscheiden sich jedoch hinsichtlich ihrer Intensität. Aufgrund des hohen Speichelflusses beim Verzehr der Milchhartkaramellen kommt es zu einem schnellen Herauslösen der Zuckerbestandteile, so daß in relativ kurzer Zeit die Süßware aufgelöst wird. Die anderen Hartkaramellen (vgl. auch Tab. 1) hingegen bewirken einen relativ geringen Speichelfluß, so daß die Masse des pro Zeiteinheit gelösten Zuckers deutlich geringer ist, die Gesamtverzehrsdauer gegenüber der Milchhartkaramelle dadurch aber verlängert wird. Von Einfluß auf das In-Lösung-Gehen des Zuckers während des Verzehrs bei Hartkaramellen ist sicherlich auch das langsamere Kleinerwerden der Oberfläche.

Ähnlich wie Hartkaramellen verhalten sich auch *Komprimat*e, die pro Zeiteinheit in Lösung gehende Zuckermenge ist jedoch kleiner, einmal wegen der kleineren Oberfläche (Tab. 2) sowie der Tatsache, daß in Komprimaten der Zucker mikrokristallin vorliegt, in Hartkaramellen dagegen im Glaszustand. Während für das Lösen von 1 kg Zucker aus dem kristalli-

Tab. 2. Süßwaren zum Versuch „Löslichkeit von Zuckern in der Mundhöhle“.

Produkt	Gewicht	Oberfläche	H ₂ O	Mono- und Di-saccharide	Poly-saccharide	Sonstige Bestandteile	Maximaler Zuckergeh. im Speichel	Zeit bis zum Erreichen d. Maximums
	[g]	[cm ²]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[min]
Schmelze								
Hartkaramellen (ohne Säure)	5,455	13,97	3,1	74,5	22,4	-	14,2	1,00
Hartkaramellen (Kirschgeschmack)	5,016	12,38	3,6	60,7	33,4	-	20,2	1,25
Hartkaramellen (Zitronengeschmack)	5,016	12,38	3,4	61,0	33,7	-	15,7	1,75
Hartkaramellen (Palatinit)	5,241	13,97	2,6	96,0	-	1,4	20,3	2,00
Milch-Hartkaramellen	5,631	13,97	2,9	61,6	24,0	11,5	15,8	1,50
Kaugummi (Spearmint)	3,130	27,00	1,7	67,4	13,9	17,0	14,9	1,00
Kaugummi (Fruchtgeschmack)	3,130	27,00	1,7	67,4	13,9	17,0	19,4	0,75
Weichkaramellen (Milch)	4,534	15,92	6,1	35,7	19,7	38,5	15,4	1,00
Schokolade (Vollmilch)	4,899	8,36	3,4	44,0	-	52,6	-	-
Schokolade (Vollmilch)	6,913	23,00	3,5	43,0	-	53,5	24,4	1,25
Schokolade (zartbitter)	6,752	22,16	3,1	40,7	-	56,2	22,2	1,50
Baiser	5,953	-	0,8	93,8	-	5,4	38,0	0,50
Pfefferminz-Komprimat	0,893	3,0	0,5	97,6	-	1,9	15,4	0,50
Sandkuchen	11,164	18,7	22,5	-	-	58,8	14,7	0,75
Orangenlimonade	-	-	91,5	8,5	-	-	3,1	0,25
Weingummi (Kirsch)	4,658	11,69	11,6	35,1	11,2	42,1	7,4	1,50
Eiscreme (Vanille)	5,810	-	64,2	14,0	-	22,0	4,9	0,25
Schokoladenriegel	13,944	29,0	4,8	45,0	13,5	36,7	28,2	0,75
Kaffee	-	-	85,0	15,0	-	-	3,5	0,25
Lösung								

nen Zustand (10, 11) 18,2 kJ aufzuwenden sind, ist der Wärmearaufwand für das In-Lösung-Gehen aus dem Glaszustand abhängig von der Kochtemperatur beim Gießen, die Reaktion kann sogar exotherm sein; so beträgt z. B. bei 150 °C Kochtemperatur der Wärmegewinn für das In-Lösung-Gehen ca. 7 kJ/kg, bei 160 °C Kochtemperatur sind es ca. 12 kJ/kg.

