



Bild: Nordzucker AG

## Zuckerliefernde Pflanzen

# Wie der Mensch zum Zucker kam

SUSANNE BICKEL

*Die Zuckerrübe, aus der Rübenzucker gewonnen wird, ist eine ziemlich junge Kulturpflanze, die erst seit etwa 200 Jahren angebaut wird. Demgegenüber hat das Zuckerrohr in Asien eine Geschichte, die bereits mehrere tausend Jahre währt. Beide Pflanzen speichern Saccharose, auch wenn in dem einen Fall von Rohrzucker und im anderen von Rübenzucker gesprochen wird. Im ersten Teil unseres Zweiteilers werden die Weltwirtschaftspflanzen Zuckerrohr und Zuckerrübe und die Gewinnung des darin enthaltenen Süßmittels dargestellt.*

Unter dem Begriff Zucker versteht der Laie das Süßungsmittel Saccharose, das aus den zuckerliefernden Pflanzen Zuckerrübe und Zuckerrohr gewonnen wird. Saccharose, ein Zweifachzucker aus Trauben- und Fruchtzucker, ist die chemische Bezeichnung für Rohr- und Rübenzucker. Es gibt aber in der Natur viel mehr Zucker unterschiedlichster Kettenlänge; sie alle gehören zu der Oberkategorie der Kohlenhydrate. Der Begriff Kohlenhydrat ist ein historisch bedingter Name für Naturstoffe aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Alle haben die Summenformel  $C_x(H_2O)_y$ , bestehen also aus Kohlenstoffatomen, die sich zu einer Kette oder einem ringförmigen Molekül verbunden haben. Längerkettige Zucker werden im Stoffwechsel von Menschen, Tieren und Mikroorganismen zu Glukose (Traubenzucker) gespalten, die wiederum in den Zellen zu Kohlenstoffdioxid und Wasser veratmet wird. Die dabei freiwerdende Energie

wird vom Körper genutzt. Ein Überschuss an Glukose kann andererseits wieder zu langen Ketten aneinandergelagert und als Glycogen in der Leber oder im Muskel gespeichert werden.

### Geschichte des Süßens

Schon im frühen Altertum erkannten Menschen in Süd-asien, dass man den Saft einer grasartigen Pflanze zum Süßen von Speisen nutzen konnte. Die wilden Vorfahren der heutigen Kulturpflanze Zuckerrohr wurden im süd-pazifischen Raum schon vor Jahrtausenden angepflanzt. Entsprechend schwierig ist es, die Herkunft der ersten Kulturpflanzen genau zu bestimmen. Man nimmt Indien als Ursprungsland an, weil die ältesten Überlieferungen der Zuckergewinnung von dort stammen. Das Verfahren zur Gewinnung von kristallinem Zucker wurde in Indien schon vor zwei- bis dreitausend Jahren entwickelt. Von da aus hat sich das Rohr in alle Richtungen ausgebreitet. Alexander der Große (356–323 v. Chr.) berichtet von Zuckerrohr im Indus; der venezianische Händler Marco Polo fand um 1280 Zuckerrohr in China. Die Araber, die auch das Raffinieren des Zuckers erfanden, brachten die Pflanze zwischen 700 und 900 n. Chr. in den Mittelmeerraum, Spanier und Portugiesen transportierten sie über die Kanarischen Inseln nach Mittel- und Südamerika, die Holländer nach Indonesien [3]. Zuckerrohr, eine C4-Pflanze, wächst hauptsächlich in tropischen Gebieten. Alle heute kommerziell angebauten Sorten des Zuckerrohrs *Saccharum officinarum* L. sind Kreuzungen zwischen vier verschiedenen Arten. Das edle Zuckerrohr *S. officinarum* trägt zu den guten qualitativen Eigenschaften bei, eine alte indisch-chinesische Kulturart (*S. sinense*) sorgt für die weite ökologische Anpassung und zwei Wildarten für die Resistenz gegen Krankheiten [1].

