

Geschmacksstoffe – Über den Geschmack soll man nicht streiten

Enno Logemann

D-79111 Freiburg/Brsg., Speckbacherweg 3

De gustibus (et coloribus) non disputandum est

lateinisches Sprichwort



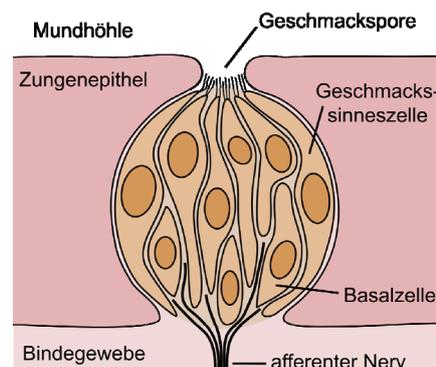
Abb. 1. Lubin Baugin (1610-1663) Les cinq sens, Louvre, Paris

Ein gutes Essen muss schmackhaft sein, einen angenehmen Duft verströmen und einen schönen Anblick bieten – auch das Auge isst mit. Im Gegensatz zu den anderen Sinnen bezeichnet man den Geschmacks- und den Geruchssinn als chemische Sinne. Geschmacksstoffe sind Substanzen, die erst nach direktem Kontakt mit den Rezeptoren der Zunge, der Mund- bzw. der Rachenschleimhaut auf den Geschmackssinn einwirken und dort ihre gustatorischen Wirkungen entfalten. Ebenso können Duftstoffe (Geruchsstoffe) erst nach direktem Kon-

takt mit den im oberen Bereich der Nase lokalisierten Geruchsrezeptoren olfaktorisch wirken. Aromastoffe (griechisch ἀρωμα = Gewürz) beeinflussen sowohl den Geschmackssinn als auch den Geruchssinn. „Sie erreichen die Rezeptoren beim Einziehen durch die Nase (orthonasale Wahrnehmung) und über den Rachenraum, nachdem sie beim Kauen freigesetzt worden sind (retronasale Wahrnehmung)“ [1]. Die molekularen Mechanismen, wie Geschmack- und Geruchssinn wirken, sind bekannt [1-12].

Geschmacksstoffe aktivieren auf der Zunge Geschmackssinneszellen. Sie bilden wie Blütenblätter einer Knospe eine Geschmacksknospe mit 10-50 Sinneszellen. Geschmackssinneszellen (mittlere Lebensdauer ca. 10 Tage) regenerieren sich ständig neu aus den Basalzellen der Geschmacksknospen. Das Neugeborene hat ca. 10.000 Geschmacksknospen, der Erwachsene 3.000 – 5.000 [12].

Abb. 2. Aufbau einer Geschmacksknospe (aus Wikipedia).



Die Geschmacksrezeptoren der Zunge lassen sich biochemisch differenzieren und in fünf Geschmacksrichtungen unterteilen: *süß*, *sauer*, *bitter*, *salzig* (NaCl), *umami* [1-13]. Süß und umami wirken attraktiv, bitter und sauer eher unangenehm. Niedrige Salzkonzentrationen verstärken einen angenehmen Eindruck, hohe lösen eine gegenteilige Wirkung aus [10].

Die Geschmacksqualität umami (jap. umami = fleischig, intensiv, pikant, wohlschmeckend; engl. savoury) wurde im Jahr 1908 von dem japanischen Wissenschaftler Ikeda Kikunae (1864-1936) beschrieben [13]. Sie zeigt besonders proteinreiche Nahrungsmittel an. Als Träger des Umami-Geschmacks wurde die freie, durch Proteolyse von Proteinen herausgelöste (nicht essenzielle) Glutaminsäure identifiziert [13].

Im Jahr 2005 wurde in Tierversuchen die Geschmacksqualität *fettig* identifiziert, ein Membran-Glykoprotein CD36, das auf der Zunge die Vorliebe für Fett steuert [14]. Auf der menschlichen Zunge wurde später ein Fettrezeptor entdeckt, der durch langkettige Fettsäuren, die hauptsächlich den typischen Fettgeschmack hervorrufen, aktiviert wird [15].

Die menschliche Zunge ist über vier Nervenleitungen mit dem Gehirn und den inneren Organen verbunden, die auch Hitze-, Kälte- und Schmerzreize auf der Zunge registrieren. Diese Sinneseindrücke werden nicht in die Rubrik Geschmacksqualität eingeordnet. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass einige Substanzen in der Lage sind, auf der Zunge bei Raumtemperatur Schmerzreize auszulösen, die ein Hitze- bzw. Kälte-Empfinden hervorrufen [16]. Stoffe, die ein solches Geschmacksempfinden erzeugen (Inhaltsstoffe von z. B. Paprika, Chili, Knoblauch, Meerrettich), wirken auf Wärme- und Schmerzrezeptoren. Der Frischeeffekt von Pfefferminze, Eukalyptus, Menthol u. a. lässt sich durch Wirkung ihrer Inhaltsstoffe auf Kälterezeptoren erklären. Im Jahr 1912 beschrieb der Pharmakologe Wilbur L. Scoville einen organoleptischen Test und stellte die nach ihm benannte Scoville-Skala auf, mit der man die Schärfe von Früchten der Paprikapflanze quantitativ abschätzen kann. Heute wird der Capsaicin-Gehalt von Paprika und Chili mit HPLC bestimmt [17].