In Tabelle 2 sind für die untersuchten Süßwaren ihre physikalischen Kenndaten (Probengewicht, Oberfläche der Probe), die analytische Zusammensetzung sowie der ermittelte Zuckergehalt im Speichel, zusammen mit dem dazu benötigten Zeitraum zum Erreichen des Maximums, aufgelistet.

Wie ersichtlich, liegen die Stückgewichte in den meisten Fällen im 4-bis 6-Gramm-Bereich; die Oberfläche jeder Probe wurde aus ihrer geometrischen Form ermittelt. Da die Oberfläche der Ausgangsproben während des Verzehrs einer mehr oder weniger raschen Änderung unterliegen – man denke nur an die rasche Verformung eines Kaugummistreifens in der Mundhöhle –, läßt sich diese Kenngröße nur bedingt als Maß für die Lösegeschwindigkeit des Zuckers heranziehen. Am ehesten scheint hier für Schokoladenartikel (inkl. Riegel) eine Korrelation mit dem Speichelzuckergehalt zu bestehen.

Bei den verwendeten Süßwaren handelt es sich mit Ausnahme der gesüßten Getränke und der Eiscrème um Lebensmittel, die einen im Gegensatz zu anderen Nahrungsmitteln recht geringen Wassergehalt besitzen. Wasserhaltige Produkte weisen die geringsten Zuckerkonzentrationen im Speichel auf. Auffallend ist auch das sehr schnelle Erreichen des Konzentrationsmaximums bereits nach etwa 15 Sekunden.

Bedingt durch den hohen Wassergehalt, tritt beim Speiseeis ein Lösungsvorgang in der Mundhöhle im eigentlichen Sinne nicht auf; beim Speiseeis findet beim Verzehr lediglich ein Schmelzen der Eiskristalle und damit eine Verdünnung der Zuckerkonzentration statt.

Da Süßwaren naturgemäß einen sehr hohen Zuckeranteil besitzen, ist es gerade hier von Interesse, zu sehen, ob und inwieweit der Gehalt an einzelnen Sacchariden Einfluß auf das Löseverhalten und die Speichelzuckerkonzentration hat.

Der in einigen Süßwaren vorhandene Polysaccharidanteil, vor allen Dingen Glukosesirup, scheint im allgemeinen ohne sonderlichen Einfluß auf die genannten Größen zu sein, mit Ausnahme bei Weingummiartikeln. Wie bereits erwähnt, liegt das Polysaccharid hier in Form eines Dickungsmittels vor, das der Süßware den gelartigen Charakter verleiht. Aufgrund dieser Struktur kommt es zu einer Herabsetzung der Beweglichkeit der Zuckermoleküle mit dem Ergebnis, daß nur relativ geringe Speichelzuckerkonzentrationen auftreten. Somit führt diese zu einem sehr langen Verweilen des „Weingummis“ im Mund.

Wie aus der Tabelle 2 ersichtlich, kann der Mono- und Disaccharidanteil von Süßware zu Süßware stark variieren. Gerade dieser Gruppe der Kohlenhydrate galt unser spezielles Interesse: Daß hohe Mono- und Disaccharidanteile nicht zwangsläufig hohe Speichelzuckerkonzentrationen mit sich bringen, zeigen vielleicht am deutlichsten Pfefferminzkomprimé sowie Baiser. Das Baiser hat aufgrund seiner schaumartigen Beschaffenheit eine große Benetzungsfläche für den Speichel, was ein sehr schnelles Löslichwerden in der Mundhöhle zur Folge hat. Das erklärt

auch, warum die Speichelzuckerkonzentration bei diesem Produkt bei weitem am höchsten ist. Komprimata erlauben dem Speichel auch wegen ihrer hartgepreßten Struktur nur ein verzögertes Herauslösen der Zuckerbestandteile, so daß die Speichelzuckerkonzentrationen dann auch nur „mittlere“ Höhen erreichen.