Woher aber kommt unser Rübenzucker? Die Entdeckung des Zuckers in Rüben verdanken wir einem findigen Apotheker namens Andreas Sigismund Marggraf in Berlin im Jahre 1747. Er fand, dass in der schwach süß schmeckenden weißen Runkelrübe (*Beta vulgaris* L.) der gleiche Zucker enthalten ist, den man aus dem Zuckerrohr kannte. Diese Rüben enthielten ungefähr 4 Prozent Zucker. 50 Jahre später baute sein Schüler Franz Carl Achard mit Unterstützung des preußischen Königs in Kunern (Schlesien) die erste Rübenzuckerfabrik [2]. Innerhalb von 70 Jahren, bis etwa 1908, wurde der Zuckergehalt durch Auslesezüchtung auf 16 Prozent gesteigert. Heutige Rüben enthalten bis zu 25 Prozent Zucker [4].

Die Runkel ist mit der Zuckerrübe sehr nah verwandt. Stammform beider Pflanzen ist die an der Nordseeküste und im Mittelmeergebiet heimische *Beta vulgaris* ssp. *maritima*. Die Geschichte der Runkel oder Futterrübe ist mit der der Zuckerrübe bis zum Zeitpunkt der Auslesezüchtung zu höheren Zuckergehalten identisch. Die ersten schriftlichen Nennungen der Gattung „beta“ beginnen im Mittelalter mit Karl dem Großen (747–814) und der systematischen Anlage von Gärten. Vor allem Klostergär-



**ABB. 1** Zuckerrübe (*Beta vulgaris* var. *altissima*).  
Foto: i.m.a. (information.medien.agrar e.V.)

ten, wie der der Hildegard von Bingen, haben zur Überlieferung von Pflanzen durch Anlegen von Listen beigetragen. Unter *betas* wurden aber Mangold und Rote Rübe mitgezählt. Hrabanus Maurus, der Berater Karls des Großen verfasste ein Compendium der Naturwissenschaft, dem zu entnehmen ist, dass nicht nur Betarüben gebräuchlich waren. Er nennt „*rapa*“ (vermutlich die weiße Rübe, *Brassica rapa*), „*napus*“ (vermutlich Steckrübe, *B. napus*) und „*betas*“ [5]. Allerdings war es zu der Zeit noch gebräuchlich, die Pflanzen des klassischen Altertums, also die Griechenlands und des Römischen Reiches mit aufzulisten, daher kann man die aufgezählten lateinischen Namen nicht unbedingt auf Deutschland beziehen. Für das Rheinland wird die Runkelrübe als „Rungelsen“ 1561 erstmals genannt [6]. Wie sie allerdings an den Rhein gelangt ist, ist nicht bekannt. Erst im 18. Jahrhundert setzte sich der feldmäßige Anbau der Runkelrübe durch.

### IN KÜRZE

- Es gibt zwei Weltwirtschaftspflanzen, aus denen der **Zweifachzucker Saccharose** (Rohr- bzw. Rübenzucker) gewonnen wird, das tropische **Zuckerrohr** und die einheimische **Zuckerrübe**.
- Mehr als **70 Prozent** der Weltzuckererzeugung (Rohr- bzw. Rübenzucker) stammen vom Zuckerrohr.
- Die **zweijährige Zuckerrübe** trägt im zweiten Jahr Fruchtstände mit an der Basis zu mehreren verwachsenen Nussfrüchtchen (Runkeln).
- Heute ist der Rübensamen vereinzelt und steckt in einer Pille mit Fungiziden und Insektiziden (ist pilliert), was zum einen den Anbau erleichtert und zum anderen den jungen Keimling vor dem zunehmenden **Befall mit Schädlingen** schützt.
- Während Zuckerrohr zur **Zuckergewinnung** zwischen Walzen ausgepresst wird, gewinnt man den Rübenzucker im Gegenstromverfahren in 20 m hohen Extraktionstürmen mit heißem Wasser.
- Der gelbliche Rohzucker wird **raffiniert**, d.h. mehrfach gewaschen und umkristallisiert, um Weißzucker zu erhalten.