Bisher gelang noch kein eindeutiger Nachweis für weitere Geschmacksempfindungen. Bei bestimmten Krankheiten (Vergiftungen, Pilzinfektionen, Tumoren, Diabetes mellitus, Parkinson) kann sich der Geschmackssinn verändern oder ausfallen (Dysgeusie bzw. Ageusie). Im Gegensatz zur westlich orientierten Schulmedizin spielt die medizinische Zungendiagnostik in der traditionellen chinesischen Medizin (TCM) eine große Rolle. Das umfangreiche Wissen asiatischer Heilkundler ist in zahlreichen Schriften dokumentiert (u. a. [18]).

Zucker und Süßstoffe

Bereits in seinen ersten Lebenstagen wird ein Mensch mit dem süßen Geschmack vertraut. Im Vergleich mit der menschlichen Muttermilch enthält Kuhmilch weniger Zucker und mehr Protein (Mensch: 7,1% Zucker, 0,9-1,6% Protein; Kuh: 4,6% Zucker, 3,2% Protein) [1]. In Deutschland können ca. 85% aller Menschen Muttermilch bzw. Kuhmilch verdauen, d. h. bei diesen Personen wird im Darm das Disaccharid Laktose durch das körpereigene Enzym Laktase in die beiden Monosaccharide Galaktose und Glukose gespalten. Bei Personen mit Laktoseintoleranz wird die Laktose unvollständig oder kaum gespalten und stattdessen von den Darmbakterien vergoren. Die Patienten leiden unter Bauchschmerzen, Übelkeit und Flatulenzen nach dem Konsum von Milchprodukten. Im Handel sind laktosefreie Milchprodukte erhältlich, bei denen die Milch einer Behandlung mit dem Enzym β -1,4-Galaktosidase unterworfen wurde. Die laktosefreie Milch hat eine größere Süßkraft als die unbehandelte und ist deshalb auch bei Personen beliebt, die nicht unter einer Laktose-Intoleranz leiden.

Von den in der Natur vorkommenden zahlreichen Zuckerarten werden nur wenige in größerem Umfang als Süßungsmittel genutzt [1]. Unter dem Begriff „Zucker“ versteht man im engeren Sinne einen Sammelbegriff für alle süß schmeckenden Mono- und Disaccharide, speziell das Disaccharid Saccharose [19].

Die Kulturgeschichte des Zuckers ist sehr alt. Die ältesten Zuckerrohrfunde datieren um 8.000 v. Chr. Im antiken Rom galt „Saccharum“ als Luxusgut reicher Patrizier, das aus Persien importiert wurde. Noch im Mittelalter waren Honig und eingekochter Traubensaft die wichtigsten Süßungsmittel [19]. Im Jahr 1747 entdeckte der Chemiker Andreas Sigismund Marggraf (1709-1782) den Zuckergehalt einheimischer Runkelrüben. Bereits Ende des 19. Jahrhunderts wurde im Weltmaßstab ebenso viel Rübenzucker erzeugt wie von der traditionellen Rohrzuckerindustrie. Die gesamte Welt-Jahresproduktion an Zucker belief sich im Jahr 2012 auf 175 Millionen Tonnen [19].

Heute wird Saccharose als sehr preisgünstiges Nahrungs- und auch als Genussmittel angesehen. „Es ist eines der Lebensmittel, die kein Mindesthaltbarkeitsdatum tragen“ [19]. In unserer modernen Zeit gilt Saccharose insbesondere als unentbehrlicher Bestandteil von Fertiglebensmitteln und von Getränken (Brauselimonaden). Der hohe Zuckergehalt in Lebensmitteln hat jedoch auch gravierende Nachteile. Abgesehen von der unbestrittenen Tatsache der Förderung von Zahnkaries wird von Ernährungswissenschaftlern oft angeführt, dass ein Übermaß an Zucker zur Übersäuerung des Organismus führt und die nicht verbrauchte Zuckermenge in Fett umgewandelt wird: die Menschen werden adipös. Dereinst sah man dies ganz anders: „An Zucker sparen grundverkehrt, der Mensch braucht Zucker, Zucker nährt...“ Werbeslogan der Zuckerindustrie (1927); http://www.craniotherapie.ch/b_hutter.html.

Nach einem Gutachten, das Experten im Jahr 2003 im Auftrag der WHO und der FAO erstellten (zitiert in [19]), sollte bei gesunder Ernährung der durchschnittliche Zuckerkonsum pro Tag bei etwa 40-50 g Zucker liegen. Hierzu sei angemerkt, dass bereits in 100 mL Coca Cola[®] ca. 10,6 g Zucker enthalten sind [20].

In einem Verfahren vor dem LG Essen wurde festgestellt, dass keine Schmerzensgeld- und Schadensersatzansprüche nach „Coca-Cola“ Konsum gestellt werden können (LG Essen, Urteil vom 12. 5. 2005 – 16O 265/01). „Auch wenn der Dauerkonsum von „Coca-Cola“ generell geeignet sein sollte, beim Konsumenten Diabetes herbeizuführen, hat die Herstellerin durch das Inverkehrbringen dieses Produkts nicht gegen die ihr obliegenden Verkehrssicherungspflichten verstoßen“ [21]. Dennoch, ca. 285 Millionen Menschen sind an Diabetes erkrankt [22]. Diabetische Stoffwechsellentgleisungen (Hypo- und Hyperglykämie) können auch für forensische Fragestellungen bedeutsam sein (z. B. bei Verkehrsunfällen) [22].

