

## Zuckermythen

## Alles Zucker – oder was?

SUSANNE BICKEL



*Die Grundnahrungsmittel des Menschen sind Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße. Haushaltszucker (Saccharose) gehört zu den Kohlenhydraten, ist also im Prinzip ein Grundnahrungsmittel. Die Evolution hat uns Menschen mit der Vorliebe für Süßes versehen. Süße Beeren oder Wurzeln signalisieren: „keine Gefahr“, und schon die Muttermilch ist süß. Sind zuckerreiche Lebensmittel schädlich für die Gesundheit? Hierzu gibt es kontroverse Meinungen selbst unter Ärzten und Wissenschaftlern.*

**I**m ersten Teil unseres Zweiteilers haben wir uns mit der Herkunft und der Gewinnung des Zuckers beschäftigt. Im zweiten Teil schauen wir uns auch Zuckeraustausch- und Süßstoffe an und beleuchten den Zucker aus ernährungsphysiologischer Sicht. Die Ernährungsmedizin beschäftigt sich unter anderem mit der Entwicklung ernährungstherapeutischer Anwendungen und versucht, diese Ernährungstherapien in allen Teilbereichen der Medizin zu etablieren. Dieser Ansatz ist löblich, denn in der heutigen Medizin fehlt häufig die ganzheitliche Betrachtung des Menschen. Es gibt aber kaum ein Gebiet der Medizin, in dem mehr pseudowissenschaftliche Unwahrheiten propagiert werden als in diesem Bereich. Und es gibt kaum einen Bereich mit mehr selbst ernannten „Ernährungsexperten“! Im Internet gibt es unzählige dieser selbst ernannten „Experten“, die sich auf die Ernährungsmedizin berufen und die unsinnigsten Behauptungen auf-

stellen. Da wird Zucker als Gift deklariert und als Ursache für alle Kalamitäten hingestellt, von der gestörten kindlichen Entwicklung, Hyperaktivität, Adipositas, bis hin zu Problemen im Alter und allen möglichen gerade aktuell im Fokus befindlichen Krankheiten. Aus diesem Grund soll das Thema hier sachlich aufgearbeitet werden.

### Natürliche Zuckerquellen

Nachdem im letzten Heft die Weltwirtschaftspflanzen Zuckerrohr und Zuckerrübe beschrieben wurden [1], sollen hier zunächst einige weitere interessante zuckerliefernde Pflanzen vorgestellt werden. Das Disaccharid Saccharose (Rohr- bzw. Rübenzucker) wird im Pflanzenreich nur in Ausnahmefällen gespeichert, da es wasserlöslich und osmotisch aktiv ist. Stärke kann dagegen problemlos in der Zelle abgelegt werden und verursacht keine osmotischen Veränderungen im Zellsaft. Die meisten Rüben und Knollen speichern deshalb Stärke, aus deren Abbau die Pflanze ihre Energie gewinnt.

**Zuckerahorn (*Acer saccharum*)** ist in Nordostamerika und in Kanada heimisch. Es handelt sich um einen stattlichen Baum, der bis zu 40 m hoch werden kann. Das handförmig gelappte Blatt des Zuckerahorns ist das Staatssymbol Kanadas. Der Ahorn gehört zur Familie der Sapindaceae (Seifenbaumgewächse), zu der auch die Rosskastanie gehört. Die Zuckerproduktion aus der gespeicherten Stärke in den Markstrahlen des Stammes setzt im zeitigen Frühjahr ein. Stärke wird dann in Saccharose zurückverwandelt und diese über das Phloem zu den austreibenden Knospen geleitet, wo sie für das Wachstum und die Entwicklung der Blätter benötigt wird.

Man vermutet, dass schon die Indianer diese Zuckerquelle genutzt haben. Von Mitte Februar bis Mitte März

werden Bäume, die älter als 20 Jahre sind, ausgewählt und etwa 1 m über dem Erdboden angebohrt (Abbildung 1a). Ein Baum kann ca. 100 Jahre lang angezapft werden. Der Saft enthält etwa 2 bis 4 Prozent Saccharose. Pro Zapfstelle werden 20 bis 60 l Saft gewonnen, die in flachen Pfannen über Holzfeuern bis auf 34 Prozent Wasser eingedampft werden; der Saft enthält dann etwa 60 Prozent Zucker. Beim Kochen und Verdampfen bilden sich typische Aromakomponenten und die gelblich-braune Farbe des Sirups. Seit mehreren Jahrzehnten wird die Ausbeute an zuckerhaltigem Phloemsaft erhöht, indem man mehrere angezapfte Bäume durch Schläuche miteinander verbindet und an eine Vakuumpumpe anhängt (Abbildung 1b). Die Ausbeute fließt dann über Rohrleitungen direkt zum Kesselhaus, wo sie eingedampft wird. Alternativ wird die Ausbeute aus Sammel tanks in Tankwagen gepumpt, die sie dann zu den Produktionsstätten fahren [2]. In den Handel kommen entweder der Sirup (Maple syrup, Abbildung 2) oder auskristallisierter Zucker, der als Blockzucker oder Streuzucker gehandelt wird. Pro Baum und Jahr werden etwa 0,9 bis 1 kg Ahornsirup mit 66,8 Prozent Trockensubstanz



**ABB. 1** a) Stamm des Zuckerahorns (*Acer saccharum*) mit Zapfgefäß, b) Angezapfter Zuckerahorn an der Saft-Pipeline. Foto: Oven Fresh via Wikimedia Commons.