**ABB. 2 Zuckerrübe, *Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*, var *altissima*, Infloreszenz und Fruchtknäuel.** Foto aus: Prof. Dr. Otto Wilhelm Thomé Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz 1885, Gera, Germany

### Bau und Eigenschaften der Zuckerrübe

Die Zuckerrübe gehört zur Subfamilie der Chenopodiaceae, zu Deutsch Gänsefußgewächse. Diese werden seit 2006 als Teil der Amaranthaceae (Fuchsschwanzgewächse) betrachtet, denen sie in ihren Merkmalen stark ähneln [7]. Der Vegetationsverlauf ist zweijährig; allerdings werden die Rüben im ersten Jahr geerntet, es sei denn, man möchte die Samen gewinnen. Die Minimaltemperatur für die Keimung der Samen beträgt 6 °C, daher wird erst im späten Frühjahr ausgesät. Im ersten Jahr entwickelt die junge Pflanze grundständige Blattrosetten (Abbildung 1). In diesem Entwicklungsabschnitt wird auch der Rübenkörper angelegt. Durch sekundäres Dickenwachstum bilden sich zahlreiche Ringe mit sich teilenden embryonalen Zellen, die den Rübenkörper strukturieren. Die Hauptwurzel trägt Faserwurzeln in zwei Doppelreihen. Da der Spross an der Rübenbildung kaum beteiligt ist, ragt fast nur der Blattschopf aus dem Boden (siehe Abbildung 1). Das ist ein deutlicher Unterschied zu der Wuchsform der Futterrübe oder Runkel (*Beta vulgaris* var. *rapa*), die man

auf dem Acker durch den weit aus dem Boden ragenden Rübenkörper erkennen kann.

Bis zum Herbst entwickelt sich eine kräftige Rübe mit einem Blattschopf aus etwa 20 Blättern, in denen im Prozess der Photosynthese mit Hilfe des Sonnenlichts aus CO<sub>2</sub> und Wasser Glukose entsteht. Anschließend wird diese zu Saccharose umgewandelt und im Rübenkörper eingelagert. Die Einlagerung von Zucker kann bis in den späten Herbst hinein erfolgen, weswegen die Ernte der Zuckerrüben möglichst spät, allerdings vor dem ersten Frost erfolgt. Nach einer Wachstumpause im Winter entwickelt die Rübe im zweiten Jahr einen etwa 2 m hohen Blüten spross zur Samenproduktion (Abbildung 2), der grüne, zwittrige Blüten trägt. Die Früchte sind einsamig und vom Bau her Nussfrüchtchen, die an der Basis zu mehreren (2 bis 4) miteinander verwachsen sind. Diese verwachsenen Früchte werden auch Runkeln genannt, daher stammt der Name der mit der Zuckerrübe verwandten Runkelrübe. Durch Zerschlagen der Fruchtknäuel konnte man technisch einsamiges Saatgut herstellen, was das umständliche Pikieren (= Vereinzeln der Pflanzen) auf dem Feld überflüssig machte. Seit etwa 1960 sind die Zuchtformen der Zuckerrübe genetisch monokarp, d.h. einfrüchtig, was einen entscheidenden Fortschritt im Rübenanbau bewirkte [8].

### Anbau und Ernte

In Deutschland werden Zuckerrüben zur Zuckergewinnung, (einjährig) und nicht zur Saatgewinnung (zweijährig) angebaut. Die Aussaat des pillierten Rübensamens erfolgt während der Monate März und April. Die etwa 5 mm großen Samenkörner stecken in runden Pillen, die Fungizide und Insektizide enthalten. Auf diese Weise ist die Rübe in ihrer Jugendentwicklung weitaus weniger anfällig gegenüber Krankheiten und Schädlingen [8]. Nach 12 bis 14 Tagen sind die ersten Rübenpflänzchen zu sehen. Die Zuckerrübe benötigt viel Licht, eine gleichmäßige Wasserversorgung und tiefgründige nährstoffreiche Böden, z.B. Lössböden mit guter Wasserführung. Der Wasserbedarf der Zuckerrübe ist besonders im Juli und August hoch. Im Jugendstadium ist die Pflanze frostempfindlich, Nachtfröste unter -5 °C führen zum Absterben der Pflänzchen.