An dieser Stelle sei auf ein anderes wesentliches Merkmal hingewiesen, das von Einfluß auf die Lösungsgeschwindigkeit ist. Wie eingangs erwähnt, lassen sich Süßwaren in bezug auf die verschiedenen Aggregatzustände des Zuckers in Lösungen, Schmelzen und Zucker in mikrokristalliner Form unterteilen. In der Tabelle 2 sind die Produkte nach diesem Gesichtspunkt gegliedert.

Bei der Betrachtung des Zeitintervalls, in dem das Maximum der Speichelzuckerkonzentration (letzte Spalte) erreicht ist, fällt für die Gruppe der „Lösungen“ auf, daß alle Produkte mit Ausnahme des bereits geschilderten Weingummis nach 15–45 Sekunden das Maximum erreichen.

Die Lösungen mit hohem Wasseranteil erweisen sich als besonders schnell, da hier der eigentliche Lösevorgang bereits vollzogen ist und in der Mundhöhle lediglich eine Verdünnung durch den Speichel eintritt.

Eine Mittelstellung nehmen die Produkte mit Zucker in mikrokristalliner Form ein. Auf das besondere Löseverhalten von Baiser wurde bereits hingewiesen. Bei näherer Betrachtung dieser Warengruppe fällt auf, daß es sich hier um Produkte handelt, die im Verlauf des Verzehrs einer starken Form- und Strukturveränderung unterliegen. Diese beruhen teilweise auf Temperatureinflüssen, zum Teil sind sie auch durch die von vornherein gegebene Textur bedingt. Erinnert sei hier etwa an das Schmelzverhalten des Kakaofettes sowie die leichte plastische Verformbarkeit von Weichkaramellen und Kaugummi.

Von dieser Gruppe abgrenzen lassen sich Komprimata und Zuckerschmelzen, die wegen ihrer harten glasigen Struktur lediglich ein Lutschen zulassen. Hier liegt eine feste Oberfläche vor, die nur ein langsames und verzögertes Freisetzen des Zuckers erlaubt.

Tab. 3. Ermittelte Werte aus der Literatur.

Produkt	Gewicht [g]	Zucker- gehalt (total sugar) [%]	Maximaler Zucker- gehalt im Speichel [%]	Zeit bis zum Errei- chen des Maximums [min]
Limonade	20,0	9,3	0,5	< 0,75
Kaffee, 2 St. Zucker	21,5	7,6	1,1	> 0,25
Biskuit, zuckerhaltig	3,5	9,0	1,9	~ 1,50
Eiscreme	10,0	2,4	3,2	< 1,00
„Caramels“ (Weichkaramellen)	6,9	64,0	18,8	~ 0,50
„Sweets“ (Hartkaramellen)	6,0	80,0	30,6	< 1,50
Schokolade, dunkel	10,0	33,7	12,8	< 1,50
Schokolade, hell	11,0	47,5	10,1	< 3,00
Dragees	1,0	66,6	2,3	< 0,50

In der Tabelle 3 sind die Werte für das Löseverhalten verschiedener Süßwaren, wie sie in der älteren Literatur (12) zu finden waren, zusammengestellt. Die dort ermittelten Werte stimmen, soweit die Vergleichbarkeit gegeben ist, mit unseren Untersuchungen recht gut überein.