**ABB. 2** Ahornsirup (Maple syrup) aus dem Reformhaus.

### IN KÜRZE

- Es gibt zahlreiche Pflanzen aus denen regional Zucker gewonnen und verwertet wird, darunter der **Zuckerahorn, die Zuckerhirse und etliche Palmenarten.**
- Zuckeralkohole in Lebensmitteln und Süßigkeiten sind entgegen vieler Annahmen nicht kalorienfrei. Natürliche Süßstoffe wie Steviosid, Thaumatin und Neohesperidin haben nur vernachlässigbare Kalorien und besitzen ein **Vielfaches an Süßkraft** im Vergleich zu Saccharose.
- Der Begriff „Industriezucker“ suggeriert, es mit einem anderen oder künstlicheren Stoff zu tun zu haben als im Falle der Saccharose aus der Nahrung. Da es sich um gereinigte Saccharose aus Nahrungspflanzen handelt, ist zugesetzter Zucker zur Nahrung **nicht schädlicher** als in den Nahrungspartikeln bereits enthaltener.
- Erwachsene setzen pro Tag mindestens 180 g Glukose um, 140 g davon allein für das Gehirn. Der minimale Glukose-Bedarf pro Tag beträgt ungefähr 150 g/Tag. Bei einem gesunden Menschen ist dabei vollständig belanglos, woher die Glukose stammt, aus Zuckerrübeneintopf oder einer Portion gereinigter Saccharose (Haushaltszucker); der **Energieinhalt ist der Gleiche.**
- Es gibt zahlreiche Zuckermärchen, die noch aus den Kinderschuhen der Biochemie und/oder aus falsch verstandenen und aus dem Zusammenhang gerissenen biochemischen Abläufen stammen. Zucker (Saccharose) ist kein Vitaminräuber und kein Gift. Zuckerkonsum macht nicht abhängig wie eine Droge und ist auch nachgewiesenermaßen **nicht die alleinige Ursache** für Diabetes und Adipositas.
- Vorsicht ist geboten bei hohen Konzentrationen an **versteckten Zuckern**, beispielsweise in Getränken für Kinder. Es ist aber nicht falsch, vor einer Konzentration fordernden Arbeit etwas Süßes zu sich zu nehmen, da das Gehirn auf Glukose angewiesen ist und dem Blut bis zu 90 Prozent dieses Energieträgers entziehen kann. Unterzuckerung äußert sich in Konzentrationsschwäche und Müdigkeit.



**ABB. 3** Zuckerhirse (*Sorghum dochna*) im Botanischen Garten Düsseldorf, Ausschnitt: Rispe der Zuckerhirse mit reifen Körnern.

gewonnen [3]. Kanada ist das Hauptexportland für Ahornsirup: Es exportierte 2016 rund 45.000 Tonnen Ahornzucker- und Sirup. In den USA (Vermont) wird ebenfalls Ahornsirup produziert, allerdings nur etwa 10 Prozent der kanadischen Menge (nach Faostat, FAO 2018).

**Zuckerhirse** (*Sorghum dochna* L.) gehört wie Zuckerrohr zu den Süßgräsern und ist mit der Mohrenhirse (*Sorghum bicolor*) nah verwandt. Letztere speichert auch Saccharose in ihrem Mark, allerdings in geringerer Konzentration. Beide Hirsen haben ihre Heimat in Äquatorialafrika. Die Pflanzen erinnern in ihrem Aussehen an Mais, werden allerdings bis zu 5 m hoch (Abbildung 3). Die Pflanze trägt lange, bandförmige Blätter und verzweigt sich gelegentlich an den Nodien. Fruchtstände stehen aufrecht an der Spitze der Halme und sind lockere Rispen von bis zu 60 cm Länge, deren Ästchen je zwei Ährchen tragen. Das obere Ährchen trägt eine zwittrige, das untere zwei - häufig sterile - männliche Blüten. Die unbespelzten

Körner sind 4–5 mm dick und von gelblich-rötlicher Farbe (Abbildung 3, Ausschnitt). Zuckerhirse wird heute hauptsächlich in den südöstlichen Staaten der USA bis hin zum Golf von Mexiko und in Brasilien angebaut. Die Sorghumsirup-Produktion wurde in den USA etwa 1850 eingeführt und erlebte im 19ten und frühen 20sten Jahrhundert ihre Blüte. Der zweite Weltkrieg mit dem schwindenden Potenzial an Farmarbeitern sorgte dann für die Reduktion der Produktion, die auch später nicht wieder aufgenommen wurde. Der Zellsaft der Zuckerhirse ist schwer zu reinigen, da er gummiartige Substanzen und einen größeren Anteil an Glukose enthält; daher kommt er nur als dickflüssiger Sirup in den Handel [2, 3].

Bedeutendster Vertreter der zuckerliefernden Palmen ist die Zuckerpalme (*Arenga pinnata*), die im indomalayischen Archipel wild vorkommt. Palmzucker hat in Indien, Indonesien und auf den Philippinen eine gewisse Bedeutung. Die Palme ist leicht erkennbar durch die kräftigen Blattbasen, die am Stamm verbleiben, wenn die Blätter abgefallen sind. Zuckerhaltiger Saft wird unter anderem aus den Palmen *Phoenix sylvestris* (Silber-Dattelpalme), *Borassus flabellifer* (Palmyra-Palme), *Cocos nucifera* (Kokospalme) und *Caryota urens* (Fischschwanz-Palme oder Brennpalme) gewonnen. Die Gewinnung des Palmsaftes erfolgt durch Anzapfen der Palme im Kronenbereich oder am Blütenstand nach dem achten Lebensjahr des Baumes. Die Lebensdauer der Palmen beträgt zwischen 40 und 100 Jahren. Der süße Palmsaft enthält 10–14 Prozent Saccharose. Er wird in der Regel direkt bis zur Auskristallisierung eingekocht. Das Kristallzucker-Sirup-Gemisch wird dann in Gefäße gegossen und getrocknet. Palmzucker besitzt einen charakteristischen Eigengeschmack und wird daher auf den einheimischen Märkten geschätzt.