Der Brotaufstrich Nutella[®] (viel Nuss, wenig Kakao), vor einem halben Jahrhundert von dem italienischen Konditormeister Pietro Ferrero kreiert, gehört inzwischen zum Alltagsleben der Europäer und der US-Amerikaner. Statistisch gesehen verbrauchen die Deutschen pro Kopf und Jahr 1 kg, obwohl in den vergangenen Jahren Nutella[®] „wegen des Zuckergehaltes nicht mehr als Teil gesunder Ernährung beworben werden darf“ [23]. „Laut Deklaration besteht Nutella[®] mehr als zur Hälfte aus Zucker“ [24].



Abb. 3. Briefmarke der Poste Italiane S. p. A.

Zahlreiche Konkurrenzprodukte sind inzwischen auf dem deutschen Lebensmittelmarkt verfügbar. „Haselnüsse, Kakao, Zucker: So schmeckt selbst schlecht gebackenes Brot“ [24].

Unter der Süßkraft (engl. sweetness) eines Stoffes versteht man eine dimensionslose Größe, die - nach subjektiver Einschätzung von Testpersonen - die Intensität des süßen Geschmacks (meist 10% wässriger Lösungen) des Süßstoffs beurteilt.

Bei den Verbindungen Fruktose (Fruchtzucker), Sorbit und Xylit handelt es sich nicht um Süßstoffe im engeren Sinne, sondern um Zuckeraustauschstoffe. Sie stammen meist aus natürlichen Rohstoffen und ihre Süßkraft ist vergleichbar mit der von Zuckern. Unter Süßstoffen im engeren Sinne versteht man natürliche oder synthetische Verbindungen, die süßen Geschmack, aber nur einen im Verhältnis zu ihrer Süßkraft zu vernachlässigenden Nährwert besitzen (non nutritive sweeteners) [1]. Da ihre Süßkraft zum Teil um mehr als das 100fache höher ist als Saccharose, hat die Nahrungsmittelindustrie ein großes wirtschaftliches Interesse an diesen Verbindungen. Außerdem besteht beim Konsumenten ein großes Interesse an einer kalorisch reduzierten Ernährung.

Tab. 1. Relative Süßkraft von Süßstoffen im Vergleich mit Saccharose [1,19].

Name	Verbindungstyp	relative. Süßkraft
Saccharose	Disaccharid	1,00
Laktose	Disaccharid	0,16-0,39
Maltose	Disaccharid	0,33-0,45
Glukose	Monosaccharid	0,74-0,8
Fruktose	Monosaccharid	1,17-1,75
D-Xylose	Monosaccharid	0,67
Sorbit	Polyalkohol	0,6
Xylit	Polyalkohol	1,02
Natrium-Cyclamat	Sulfonat	26
Steviosid	Glycosid aus <i>Stevia rebaudiana</i>	40-300
Aspartam	Dipeptid-methylester	180-250
Natrium-Saccharin	Benzoessäuresulfimid	300-675
Thaumatococin	Proteingemisch (aus <i>Thaumatococcus daniellii</i>)	2.000
Thio-Superaspartam	Derivat von Aspartam	50.000
Lugdunam	Guanidinessigsäure-Derivat	300.000 geschätzt

Der älteste (1878) synthetische Süßstoff Saccharin (Benzoessäuresulfimid-Natrium) hat eine etwa 300-675fache Süßkraft als Saccharose, aber insbesondere in höherer Konzentration einen bitteren metallischen Nachgeschmack. Da Saccharin im menschlichen Körper nicht verstoffwechselt, d. h. im Urin unverändert ausgeschieden wird (90% in 24 h), ist der Süßstoff in energiereduzierten Getränken, Konfitüren, Konserven und zuckerfreien Süßwaren sehr beliebt [25]. Bei Fütterungsversuchen mit hohen Dosen Saccharin hatte man bei Ratten die Entstehung von Blasenkrebs festgestellt [25]. Auch der Süßstoff Cyclamat (Natrium- bzw. Calciumsalz der Cyclohexylsulfaminsäure) stand zeitweise unter Verdacht, Blasenkrebs hervorzurufen zu können. Nach dem Krebsinformationsdienst des Deutschen Krebsforschungszentrums sind die in Deutschland zugelassenen Lebensmittelzusatzstoffe und Süßstoffe nach heutigem Kenntnisstand weder krebserregend, noch geht von ihnen eine andere Gefahr für die Gesundheit aus [26]. Da Saccharin die Süßkraft z. B. von anderen Zuckeraustauschstoffen und Süßstoffen wie Aspartam und Cyclamat verstärkt, werden in der Lebensmittelindustrie oft Mischungen dieser Substanzen verwendet. Dadurch werden eine niedrigere Dosierung und eine Verringerung nachteiliger Eigenschaften der einzelnen Süßstoffe möglich.

Zum Problem Süßstoffe und Krebs liegen zahlreiche Publikationen vor. Die Autoren von [27] schlussfolgern: „As many artificial sweeteners are combined in today's products, the carcinogenic risk of a single substance is difficult to assess. However, according to the current literature, the possible risk of artificial sweeteners to induce cancer seems to be negligible“.