Schlußfolgerung

Zusammenfassend können nach unseren Erfahrungen folgende Einflußfaktoren für das In-Lösung-Gehen von Zuckern aus Süßwaren in den Speichel genannt werden:

Speichelfluß

Wie aus der Literatur allgemein bekannt, bestehen hinsichtlich des individuellen Speichelflusses große Unterschiede. In den Untersuchungen von Lundquist (1952) und Lanke (1957) wurde bereits der Zusammenhang zwischen der absoluten Speichelsekretion und dem Verbleib sowie der Clearance-Rate des im Speichel gelösten Zuckers festgestellt (12, 6). In unseren Untersuchungen konnte eine negative Korrelation des individuellen Speichelflusses und der im Mund auftretenden Zuckerkonzentration festgestellt werden.

Die Zunahme der Speichelproduktion durch die Stimulationswirkung der Süßware ist von Einfluß auf die Verzehrsdauer, d. h., daß durch einen gesteigerten Speichelfluß die Löslichkeitsrate steigt und somit die Süßware insgesamt weniger lang im Mundraum verbleibt.

Bei einigen Süßwaren ist das In-Lösung-Gehen abhängig von einer „Konditionierung“ in der Mundhöhle. In einer Anlaufphase wird das Produkt auf Mundtemperatur gebracht, erfährt eine Konsistenzveränderung und erhält dadurch erst seine verzehrstypischen Eigenschaften. Dies sind in der Regel jene Produkte, in denen der Zucker in mikrokristalliner Form vorliegt.

Art des Verzehr

Je nach Art des Verzehr wird die Löslichkeit des Zuckers in der Mundhöhle beeinflusst. Im wesentlichen können hier drei grundlegende Verzehrsarten genannt werden, nämlich Trinken, Lutschen und Kauen. Bei einer Reihe von Süßwaren treten allerdings Mischformen dieser Verzehrsarten auf, so daß eine eindeutige Abgrenzung nicht immer möglich ist.

Generell verursacht das *Kauen* einer plastischen Masse eine stetige Änderung der Produktoberfläche und ermöglicht dadurch ein besseres Durchfeuchten und Herauslösen der Zuckerbestandteile. Süßwaren, die gleichzeitig gekaut werden können, zeigen dann auch kürzere Verweilzeiten im Mund und können somit indirekt zu einer Art „Kettenverzehr“ anregen.

Jene Produkte wiederum, die ausschließlich *gelutscht* werden (Hartkaramellen, Komprimat), können in ihrem Löslichkeitsverhalten durch ein mehr oder weniger forciertes Ablutschen variiert werden. Am Beispiel des Zuckeraustauschstoffes Palatinit®, der etwa die Hälfte der Süßkraft von Saccharose besitzt, konnte diese Erscheinung durch die im Verzehr auf-

tretenden hohen Zuckerkonzentrationen deutlich gemacht werden. Andere Hartkaramellen, beispielsweise mit hohen Fruchtsäurebestandteilen, hingegen werden zur Minderung der Säurereizung mehr einem passiven (d. h. ohne forcierte Lutschbewegung) In-Lösung-Gehen überlassen.

Jene Produkte, die einen hohen Wasseranteil besitzen und in der Regel *getrunken werden* (Kaffee, alkoholfreie Erfrischungsgetränke, ggf. auch Eiscreme), bewirken nur geringe Speichelzuckerkonzentrationen und werden im Mundraum durch den eintretenden Speichelfluß lediglich verdünnt, da der Zucker bereits in der Wasserphase gelöst vorliegt.

Rezeptur

Da Zucker nur in den seltensten Fällen einziger Bestandteil einer Süßware ist, lag die Vermutung nahe, daß gleichzeitig vorhandene andere Rezepturbestandteile einen Einfluß auf das In-Lösung-Gehen haben. Wie am Beispiel „Weingummi“ gezeigt werden konnte, kommt es wegen des Dichtungsmittelanteiles nur zu einem verzögerten Freisetzen von Zucker. Die oralen Zuckerkonzentrationen sind insgesamt recht gering, bewirken jedoch eine längere Verweilzeit der Süßware in der Mundhöhle. Eine gegenteilige Eigenschaft zeigten Baisers, da sie aufgrund ihrer schaumigen Struktur und damit sehr großen Oberfläche äußerst schnell in Lösung gehen.