Anders ist es bei der Honigpalme (*Jubaea chilensis*) in Chile (Abbildung 4). Diese Palme ist ein Flaschenbaum: Sie speichert in ihrem flaschenförmigen Stamm über viele Jahre hinweg Nährstoffe für die Blüte. Im Alter von etwa 60 Jahren wird sie gefällt, um den Saft mit dem im Stamm gespeicherten Zucker zu erhalten. Beim Fällen des Baumes lässt man aber einige Gefäße mit einigen weitreichenden Wurzeln verbunden. Nach der Entfernung des Blattschopfes mit dem Sprossscheitel fließt dort für mehrere Monate zuckerhaltiger Saft aus. Der Saft wird eingedickt und kommt als Palmhonig in den Handel [2].

### Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe

Häufig werden heute Zuckeralkohole als Zuckerersatzstoffe (Zuckeraustauschstoffe) eingesetzt, die einen geringeren Einfluss auf den Blutzuckerspiegel haben als gewöhnlicher Haushaltszucker und kein Insulin benötigen, um abgebaut zu werden. Sie besitzen eine ähnliche Süßkraft wie Zucker. Wenn man allerdings meint, derartige zuckerfreie Bonbons seien ohne Kalorien, hat man sich getäuscht: der physiologische Brennwert der Zuckeralkohole liegt mit 10 kJ/g (2,4 kcal/g) bei etwa 57 Prozent von dem des Haushaltszuckers. Die Zuckeralkohole werden

entweder durch Reduktion der Aldehydgruppe bzw. Ketogruppe im Ausgangszucker synthetisiert oder durch biokatalytische Umsetzung mit lebenden Mikroorganismen hergestellt. Zuckeraustauschstoffe sind nicht mit Süßstoffen zu verwechseln, da sie grundsätzlich aus dem zugrundeliegenden Zucker erhalten werden können. Das Zusatzstoffrecht erlaubt die Verwendung von sieben Zuckeralkoholen für bestimmte Lebensmittel (Tabelle 1).

Nicht zu verwechseln mit den Zuckeraustauschstoffen (Zuckeralkohole) sind die Süßstoffe. Auch hier gibt es natürlich vorkommende und künstlich hergestellte oder zumindest partiell chemisch veränderte Süßungsmittel. Man kann sie einteilen in völlig kalorienfreie Süßstoffe, die nicht verstoffwechselt, sondern unverändert wieder ausgeschieden werden (Acesulfam, Cyclamat, Saccharin) und solche, die zwar verstoffwechselt werden, aber wegen der geringfügigen Menge, die aufgenommen wird, eine vernachlässigbare Kalorienzufuhr bedingen. Letztere bestehen aus Aminosäuren, sind kleine Proteine (Aspartam, Thaumatin) oder gehören zu den Terpenoiden (Steviol, Abbildung 5a) oder Polyphenolen, die aus Zitrusfrüchten gewonnen werden können und dort den bitteren Geschmack verursachen (z. B. Neohesperidin). Tabelle 2 fasst einige Süßstoffe samt ihrem Süßkraftfaktor (Haushaltszucker = 1) und der jeweils erlaubten Tagesdosis zusammen. Auch bei den Süßstoffen findet man natürliche Süßungsmittel:

Steviolglycoside werden beispielsweise aus den Blättern der Pflanze *Stevia rebaudiana*, einer südamerikanischen Komposite (Abbildung 5b) gewonnen. Man extrahiert das Glycosid (ein Diterpen, das mit drei Zuckerresten verbunden ist), reinigt es und konzentriert es auf. Anschließend wird es getrocknet. In Europa sind Steviolglycoside seit 2011 als Süßstoffe zugelassen [4]. In Abbildung 6 sind einige Stevia-Produkte gezeigt.

### Zucker aus ernährungsphysiologischer Sicht

Was passiert im Körper mit dem Zucker aus der Nahrung? Zunächst einmal ist es wichtig zu wissen, dass Zucker, der

der Nahrung zugesetzt wird, chemisch gesehen nicht anders ist und auch nicht anders verdaut wird, als der, der sich von Natur aus bereits in der Nahrung befindet. Insofern gibt es keinen „Industriezucker“, der im Stoffwechsel etwas anderes bewirkt als die in den Nahrungspartikeln bereits vorhandene Saccharose.

### Resorption und Energieinhalt

Stärke und Glykogen bestehen aus langen Ketten von miteinander verknüpften Glukosemolekülen. Getreidekörner bestehen zu etwa 75 Prozent aus Stärke, Kartoffeln zu 65 Prozent (Trockenmasse). Ein Getreidemüsli muss zunächst gut zerkaut werden, damit die Stärke daraus aufgeschlossen werden kann. Über den Magen-Darm-Trakt gelangt der Speisebrei in den Dünndarm, wo die darin enthaltenen noch längeren Ketten zunächst zu kürzeren Ketten, dann zu dem Disaccharid Maltose und schließlich zu Glukose abgebaut werden. Diese muss dann durch die Darmmukoszellen hindurch und ins Blut transportiert werden. Da dies ein langer Weg ist, greifen Sportler zu Produkten wie Traubenzuckertabletten, Power-Riegeln oder Hochleistungsgetränken, die Glukose enthalten.