Kalorienfreie Süßstoffe gehören zu den Nahrungsergänzungsmitteln, die weltweit einen sehr hohen Marktanteil besitzen. Sie erleichtern Diäten und sind insbesondere bei Diabetikern sehr beliebt. In jüngster Zeit ist jedoch nachgewiesen worden, dass diese künstlichen „kalorienarmen“ Süßstoffe die Zusammensetzung der Darmflora stören und dadurch eine Glucoseintoleranz erzeugen können. Die im Tierversuch getesteten Mäuse nahmen an Gewicht zu, der Blutzuckerspiegel stieg an. Auch beim Menschen konnte eine Dysbiose induziert werden. Süßstoffe mit zu vernachlässigendem Nährwert („non nutritive sweeteners“), von denen man bisher annahm, dass sie den Glukosespiegel normalisieren, können nach den Ergebnissen dieser Untersuchungen demnach eine gegenteilige Wirkung hervorrufen [28].

Süße Gifte und süße Drogen

In unserer modernen Welt gelten Kakao und Schokolade als unverzichtbare Lebens- und Genussmittel. Neben größeren Mengen an Zucker und Fett enthalten Kakao und Schokolade mehr als 400 Aromastoffe, die beim Rösten der fermentierten Kakaobohnen entstehen und weiterhin Theobromin (3,7-Dimethylxanthin), das in seiner chemischen Struktur dem Coffein ähnelt. Auf der Suche nach der angeblich aphrodisischen Wirkung von Kakao und Schokolade stieß man auf das „Glückshormon“ 2-Phenylethylamin und fand heraus, dass sich nach der Fermentation und Röstung der Phenylethylamin-Gehalt im Kakao erhöht [1,29]. Phenylethylamin bewirkt im Blut einen Anstieg des Blutzuckerspiegels.

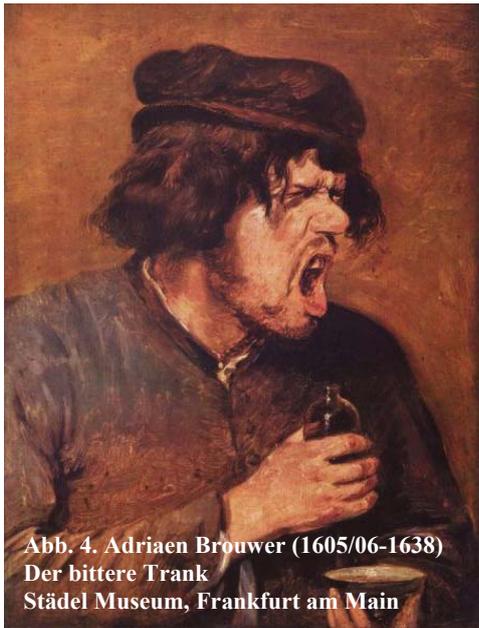


Abb. 4. Adriaen Brouwer (1605/06-1638)
Der bittere Trank
Städel Museum, Frankfurt am Main

Der süße Geschmack von Zucker und Schokolade kann dazu dienen, den unangenehmen Geschmack anderer Wirkstoffe zu überdecken. Bei einem spektakulären Giftmord in Worms im Februar 1954 (Giftmörderin Christa Lehmann) war das Mordwerkzeug eine mit E605[®] (Parathion) vergiftete Praline [30]. Ohne den süßen Schokoladengeschmack wäre der „selbst in größerer Verdünnung auffallende aromatische Geruch und bittere Geschmack“ des hochtoxischen Insektizids Parathion sicher bemerkt worden. Auch Medikamentwirkstoffe und Drogen können durch Zumischen von Zucker, Süßstoffen bzw. Schokolade in ihrem Geschmack stark verändert werden.

Im zweiten Weltkrieg diente den Soldaten die *Flieger-* bzw. *Panzerschokolade* als Verpflegung und hatte die besondere Eigenschaft, Hunger, Durst, Schmerzen, Müdigkeitsgefühle und Angstgefühle zu unterdrücken

und die motorischen Energiereserven des Körpers zu mobilisieren. Sie enthielt neben Kakao und Kaffee Auszüge aus der Kolanuss und auch **Methamphetamin**. Soldaten brachten diese Schokolade an Festtagen ihren Kindern mit nach Hause und wunderten sich, dass ihre Kinder nach dem Genuss der Schokolade Herzklopfen bekamen und unter Schlaflosigkeit litten. Der Wirkstoff Methamphetamin wurde als Medikament unter dem Namen Pervitin[®] im Jahr 1938 von den Temmler-Werken (Berlin) vermarktet, im Jahr 1941 der Rezeptpflicht unterstellt und war bis zum Jahr 1988 im Handel [31].

Heute gilt reines Methamphetamin als gefährliche Droge (Crystal Meth). Es bildet in reiner Form farblose Kristalle, die wie Kandiszucker aussehen. Drogenszenenamen sind Quarz, Glas, Ice etc. Der Name „Ice“ verweist darauf, dass beim Inhalieren der Droge im Körper ein starkes Kältegefühl entsteht. Die Droge unterdrückt Hunger, Schlaf, Schmerz, gibt einen „Energiekick“ und kann den User wahnsinnig machen. Nach Angaben deutscher Polizeibehörden steigt der Konsum dieser Droge von Jahr zu Jahr [32,33].