Auch Geschmacks- und Aromakomponenten kommt eine Bedeutung zu, wie am Beispiel der Fruchtsäureanteile in Hartkaramellen sowie der Bitterbestandteile bei Schokoladenartikeln gezeigt werden konnte. In der Regel wird durch diese Komponenten die Speichelsekretion angeregt, was wiederum Rückwirkungen auf das Löslichwerden hat. Für die Fettbestandteile einer Süßware konnten schon in älteren Untersuchungen Einflüsse auf die orale Zuckerkonzentration nachgewiesen werden (9, 13). In den entsprechenden Produkten (Schokoladen, Milchweichkaramellen) können sie wegen der lipophilen Eigenschaften der Partikel das Herauslösen von Zuckerbestandteilen verringern.

Daß die absolute Zuckerkonzentration in der Süßware nicht von vornherein Rückschlüsse auf die resultierende Speichelzuckerkonzentration zuläßt, konnte eindeutig festgestellt werden. Vielmehr kommen hier andere Faktoren, wie Verzehrungsverhalten, Textur, Begleitsubstanzen usw., ebenfalls zur Geltung.

Geschmackswert „süß“

Wie aus zahlreichen Untersuchungen an Kindern und Erwachsenen festgestellt wurde, liegt die größte Präferenz für den Geschmack „süß“ bei Zuckerkonzentrationen um 10 %. Es liegt deshalb die Vermutung nahe, daß die „Höhe der geschmacksgebenden Bestandteile, die sich im Speichel des Verkosters lösen, nicht allein durch ihre Löslichkeitsrate, sondern ebenso sehr *durch den Verkoster selbst* beeinflusst werden, der unbewußt den Speichel abschluckt, sobald eine annehmbare Geschmacksintensität erreicht ist“ (14).

Überraschenderweise befinden sich die von uns und anderen Untersuchern ermittelten oralen Zuckerkonzentrationen häufig in den genannten Grenzen; gleichzeitig sollte man bedenken, daß das Verzehrverhalten bei den Versuchen zwangsläufig mit einer Unterdrückung der Kau- und

Schluckreflexe einhergeht, so daß die Probandenversuche nicht gänzlich auf das allgemeine Verzehrverhalten übertragbar sind.

Eine ergänzende Feststellung aus der Psychologie des Geschmacks soll hier gemacht werden. Bei Temperaturen um 37°C, entsprechend unserer Körpertemperatur, hat das *Geschmacks- und Süßempfinden* ein Maximum, was die Vermutung nahelegt, daß die verantwortlichen Rezeptoren bei Körpertemperatur maximale Geschmacksinformationen empfangen (3).

Süßwarentechnologie

Da vom Verbraucher nur die Süßwaren und zuckerhaltigen Lebensmittel und Getränke wieder gekauft werden, die ihm am besten schmecken, also für ihn einen optimalen Geschmacks- und Gebrauchswert haben, hat im Laufe der Zeit eine natürliche Auslese der am Markt befindlichen Produkte stattgefunden. Nur die Produkte, die in ihrer Rezeptur und Verarbeitungstechnologie auf den Verzehr mit dem einmal gegebenen Werkzeug „Mund“ optimal abgestimmt waren, konnten sich am Markt durchsetzen.

Da beim Verzehr von Süßwaren der Geschmackseindruck „süß“ gewünscht wird, ist es nicht überraschend, daß die Produkte technologisch so hergestellt werden, daß ca. 1 g Zucker pro Minute beim Verzehr in Lösung geht und der Geschmackseindruck „süß“ innerhalb einer Minute erreicht wird. Stückgröße, geometrische Form, Oberfläche und Oberflächenstruktur, Zuckerverteilung und Art des Aggregatzustandes des Zuckers im Produkt sind so optimiert worden, daß diese Erwartungen des Verbrauchers erfüllt sind.