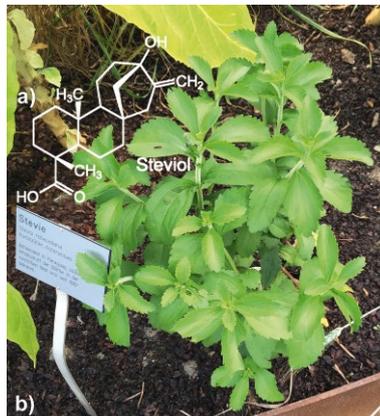
Erwachsene setzen pro Tag mindestens 180 g Glukose um, 140 g davon allein für das Gehirn. Der minimale Glukose-Bedarf pro Tag beträgt ungefähr 150 g/Tag [5]. Es ist dabei vollständig belanglos, woher die Glukose stammt, aus Zuckerrübenentopf oder einer Portion gereinigter Saccharose (Haushaltszucker): Der Energieinhalt ist der Gleiche!

Im Dünndarmsaft werden alle Zweifachzucker (Maltose, Laktose, Saccharose, Abbildung 7), unabhängig von ihrer Herkunft, zu Einfachzuckern (Glukose, Fruktose, Galaktose) abgebaut. Nur so können die Zuckermoleküle über die Darmwand in das

Blut gelangen. Glukose ist der Brennstoff für die Energiegewinnung in den Zellen und wird sofort im Körper verteilt und vor allem ins Gehirn aufgenommen. Die anderen Einfachzucker (Monosaccharide) müssen in der Leber zunächst umgewandelt werden. Alle verstoffwechselbaren Monosaccharide liefern eine Energie von rund 17,4 kJ/g



**ABB. 4 Honigpalme (*Jubaea chilensis*).** Foto: SteffenMP via German Wikipedia project.



**ABB. 5 a) Steviosid ist ein Terpenoid mit großer Süßkraft. Gezeigt ist das Aglycon (Glycosid ohne Zuckerreste) Steviol. Es stammt aus der Stevie (*Stevia rebaudiana*). b) Hier ein Exemplar aus dem Botanischen Garten Düsseldorf.**

**TAB 1. ZUCKERAUSTAUSCHSTOFFE** (nach [6])

Zuckeraustauschstoff	Hergestellt durch/in; Vorkommen	E-Nummer (Zusatzstoffliste der Europäischen Union)	Süßkraft (% von Haushaltszucker)
Sorbitol (Glucitol, Sorbit)	Reduktion von Glukose; kommt natürlich vor, z. B. in Eberesche und Pflaumen	E420	40–60
Maltitol (Maltit)	Reduktion des Disaccharids Maltose aus Stärke; häufig Maisstärke	E965	60–90
Mannitol (Mannit)	Reduktion von Mannose; natürlich in Pflanzen, Algen, Bakterien	E421	30–40
Xylitol (Xylit)	Reduktion von Xylose (Holzzucker, eine Pentose); kommt natürlich vor in Blumenkohl, Pflaumen, Birkenrinde, Pilzen	E967	100
Erythritol (Erythrit)	durch mikrobielle Umwandlung von Glukose und Saccharose; natürlich in Käse, Obst, Pistazien	E968	60–80
Lactitol (Lactit)	Katalytische Hydrierung von Laktose (Milchzucker); kommt nicht natürlich vor	E966	30–40
Isomalt (Palatinin)	einem mehrstufigen Prozess aus Saccharose und Isomaltulose (Isomer der Saccharose); natürlich in Zuckerrüben	E953	50

**TAB 2. GEBRÄUCHLICHE SÜSSSTOFFE** (nach [5])

Süßstoff	E-Nr.	Herstellung/Chemie	Süßkraft-Faktor	Erlaubte Tagesdosis mg/kg Körpergewicht
Acesulfam	E950	Synthetisch, Oxathiacinring (Heterocyclus mit N, O und S)	130–200	15
Cyclamat	E952	Synthetisch, Cyclohexylsulfaminsäure	30–50	11
Saccharin	E954	Synthetisch, Benzoesäuresulfimid	300–500	5
Aspartam	E951	Chemisch oder enzymatisch, Methylester des Dipeptids aus Asparaginsäure und Phenylalanin	180–200	40
Thaumatococin	E957	Natürlich, aus <i>Thaumatococcus danielli</i> (westafrikanische Katamfe-Pflanze), Protein aus 207 Aminosäuren	2000–3000	unbegrenzt
Steviosid (Steviolglycoside)	E960	Natürlich, aus <i>Stevia rebaudiana</i> (Stevia-Pflanze), Glycosid des Diterpens Steviol	100–150	4 (kontrovers)
Neohesperidin	E959	Partiell natürlich, hergestellt aus Naringin, einem Bitterstoff aus Zitrusfrüchten (Flavonoid)	1000	5

(40 kcal/g). Saccharose ist weder ein Vitaminräuber noch löst die Aufnahme Calcium-Mangel oder sonst irgendeinen Mangel aus – es sei denn, man möchte sich ausschließlich von Zucker ernähren. Solche Zuckermärchen stammen aus den Kinderschuhen der Stoffwechsel-Biochemie. Vitamine können im Stoffwechsel nicht „geraubt“ werden. Sie sind Katalysatoren, werden nur in kleinsten Mengen

benötigt und gehen aus jeder Reaktion unverändert hervor, können also immer weiter verwendet werden.