Nach neuerer Rechtsprechung des BGH wurde für (2S)-Methamphetamin der Grenzwert der nicht geringen Menge mit 5 g Methamphetamin-Base festgelegt (Urteil vom 3. Dez. 2008 -2 StR 86/08, BGHSt 53/89). Für das racemische Gemisch Methamphetaminracemat – (RS)-(methyl)(1-phenylpropan-2-yl)azan beginnt die nicht geringe Menge im Sinne des §29a Abs.1 Nr.2; §30 Abs.1 Nr.4 BtMG bei 10 g der wirkungsbestimmenden Base (17.11.2011; 3 StR 315/10). Damit wurde das (2S)-Isomere des Methamphetamins in seiner Gefährlichkeit in die Nähe des Kokains (nicht geringe Menge 4,5g Kokain-Base; BGH 2 StR 86/08) gerückt [33].

Anfang der 30er Jahre des letzten Jahrhunderts brachte die Schokoladenfirma Burkbraun in Cottbus eine Schokolade auf den Markt, die mit **Radiumsalzen** angereichert war. Grundlage war ein Reichspatent, das dem Nahrungsmittelchemiker Dr. Vera Senfter am 8. Nov. 1931 patentiert wurde [34]. Nach Angaben des Cottbuser Anzeigers vom 26.3.1930 sollte diese radiumhaltige Schokolade „*vor allem ein Nahrungsmittel für die sporttreibende Welt jeglichen Alters werden...Durch die der Schokolade innewohnende Energie wird überhaupt der gesamte Stoffwechsel des Menschen erhöht.*“ Werbeslogan: „*Das ganze Jahr im Radiumbade durch Burkbraun-Radium-Schokolade*“. Nach Übernahme durch die Firma Storck wurde die Firma Burkbraun gegen Ende des letzten Weltkriegs geschlossen [33].

Im Jahr 1985 erregte in Deutschland und in Österreich ein Lebensmittelskandal die Öffentlichkeit, als bekannt wurde, dass Weine mit **Diethylenglykol** als Süßungsmittel und Geschmacksverstärker gepanscht waren („*Mutter aller Panschereien...Frostschutzauslese in deutschen Kellern*“). Dieser Zusatzstoff wurde zunächst bei den amtlichen Weinkontrollen nicht bemerkt, die amtlichen Zuckertests wurden nicht beeinflusst und so flog dieser Skandal nur durch einen Zufall auf: ein Winzer wollte auffällig große Mengen Frostschutzmittel steuerlich geltend machen [35].

Bis ins 19. Jahrhundert wurde **Blei(II)-acetat** zur Geschmacksverbesserung des Weins verwendet. Der als Begründer der Homöopathie bekannte Chemiker und Arzt Samuel Hahnemann (1755-1843) publizierte im Jahr 1788 in *Crells Chemischen Annalen* (Leipzig) eine Vorschrift: „*Über die Weinprobe auf Eisen und Blei*“. Das Verfahren basiert auf dem Nachweis von Blei mit saurem Schwefelwasserstoffwasser und war spezifischer als die (seit 1707) übliche „*Württembergische Weinprobe*“, die auch auf Eisen positiv reagierte. Aus diesem Grunde wurde die Hahnemann'sche Weinprobe von der preußischen Regierung bei amtlichen Untersuchungen eingeführt [36,37].

Im Jahr 1798 entdeckte der französische Chemiker Louis-Nicolas Vauquelin ein neues Element, das er *Glucinium* nannte, weil seine Salze süß schmeckten (bekanntlich stecken Chemiker und Apotheker alles in den Mund). Der Name **Beryllium** für dieses Element wurde von der IUPAC erst im Jahr 1949 beschlossen und im Jahr 1957 offiziell eingeführt. Berylliumsalze schmecken zwar süß, sind aber hoch toxisch und karzinogen. Intoxikationen mit Beryllium-Verbindungen treten besonders bei der industriellen Verarbeitung auf [38,39].

Lebensmittelzusatzstoffe, die E-Nummern

Auf der Speisekarte fast jedes Restaurants findet der Gast heutzutage – kleingedruckte – Zahlenkürzel, die darauf hinweisen, dass der Koch bei der Zubereitung der Speisen nicht auf Hilfsmittel verzichten kann bzw. will. Zahlreiche Lebensmittelzusatzstoffe (Süßungsmittel, Farbstoffe, Konservierungsstoffe, Säuerungsmittel, Emulgatoren, Backtriebmittel u. a.) werden Lebensmitteln zugesetzt, um ihre Beschaffenheit zu beeinflussen oder bestimmte Eigenschaften zu erzielen [40]. In der EU ist seit 2003 die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) für die gesundheitliche Bewertung von Zusatzstoffen zuständig [40]. Alle in der EU zugelassenen Zusatzstoffe tragen eine E-Nummer. Gemäß der EG Verordnung Nr. 1333/2008 darf eine Zulassung für Zusatzstoffe nur erteilt werden, wenn sie gesundheitlich unbedenklich sind, sie technologisch notwendig sind und Verbraucher durch ihre Verwendung nicht getäuscht werden [40]. Eine E-Nummer wird erst nach Prüfung durch den wissenschaftlichen Lebensmittelausschuss der EU erteilt. Die umfangreiche Datenbank der Lebensmittel-Zusatzstoffe ist im Internet einsehbar [40-42]. „Viele Zusätze wie die meisten Aromastoffe, Enzyme oder technischen Hilfsstoffe tragen gar keine Nummerierung. Die Gesamtzahl der zur Herstellung von Lebensmitteln verwendeten Stoffe geht – vor allem aufgrund der zahlreichen Aromastoffe – in die Tausende“ [42].