Zusammenfassung

Zur Ermittlung des Löslichwerdens von Zucker in der Mundhöhle wurden bei einer Reihe von handelsüblichen Süßwaren sowie Versuchsprodukten die oral auftretenden Zuckerkonzentrationen und der durch den Genuß stimulierte Speichelfluß ermittelt. Es konnte gezeigt werden, daß nicht vom absoluten Gehalt an Zucker in einem Produkt das Maß für das In-Lösung-Gehen allein bestimmt wird. Vielmehr kommen Textur, Konsistenz, Aggregatzustand des Zuckers (Schmelze, Lösung, kristallin) sowie den verzehrstypischen Eigenheiten einer jeden Süßware entscheidende Einflüsse auf das Lösungsverhalten zu.

Summary

The dissolution of sugar in the oral cavity was determined by measuring the enhancement of saliva flow and the resulting concentration of sugar after consumption of commercially available sweets as well as some test products. It was found that the dissolving rate of sugar is not a function of the absolute concentration of sugar in the sweets alone; it is determined mainly by the texture, consistency and its typical consuming behaviour as well as by the form in which the sugar is contained in the sweets (as a melt, solution or crystalline).

Schlüsselwörter: Süßwaren, Zucker, Karies

Literatur

1. Beidler, L. M.: The biological and cultural role of sweetness. Sweeteners – issues and uncertainties. S. 11–18. National Academy of Science (Washington, D.C., 1975).

2. Bailey, E. H., E. Nickols: Publ. Amer. Assoc. Adv. Sci. **10**, 138 (1887).
3. Moskowitz, H. R.: The psychology of Sweetness. Proceedings Sweeteners and Dental Caries. Eds. J. H. Shaw, G. G. Roussos, 41-74 (1978).
4. Mandel, J. D.: Relation of Saliva and Plaque to Caries. J. Dent. Res. **53**, 2 pt. 1, 246-266 (1954).
5. Firestone, A. R., T. Imfeld, H. R. Mühlemann: Effect of increasing contact time of sucrose in solution and in solid form on plaque-pH in vivo. Vortrag, 28. Kongreß der ORCA (Erfurt 1981).
6. Lanke, L. S.: Influence on Salivary Sugar of certain properties of food-stuffs and individual oral conditions. Acta Odontologica Scandinavica. Vol. **15**, Suppl. 23 (1957).
7. Schiweck, H.: Palatinin-Herstellung, technologische Eigenschaften und Analytik palatininhaltiger Lebensmittel. Alimenta **19**, 5-16 (1980).
8. Emberger, R., G. Andersen: Essenz und Wirkung - die Verteilung von Citrusessenzen in Zuckerwaren und ihre geschmacklichen Auswirkungen. H & R Contact, Heft **24**, 4-7 (1979).
9. Bibby, B. G., H. J. V. Goldberg, E. Chen: Evaluation of Caries-producing potentialities of various foodstuffs. J.A.D.A. **42**, 491 ff. (1951).
10. Counsell, J. N.: Xylitol. S. 7. Appl. Science Publ. (London 1978).
11. van Hook, A.: Growth of Sucrose Crystals. A Review. Sugar Technology Reviews **8**, 41-79 (1981).
12. Lundquist, C.: Oral Sugar Clearance. Odontologisk Revy **3**, Suppl. 1 (1952).
13. Fincke, A.: Handbuch der Kakaoerzeugnisse, 2. Aufl., S. 393-396 (Berlin-Heidelberg-New York 1965).
14. Pariser, E. R., E. L. Wick: Effects of certain physical properties of Confectionery products upon their taste, in: Twenty years of Confectionery and chocolate progress. Eds. C. D. Pratt, E. de Vadetzky, S. 690-698 (Westport 1970).

Für die Verfasser:

Dr. H. Schiweck, Süddeutsche Zucker AG, Zentral-Laboratorium, Wormser Str. 11,
6719 Obrigheim