Die Resorption (= Aufnahme in die Darmmukoszellen und Wiederabgabe ins Blut) der Monosaccharide über die Darmwand erfolgt mit unterschiedlicher Geschwindigkeit. Glukose und Galaktose werden am schnellsten resorbiert, Fruktose folgt mit etwa 70 Prozent der Geschwindigkeit, alle anderen Einfachzucker mit etwa 10–20 Prozent der Geschwindigkeit der Glukoseaufnahme. Auch die Zuckeralkohole werden langsam resorbiert (10–20 Prozent der Geschwindigkeit von Glukose). Das ist letztendlich ein Grund für die abführende Wirkung von Sorbitol und Genossen: Wird die Kapazität der Verdauungssysteme in der Darmwand überschritten, gelangen Zuckeralkohole in den Dickdarm, wo sie Wasser binden und von Mikroorganismen partiell verdaut werden. Das führt zu Blähungen und Durchfall [6].

**ABB. 6 Stevia-Produkte im Reformhaus**



### Geht es auch ohne Kohlenhydrate?

Über die Nahrung nehmen wir nicht nur Kohlenhydrate, sondern auch Fette und Proteine (Eiweiße) auf. Proteine

werden zu Aminosäuren, Fette in Fettsäuren und Glycerin gespalten. Diese Moleküle werden weiter abgebaut zu Einheiten mit zwei Kohlenstoffatomen (Essigsäure), die dann für die Energiebereitstellung verstoffwechselt werden. Das heißt, sie werden über den Citronensäurezyklus und die Atmungskette zu Kohlenstoffdioxid und Wasser abgebaut. Die dabei frei werdende Energie wird in den universellen Energiespeicher ATP gesteckt. Die Anzahl der entstandenen Essigsäuremoleküle aus den verschiedenen Nährstoffen ist unterschiedlich. Bei Fetten gibt es bedingt durch die langen Fettsäuremoleküle, eine hohe Ausbeute, daher ist auch die Energieausbeute um einen Faktor 2,3 höher als bei Kohlenhydraten (Tabelle 3). Sie eignen sich deswegen – aber auch weil sie nur wenig Speicherplatz benötigen und osmotisch unwirksam sind – als Reserveenergiespeicher. Kohlenhydrate werden dagegen als Glykogen hauptsächlich im Muskel gespeichert, stehen dort dem Gesamtorganismus (über den Blutkreislauf) aber nicht mehr zur Verfügung. In der Leber können ca. 100 g Glykogen gespeichert werden. Überschüssige Kohlenhydrate werden dort abgebaut oder zu Triglyceriden (Fette) metabolisiert, die wiederum gespeichert werden. Beim Abbau von Proteinen (Aminosäuren) entsteht neben Kohlenstoffdioxid und Wasser auch Ammoniak. Dieser ist ein Zellgift und muss über den Harnstoffzyklus unter Energieaufwand wieder ausgeschieden werden. Daher entspricht der physiologische Brennwert von Proteinen nicht dem physikalisch messbaren Brennwert wie bei Kohlenhydraten und Fetten, die vollständig zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut werden. Stattdessen geht ein Teil der aus Proteinen aufgenommenen Energie immer über den Urin verloren [6].

Da Glukose für das Gehirn die einzige wichtige Energiequelle ist, muss der Körper in Hungerphasen auf Proteine aus den Muskeln ausweichen. Aminosäuren aus Muskelprotein gelangen zur Leber und werden dort im Prozess der Gluconeogenese zur Glukose umgebaut. Zur Vermeidung des Muskelabbaus sollten in jedem Lebensalter mindestens 25 Prozent der Nahrung aus Kohlenhydraten bestehen [6]. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfiehlt gesunden Menschen mindestens 50 bis 60 Prozent des Tagesbedarfs mit Kohlenhydraten zu decken, wobei den komplexen Kohlenhydraten (Getreide, Kartoffeln, Gemüse) der Vorzug gegeben werden sollte, weil damit gleichzeitig Ballaststoffe, Vitamine und Mineralien aufgenommen werden. Es gibt allerdings große Unterschiede in den Angaben dazu, wie die Zusammensetzung der Nährstoffkomponenten in der Nahrung sein sollte, da

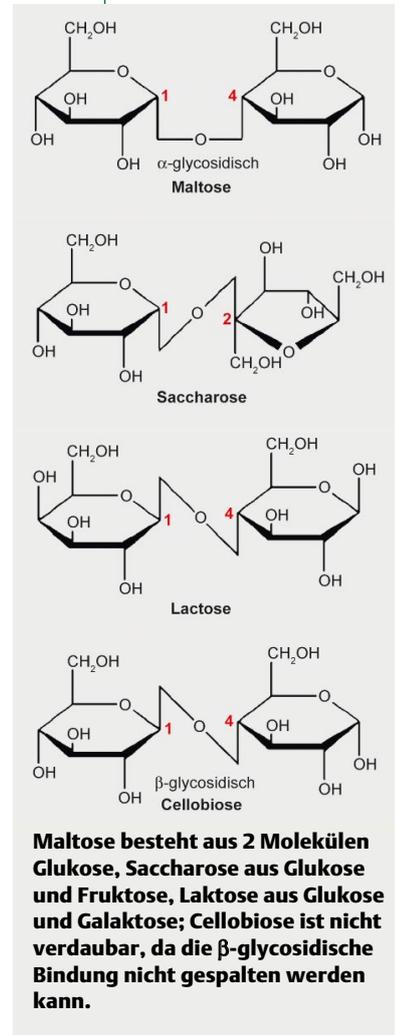
diese unter ganz unterschiedlichen Voraussetzungen (unterschiedliche Ernährungsweisen, Bevölkerungsgruppen, Krankheiten, Vermeidung von Krankheiten, etc.) gefunden wurden. Ein Übersichtsartikel dazu wurde kürzlich im *European Journal of Clinical Nutrition* veröffentlicht [7].