Nach heutigem Kenntnisstand geht von den zugelassenen Zusatzstoffen keine Gesundheitsgefahr aus [26]. Zahlreiche Wissenschaftler und Journalisten warnen jedoch vor den gesundheitlichen Gefahren, die von den Lebensmittelzusatzstoffen im Essen ausgehen [43]. Die folgenden drei Beispiele sollen demonstrieren, welche Stoffe – ohne E-Nummern – in Lebensmitteln aufgefunden wurden:

Im Jahr 2000 berichteten schwedische Wissenschaftler über den Nachweis von **Acrylamid** (Propensäureamid) in Lebensmitteln [44,45]. Diese Verbindung, die normalerweise von der chemischen Industrie zur Herstellung von Polymeren und Farbstoffen produziert wird, darf nicht Lebensmitteln zugesetzt werden. Inzwischen wurde nachgewiesen, dass Acrylamid *in situ* beim starken Erhitzen von Lebensmitteln (insbesondere von Stärke) als Endprodukt einer Maillard-Reaktion von Aminosäuren (insbesondere Asparagin) mit reduzierenden Zuckern (z. B. Fruktose, Glukose) entsteht [46]. Da Acrylamid potentiell krebserregend wirkt, sollen modifizierte Herstellungsverfahren, z. B. mit Absenkung der Erhitzungstemperatur die Bildung von Acrylamid reduzieren. „This compound has been classified as probably carcinogenic in humans“ [46].

Im Jahr 2012 berichteten Stuttgarter Wissenschaftler über **bromierte Pflanzenöle** in Limonaden [47]. Diese Lebensmittel-Zusatzstoffe sind in Deutschland verboten, werden aber z. B. in den USA Soft Drinks zugesetzt, um als „weighting agents“ Aromastoffe in den Limonaden gleichmäßig zu verteilen. Da diese Soft Drinks in den USA einen relativ großen Marktanteil (ca. 15%) besitzen [47], können diese Limonaden im Zuge eines liberalisierten Reiseverkehrs auch nach Deutschland gelangen.

Im Jahr 2008 wurde in China ein Lebensmittelskandal aufgedeckt, bei dem **Melamin** (2,4,6-Triamino-s-triazin) in Milchprodukten nachgewiesen wurde. Melamin dient in der chemischen Industrie als Rohmaterial zur Herstellung von Kunstharzen und Klebstoffen. Im vorliegenden Fall wurde Milch durch kriminelle Machenschaften mit Melamin gepanscht, um bei der Analyse einen hohen Proteinanteil vorzutäuschen. Dieser Milchskandal hatte globale Auswirkungen und erregte weltweit großes Aufsehen [48].

Geschmacksverstärker

Im Jahr 1908 fand der japanische Wissenschaftler Ikeda Kikunae, dass „Mononatriumglutamat (MSG) die wirksame Komponente der in Japan seit langem zur Geschmacksverbesserung von Suppen und ähnlichen Lebensmitteln benutzten Alge *Laminaria japonica* ist ... Der Geschmack ist ... eine fünfte Qualität von elementarer Natur“ [1,13,49]. Die Geschmacksrichtung *umami* wurde inzwischen durch die Identifizierung eines Geschmacksrezeptors für MSG bestätigt [1]. Die Natrium-, Kalium-, Calcium-, Ammonium- und Magnesium-Salze der Glutaminsäure (E620) sind in der Liste der Geschmacksverstärker mit unterschiedlichen E-Nummern (E-621 bis E-625) aufgeführt. Geschmacksverstärker mit anderer chemischer Struktur sind in der Liste der Einzelstoffe mit den E-Nummern E 6xx gekennzeichnet [49]. Der in der Praxis der Lebensmittelindustrie am häufigsten verwendete Geschmacksverstärker Glutamat ist mit vielerlei Gesundheitsrisiken verbunden und hat deshalb einen schlechten Ruf [43]. In der wissenschaftlichen Literatur wird über zahlreiche, auch rechtsmedizinisch relevante Vergiftungsfälle mit Kopfschmerzen, Gliederschmerzen und Übelkeit berichtet. Diese Symptomatik ist unter dem Begriff *China-Restaurant-Syndrom* bekannt (u. a. [50]). Die Lebensmittelindustrie bietet aus diesem Grunde zur Geschmacksverstärkung Mischprodukte mit einem hohen Anteil an Aminosäuren und Aromen an, insbesondere Hefeextrakte, die zwar ca. 7 bis 8% Glutamat enthalten, aber auf der Verpackung nicht mit E-Nummern gekennzeichnet werden müssen. [43, 49]. „Die Extrakte aus Hefezellen mit Glutamatgeschmack zählen nicht als Zusatzstoff, sondern als würzendes Lebensmittel“ [43].

Phosphate

Phosphor (Phosphat) ist ein essentieller Bestandteil pflanzlichen, tierischen und des menschlichen Lebens. Man denke nur an DNA, ATP, Phytinsäure (Inositolhexaphosphat im Getreide), Calciumphosphate (als Bausteine der Knochen) u. a. Etwa 85% der jährlich geförderten Phosphatvorkommen (220 Millionen Tonnen) gehen in die Düngemittelindustrie, etwa 8% in die Tierernährung und ca. 7% in die Lebensmittelverarbeitung [51].

Die Mainzer Pharmazeutin Hertha Hafer stellte aufgrund eigener Erfahrungen mit ihrem Adoptivsohn die Theorie auf, dass ein Übermaß an Phosphaten in der Nahrung Ursache für hyperkinetische, motorisch unruhige Verhaltensstörungen bei Kindern (MzD – Minimale zerebrale Dysfunktion) sein kann, deren Auswirkungen durch Ernährung mit phosphat-reduzierter Kost gemildert werden können. Ihre Diätregeln gelten jedoch als umstritten [52,53].