### Leben im Überfluss – Adipositas

Es gibt keinen Zweifel daran, dass die zunehmende Adipositas der westlichen Länder mit der zunehmenden Energiedichte der heutigen Nahrung und der gleichzeitigen Abnahme der Beweglichkeit zusammenhängt. Die Industrialisierung der Nahrungsmittelproduktion im Zusammenhang mit den modernen Transportmitteln und Arbeitsbedingungen machen eine Gewichtszunahme fast unvermeidlich. Der Mensch ist mit Regelkreisen ausgestattet, die das Überleben unter Mangelbedingungen absichern. Das Gegenteil, nämlich den Überfluss an Nahrung, kann man nur kognitiv unter Kontrolle halten [8]. Unter Energiedichte versteht man den Energieinhalt pro Gewichtseinheit Nahrung (kJ/g). Fastfood-Menüs haben beispielsweise eine Energiedichte die zwei bis drei mal so hoch ist wie traditionelle Mahlzeiten [9]. Allein 100 g Pommes frites liefern 1215 kJ an Energie, ein Hamburger ist mit 1080 kJ/100g dabei, während Linseneintopf mit Wurst nur 314 kJ/100 g ausmachen [10].

Die Annahme, allein Zucker sei die Ursache für Übergewicht und in der Folge davon für Diabetes, ist jedenfalls viel zu kurz gegriffen [11]. Wissenschaftliche Studien haben längst bewiesen, dass Zucker allein kein Übergewicht verursacht. Zum Übergewicht trägt die Aufnahme von zu vielen Kalorien pro Mahlzeit bei, dieses führt bei Vorhandensein weiterer Voraussetzungen zu einer Form des Diabetes. Die Konzentration von Glukose im Blut variiert erheblich mit der Zusammensetzung der Nahrung. In gekochter Nahrung sind die Nährstoffe leichter und schneller

**ABB. 7 AUSGEWÄHLTE DISACCHARIDE (ZWEIFACHZUCKER)**



**TAB 3. VERWERTUNG DER NÄHRSTOFFE ZUR ERZEUGUNG VON ENERGIE IM FORM VON ATP (nach [6])**

Nährstoff (Beispiel)	physiologischer Brennwert pro 100 g	Bildung von ATP pro 100 g Nährstoff	erforderliche Nährstoffenergie pro Mol ATP
Kohlenhydrate (Stärke)	1720 kJ (410 kcal)	23,5 Mol	73,2 kJ (17,4 kcal)
Fette (Tristearin)	3890 kJ (930 kcal)	51,4 Mol	75,7 kJ (18,1 kcal)
Proteine*) (Casein)	1780 kJ (425 kcal)	20,4 Mol	87,3 kJ (20,8 kcal)

\*) Da jedes Protein eine andere Aminosäurezusammensetzung hat, kann es keinen einheitlichen Brennwert geben

## KURZER ABRISS DER ZUCKER-CHEMIE



Man unterscheidet einfache Zucker, auch Monosaccharide genannt, Zweifachzucker (Disaccharide) und langkettige Zucker (Polysaccharide). Alle gehören zu den Kohlenhydraten. Chemisch

gesehen sind Monosaccharide entweder Polyhydroxyaldehyde (Aldosen) oder Polyhydroxyketone (Ketosen), je nachdem, ob sie eine Carbonyl- oder eine Ketogruppe enthalten (Abbildung 8). Glukose (Traubenzucker) ist eine Aldose, während Fruktose (Fruchtzucker) eine Ketose ist. Beide sind Hexosen, sie besitzen 6 C-Atome. Beide bilden in Lösung Ringformen (Halbacetale), Glukose einen Sechsring und Fruktose einen Fünfring (wie in Saccharose, Abbildung 7).

Wichtige Disaccharide sind Maltose (Malzzucker, Grundbaustein der Stärke), Laktose (Milchzucker in Säugetiermilch), Saccharose (Rohrzucker bzw. Rübenzucker) und Cellobiose (Grundbaustein der Cellulose). Maltose und Cellobiose bestehen aus je zwei miteinander verknüpften Glukosemolekülen, sind aber sehr unterschiedlich in ihrer räumlichen Struktur. Laktose ist ein Disaccharid aus Glukose und Galaktose, während Saccharose aus einem Molekül Glukose und einem Molekül Fruktose besteht (Abbildung 7). In Maltose sind die beiden Glukose-Moleküle  $\alpha$ -glycosidisch gebunden, in

Cellobiose  $\beta$ -glycosidisch. Das hat zur Folge, dass die daraus entstehenden langkettigen Polysaccharide ganz unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Aus Maltose entsteht Stärke, ein Grundnahrungsmittel unseres Stoffwechsels. Im Dünndarm werden Poly- und Oligosaccharide (kürzerkettige Saccharide) durch Enzyme in ihre Monosaccharide gespalten, allerdings können wir nur  $\alpha$ -glycosidische Bindungen spalten, da wir im Mund und im Dünndarm Enzyme ( $\alpha$ -Amylasen) besitzen, die dafür spezifisch sind. In Cellulose sowie in ihrem Grundbaustein Cellobiose liegen die Glukosemoleküle  $\beta$ -glycosidisch gebunden vor. Cellulose ist nur für einige Mikroorganismen verdaubar.

Polysaccharide bestehen aus glycosidisch verknüpften Monosacchariden, jedoch sind ihre Ketten erheblich länger. Sie sind überall in der Natur vorhanden und haben dabei sehr unterschiedliche Funktionen. Als Reservestoffe (Speicherstoffe) kennen wir Stärke (in Pflanzen) und Glycogen (in Tieren und Pilzen). Als Gerüstsubstanzen und Strukturbildner, z. B. in den Zellwänden von Mikroorganismen, Pilzen und Pflanzen, gibt es Cellulose und Chitin. Diese bilden langgestreckte Fibrillen, die in Wasser unlöslich und resistent gegen chemischen Abbau sind. Die dritte Möglichkeit sind Gelbildner (wasserbindende Polysaccharide), die beispielsweise dafür sorgen, dass Gewebe nicht austrocknen. Agarose und Carrageenane in Algen sind solche Polysaccharide, die auch in Nahrungsmitteln als Zusatzstoffe genutzt werden.

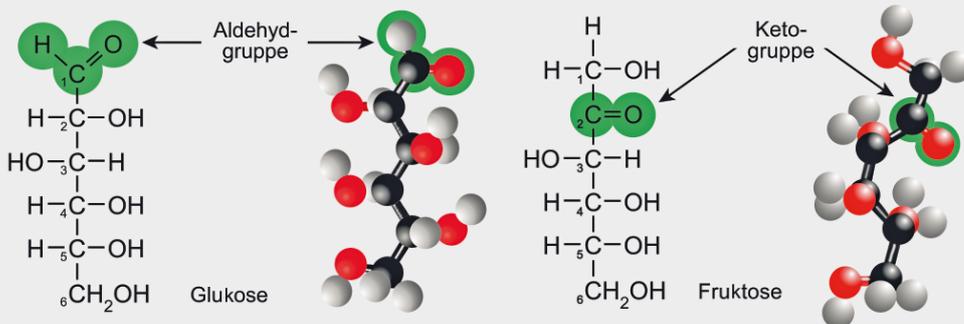


ABB. 8 Glukose und Fruktose als Strichzeichnung und Kalottenmodell

zugänglich als in roher. Die gleiche Kohlenhydratmenge aus unterschiedlicher Nahrung aufgenommen führt zu unterschiedlichen Blut-Glukose-Profilen (Anstieg der Glukosekonzentration pro Zeit). Diese Tatsache führte zur Formulierung des glykämischen Index, also der Blutzuckerwirksamkeit im Vergleich zu reiner Glukose. Vergleicht man den glykämischen Index (GI) von Haushaltszucker (Saccharose) mit dem stärkehaltiger Nahrungsmittel, stellt man fest, dass beispielsweise Weißmehl, gebackene Kartoffeln und Müsli einen höheren Index aufweisen (> 80) als Haushaltszucker, der bei den Lebensmitteln mit GI von 40–60 rangiert [6].

tem im Gehirn. Er bewirkt, dass Botenstoffe im Gehirn freigesetzt werden, die für unser Wohlbefinden sorgen. Schon die Muttermilch schmeckt süß, da sie 7 Prozent Milchzucker (Laktose, Abbildung 7) enthält. Zucker liefert schnell Energie, daher meldet der Appetit auf Süßes oftmals eine beginnende Unterzuckerung an. Diese äußert sich in Konzentrationsschwäche und Müdigkeit. Grund dafür ist, dass das Gehirn der größte und dominanteste Energieverbraucher des Körpers ist. Obwohl die Masse des Gehirns nur etwa 2 Prozent des Körpergewichts ausmacht, nimmt es unter Normalbedingungen bis zu zwei Drittel der Blutglukosemenge auf [6]. Kommt Stress hinzu,

Fakt ist, dass in sehr vielen Getränken, die vor allem Kindern verabreicht werden, hohe Konzentrationen versteckter Zucker enthalten sind [12]. Da diese Getränke als Durstlöcher ohnehin ungeeignet sind, sollte man den Verbrauch einschränken und solche Getränke nur gelegentlich erlauben.

## Zuckersucht & Co

Und was ist mit der „Zuckersucht“? Die vermeintliche Zuckersucht entsteht durch ein gestörtes Verhältnis zur täglichen Nahrungsaufnahme. Eine Sucht im naturwissenschaftlichen Sinn entsteht nur dann, wenn Rezeptoren im Gehirn blockiert werden, so dass von dem entsprechenden Suchtmittel immer größere Mengen eingenommen werden müssen, um das gleiche Ergebnis zu erhalten. Glukose ist Energieträger aller Körperzellen und kann schon daher kein Suchtmittel sein [13]. Bei Kindern können häufige Verbote aus Angst, Zucker sei schädlich, das Verlangen nach Süßem freilich enorm steigern, denn alles, was verboten ist, wird bekanntlich besonders interessant. Aber die Anti-Zuckerkampagne ist längst zu einer Glaubenssache mutiert – wissenschaftliche Erkenntnisse sind dagegen machtlos. Tatsache ist, dass die „Zuckerstory“, also die Folgen des exzessiven Zuckerkonsums, auch in der Wissenschaft sehr kontrovers diskutiert wird [14].