Phosphate spielen eine wichtige Rolle im biologischen Energiestoffwechsel. Kinasen sind Enzyme, bei denen der γ -Phosphat-Rest von Adenosintriphosphat ATP auf eine Hydroxylgruppe eines Substrates übertragen wird. Dadurch können andere Moleküle, z. B. Enzyme aktiviert werden. Kinasen bilden somit einen molekularen Schaltmechanismus für viele biologische Prozesse der Zelle. „Mehr als 400 Krankheiten sollen mit Kinasen zusammenhängen“. Proteinkinasen gelten in der modernen Pharmaforschung als Drug Targets für das 21. Jahrhundert (S. Laufer, GDCh-Kolloquium, Freiburg/Brsg., 28. Juli 2014).

Zum Schluss eine Quizfrage

Kann eine Coke[®]-Limonade mit Blick auf die New Yorker Freiheitsstatue getrunken, eine andere Geschmacksempfindung auslösen, als das gleiche Produkt im Anblick des Pariser Eiffelturms oder des Berliner Brandenburger Tores? Ein Werbefachmann wird die Frage bejahen, unter Hinweis auf Werbeslogans der Zigarettenindustrie („Der Geschmack der großen weiten



Abb. 5. Pieter Bruegel der Ältere (1525/30-1569) Schlaraffenland
Alte Pinakothek, München

Welt“) mit dem Argument, dass jedes Getränk seine eigene, individuelle Note besitzt. Auch ein Naturwissenschaftler kann diese Frage bejahen unter Hinweis auf Presseinformationen, nach denen die Original Coke[®]-Limonade zwar mit Saccharose gesüßt wird, aber in verschiedenen Ländern der Erde unterschiedliche Begleitstoffe der Saccharose-Produktion enthält, in Europa vorwiegend Rübenzucker, in Asien Rohrzucker und in den USA Mais-Sirup-Zucker [20].

Das Geschmacksempfinden hängt vom Ort ab, wo man isst und trinkt.

Einsteins Relativitätstheorie – im Zeitalter der Globalisierung leicht modifiziert.