Die Vorliebe für Süßes wurde uns von der Evolution in die Wiege gelegt. Eine sinnvolle Einrichtung, denn süße, reife Früchte und süßschmeckende Pflanzen sind so gut wie nie giftig. Zucker aktiviert das Belohnungssystem

wie etwa bei einer Prüfung oder einem Test in der Schule, entzieht das Gehirn dem Blut sogar rund 90 Prozent des wichtigen Energieträgers. Es ist also nicht falsch, vor einer Konzentration fordernden Arbeit etwas Süßes zu sich zu nehmen. Deckt die Nahrung den Energiebedarf nicht ausreichend ab, greift der Körper zunächst auf gespeichertes Glykogen aus der Leber und auf Körperfett zurück. Ist dieses nicht vorhanden, wird das körpereigene Protein in Glukose umgewandelt. Dadurch kommt es zu Mangelerscheinungen und Funktionsstörungen.

### Zusammenfassung

Das Disaccharid Saccharose wird im Pflanzenreich nur in Ausnahmefällen gespeichert, z. B. in der Zuckerrübe und im Zuckerrohr. Neben diesen Weltwirtschaftspflanzen gibt es noch eine Reihe anderer Pflanzen, aus denen Zucker (Saccharose) isoliert werden kann, der häufig nur regional verwendet wird. Obgleich schon die Muttermilch durch ihren hohen Laktosegehalt süß ist, und süße Beeren und Früchte uns ihre Genießbarkeit signalisieren, sind mit Haushaltszucker gesüßte Speisen heute als Dickmacher und Krankmacher verschrien.

### Summary

Sucrose is a disaccharide, which is normally not stored in plants with a few exceptions, namely sugar beet and sugar cane. Additionally to these economically significant plants there exist a number of further plants that can be used to produce sugar (sucrose). These plants are mostly of regional interest. Although breast milk is already sweet due to the milk sugar (lactose) and sweet berries and fruits indicate their edibility, sweets and sweetened food are believed to be reasons for obesity and illness.

### Schlagworte:

Regionale Zuckerpflanzen, Zuckerersatzstoffe, Resorption, Zuckermärchen

### Literatur

- [1] S. Bickel, Wie der Mensch zum Zucker kam, BIUZ 4/2018, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2018.
- [2] R. Lieberei, Reisdorff, C., Nutzpflanzenkunde, 7. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2007.
- [3] S. Bickel-Sandkötter, Nutzpflanzen und ihre Inhaltsstoffe, Quelle & Meyer, Wiebelsheim 2001.
- [4] Datenblatt Steviolglycoside des Deutschen Süßstoff-Verbandes e.V./ Edmund-Rumpler-Straße 6, 51149 Köln.
- [5] P. M. Suter, Checkliste Ernährung, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 3. Auflage 2008.
- [6] H. Biesalski und P. Grimm, Taschenatlas der Ernährung, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 4. Auflage 2007.
- [7] A. E. Buyken, Mela, D. J., Dussort, P., Johnson, I. T, Macdonald, I. A., Stowell, J. D., Brouns, J. P. H., Dietary carbohydrates: a review of international recommendations and the methods used to derive them, European Journal of Clinical Nutrition, 2018, <https://doi.org/10.1038/s41430-017-0035-4>
- [8] D. Haller, Grune, T., Rimbach, G., Biofunktionalität der Lebensmittelinhaltsstoffe, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 2013.
- [9] A. M. Prentice, Jebb, S. A., Fast foods, energy density and obesity: a possible mechanistic link, Obesity Reviews, 4: 187–194. <https://doi.org/10.1046/j.1467-789X.2003.00117.x>
- [10] B. Hesecker und H. Hesecker, Nährstoffe in Lebensmitteln; Die große Energie- und Nährwerttabelle, 3. Auflage, Umschau Zeitschriftenverlag Sulzbach im Taunus, 2007.
- [11] S. Martin, Der erste Zuckerreduktionsgipfel erklärt den Haushaltszucker zur Wurzel allen Übels, doch das greift zu kurz – Medscape – 14. Jul 2017.
- [12] J. Boulton, Hashem, K. M., Jenner, K. H., Lloyd-Williams, F., Bromley, H., Capewell, S., How much sugar is hidden in drinks marketed to children? A survey of fruit juices, juice drinks and smoothies, BMJ Open 2016;6:e010330. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-010330>
- [13] T. Nagy, Zucker: Süße Mythen, EU.L.E.N-Spiegel, 10. Jahrgang, 2004
- [14] K.L. Stanhope, Sugar consumption, metabolic disease and obesity: The state of the controversy, Crit Rev Clin Lab Sci. 2016 Feb; 53(1): 52–67.

Internetportale

<http://www.zuckerverbaende.de/index.php>

<http://www.suessstoff-verband.de/>

<http://www.fao.org/faostat/en/>

<https://www.dge.de/>

### Die Autorin



Susanne Bickel studierte Biologie und Chemie an der Universität Hannover. Für ihre Dissertation in der Photosynthese-Forschung an der Tierärztlichen Hochschule Hannover erhielt sie 1981 den Heinz-Maier-Leibnitz-Preis. 1983 wechselte sie in das Institut für Biochemie der Pflanzen an die Universität Düsseldorf und wurde dort 1989 habilitiert; sie besitzt die Lehrbefugnis für das Fach Botanik. Frau Bickel war seit 1996 außerplanmäßige Professorin an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf in der Biochemie der Pflanzen und in der Fachdidaktik der Biologie. Seit 2015 ist Frau Bickel im Ruhestand. Sie ist seit 10 Jahren Vorsitzende des Landesverbands NRW des VBIO.

### Korrespondenz

Prof. Dr. Susanne Bickel  
Eichenwand 5  
40627 Düsseldorf  
[bickel@hhu.de](mailto:bickel@hhu.de)