Literatur

- [1] Belitz HD Grosch W. Schieberle P. Lehrbuch der Lebensmittelchemie, 6. Aufl., Springer-Verlag, Heidelberg (2012).
- [2] Ohloff G. Pickenhagen W. Kraft P. Scent and Chemistry: The Molecular World of Odors. Verlag Helvetica Chimica Acta Wiley-VCH, Zürich (2012).
- [3] Logemann E. Duftende Impressionen: Die Welt der Riech- und Duftstoffe. ToxichemKrimtech 81(2) 84-91 (2014).
- [4] Cygankiewicz AI Maslowska A Krajewska WM Molecular Basis of Taste Sense: Involvement of GPCR Receptors. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 54, 771-780 (2014).
- [5] Chandrashekar J. Hoon MA Ryba NJ Zuker CS The receptors and cells for mammalian taste. Nature 444 (7117) 288-294 (2006).
- [6] Temussi P. The history of sweet taste: not exactly a piece of cake. Journal of Molecular Recognition 19, 188-199 (2006).
- [7] Temussi P. The Sweet Taste Receptor: A Single Receptor with Multiple Sites and Modes of Interaction. Adv. Food Nutr. Res. 53, 199-239 (2007).
- [8] Freeman EG Wisotsky Z. Dahanukar A. Detection of sweet tastants by a conserved group of insect gustatory receptors. PNAS 111 (4) 1598-1603 (2014).
- [9] Andres-Barquin PJ Conte C. Review: Molecular Basis of Bitter Taste. Cell Biochemistry and Biophysics 41, 99-112 (2004).
- [10] Oka Y. Butnaru M. vonBucholtz L. Ryba NJP Zuker CS High salt recruits aversive taste pathways. Nature 494, 472-475 (28. Febr. 2013).
- [11] [http://de.wikipedia.org/wiki/Geschmack_\(Sinneseindruck\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Geschmack_(Sinneseindruck))
- [12] <http://www.anatomie.net/unterricht/Skripte/geschmack.pdf>
- [13] <http://de.wikipedia.org/wiki/Umami>
- [14] Laugerette F. Passilly-Degrace P. Patris B. Niot I. Febbraio M. Montmayeur JP Besnard P. CD36 involvement in orosensory detection of dietary lipids, spontaneous fat preference, and digestive secretions. J. Clin. Invest. 115(11) 3177-3184 (2005).
- [15] Galindo MM Voigt N. Stein J. vanLengerich J. Raguse JD Hofmann T. Meyerhof W. Behrens M. G Protein-Coupled Receptors in Human Fat Taste Perception. Chemical Senses 37(2) 123-139 (2012).
- [16] http://de.wikipedia.org/wiki/Geschmackliche_Schärfe
- [17] Scoville WL Note on Capsicums. The Journal of the American Pharmacists Association Vol.1(5),453-454 (1912). <http://de.wikipedia.org/wiki/Scoville-Skala>
- [18] Kirschbaum B. Atlas und Lehrbuch der Chinesischen Zungendiagnostik; Bd.1(2.Aufl.), Bd.2 ,Verlag für ganzheitl. Medizin; Dr. Erich Wühr, Bad Kötzing (2002).
- [19] <http://de.wikipedia.org/wiki/Zucker> ; <http://en.wikipedia.org/wiki/Sweetness>
- [20] <http://de.wikipedia.org/wiki/Coca-Cola>
- [21] NJW 2005, 2713 ff.
- [22] Heß C. Detektion diabetischer Stoffwechsellage (Hypo- und Hyperglykämie) bei forensischen Fragestellungen. Toxichem Krimtech 81(2), 74-83 (2014).
- [23] FRANKFURTER ALLGEMEINE ZEITUNG Nr. 112, S. 23 (15. 5.2014);
- [24] Platt T. Das süße Glück aus dem Glas. FRANKFURTER ALLGEMEINE SONNTAGSZEITUNG Nr. 25, S. 51 (22. 6. 2014).
- [25] <http://de.wikipedia.org/wiki/Saccharin>
- [26] <http://www.krebsinformationsdienst.de/vorbeugung/risiken/lebensmitt...>
- [27] Weihrauch MR, Diehl V. Artificial sweeteners - do they bear a carcinogenic risk? Ann. Oncol. 15(10), 1460-1465 (2004).
- [28] Suez J. et al. Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota. Nature 514, 181-186 (09 Oct. 2014).
- [29] <http://de.wikipedia.org/wiki/Schokolade>
- [30] Wagner HJ Vom stummen Frühling bis zum Mord. Zur Geschichte der Insektizide – speziell E605. GTFCh-Symposium: Toxikologische Aspekte der Sterbehilfe; Neue Drogen – chemische, analytische und toxikologische Aspekte, Hrsg. F. Pragst, R. Aderjan; S. 106-118, Verlag Dr. Dieter Helm, Heppenheim (2001);
- [31] Hurst F. 75 Jahre „Pervitin“; Großvater des Crystal Meth SPIEGEL ONLINE (17.05.2013); <http://www.spiegel.de>
- [32] Kaanen S. Crystal ist keine Partydroge mehr! Ärzteblatt Sachsen 8/2014, 328-332 (2014).
- [33] Logemann E. Berausende Mittel in Südbaden, 1. Symposium Betäubungsmittelstrafrecht (Januar 2005 St. Märgen), Hrsg. Vereinigung Baden-Württ. Strafverteidiger e.V., S. 101-136. ISBN 978-3-9807059-6-7
- [34] Reichspatentamt, Patentschrift Nr. 633959 Klasse 30h, Gruppe 2, Patentiert im Deutschen Reich vom 8. Nov. 1931 ab; Verfahren zur Herstellung radioaktiver Schokolade. Erfinder Dr. Vera Senfter in Berlin (23. Juli 1936).
- [35] <http://de.wikipedia.org/wiki/Glykolwein-Skandal>
- [36] http://de.wikipedia.org/wiki/Samuel_Hahnemann
- [37] Gensthaler GM: Beethoven und Blei; Tödliches Zusammenspiel. Pharmazeutische Zeitung online, Ausgabe 30/2001. GOVI Verlag. <http://www.pharmazeutische-zeitung.de>
- [38] Truhaut R. Un nouveau probleme d'hygiene industrielle; les intoxications par le glucinium ou beryllium. Annales pharmaceutiques francaises. 8(2), 124-148 (1950).
- [39] <http://de.wikipedia.org/wiki/Beryllium>
- [40] http://www.bfr.bund.de/de/bewertung_von_lebensmittelzusatzstoffen...
- [41] <http://www.gifte.de/Lebensmittel/e-nummern.htm>
- [42] <http://www.zusatzstoffmuseum.de/lexikon-der-zusatzstoffe.html>
- [43] Grimm HU Chemie im Essen; Lebensmittel-Zusatzstoffe. Wie sie wirken, warum sie schaden. Knaur Taschenbuch, München (2013).
- [44] Tareke E. Rydberg P. Karlsson P. Eriksson S. Törnqvist M. Acrylamide: a cooking carcinogen? In: Chemical research in toxicology. 13 (6), 517-522 (Juni 2000).
- [45] <http://de.wikipedia.org/wiki/Acrylamid>
- [46] Mottram DS Wedzicha BL Dodson AT; Food chemistry: Acrylamide is formed in the Maillard reaction. Nature 418, 448-449 (2002).
- [47] Bendig P. Maier L. Vetter W. Brominated vegetable oil in soft drinks – an underrated source of human organobromine intake. Food Chemistry 133 (3), 678-682 (2012).
- [48] http://de.wikipedia.org/wiki/Chinesischer_Milchskandal
- [49] <http://de.wikipedia.org/wiki/Geschmacksverst%C3%A4rker>
- [50] Rudin O. Stauffer E. Cramer Y. Krämer M. Glutaminsäure - Gruppenintoxikation. Sogenanntes China-Restaurant-Syndrom. Beiträge zur gerichtl. Medizin 47, 69-71 (1989)
- [51] Staffell T. Phosphate – mehr als Dünger und Reiniger. GDCh Nachr. aus der Chemie 62, 862-865 (Sept. 2014).
- [52] Hafer H. Die heimliche Droge Nahrungsmittelphosphat: Ursache für Verhaltensstörungen, Schulversagen und Jugendkriminalität. 5. Aufl. Hüthig Verlagsgem. GmbH, Heidelberg (1990).
- [53] http://de.wikipedia.org/wiki/Hertha_Hafer
- [54] Abbildung 1 fr.wikipedia.org. Abbildungen 2-5 de.wikipedia.org