**ABB. 3 Zuckerrübenproduktion: Die Rübenkampagne ist im Gange!** Foto: Nordzucker AG

Im Herbst, in den letzten Septembertagen, erfolgt die Ernte, im Fachjargon Rübenkampagne genannt (Abbildung 3). Schon auf dem Feld werden die Rüben maschinell geköpft, d. h. der obere Teil und die Blätter werden abgeschnitten und beides getrennt aufgenommen. Die Rübenköpfe verwendet man als Viehfutter, der Rest wandert in die Zuckerrübenfabriken. Moderne Erntemaschinen besitzen Vorrichtungen zum Reinigen der Rüben, damit die anhaftende Erde auf dem Acker bleibt und nicht in den Fabriken als riesige Schlammmenge anfällt. Zum Zeitpunkt der Ernte hat die Rübe ein Gewicht von 700 bis 1200 Gramm.

### Standorte in Deutschland und Zuckerproduktion

Die Zuckerrübe ist eine hauptsächlich europäische Weltwirtschaftspflanze; in geringeren Mengen wird sie auch in den USA, der Ukraine, der Türkei und in China angebaut. Von den 4,5 Mio. Hektar Anbaufläche weltweit entfielen 2014 69 Prozent auf Gesamt-Europa, davon 36,6 Prozent auf die EU, während die USA bei 10 Prozent und die restlichen genannten weit darunter liegen (nach FAO 2017). Europa liegt mit rund 17 Prozent der Welterzeugung an Zucker nach Asien und Südamerika an dritter Stelle. Dort wird der Zucker jedoch aus Zuckerrohr gewonnen (Tabelle 1).

In Deutschland werden auf einer Fläche von rund 315.000 ha Zuckerrüben angebaut, wobei der geschätzte Zuckerrübenanbau bei 75,2 t/ha liegt. Für 2017 wurde eine Rübenanlieferung von 24 Mio. Tonnen erwartet, aus der bei einem Zuckergehalt von durchschnittlich 17 Prozent rund 4 Mio. t Zucker gewonnen werden können. In der EU liegen Deutschland und Frankreich an der Spitze der Zuckererzeugung; Deutschland erzielt den höchsten Ertrag an Zucker pro Hektar Land (Tabelle 2).

Zu Beginn des 20sten Jahrhunderts gab es in Deutschland noch zahlreiche kleine Aktiengesellschaften der Zuckerindustrie, die teilweise von Bauern geführt wurden. Der Konkurrenzdruck auf dem europäischen Markt führte dazu, dass sich im Wesentlichen drei führende Konzerne bildeten: die Südzucker-AG mit Sitz in Mannheim, die Nordzucker-AG mit Sitz in Braunschweig und Pfeifer & Langen mit Sitz in Köln.

Wichtige Standorte des Zuckerrübenanbaus und der Zuckergewinnung in Deutschland sind das südliche Niedersachsen mit der Braunschweiger und Hildesheimer Börde sowie Gebiete am Main, an der Donau und in Württemberg. Das Rheinland zwischen Bonn und Krefeld liefert seine Rüben an Pfeifer & Langen, das noch heute ein Familienbetrieb ist. In den neuen Bundesländern sind Gebiete um Leipzig und Halle, das Erfurter Becken und nördliche Regionen um Rostock, Neubrandenburg und Schwerin Schwerpunkte des Rübenanbaus [2].

### Züchtung und Biotechnologie

Die Auslesezüchtung diente viele Jahre lang fast ausschließlich der Steigerung des Zuckergehaltes. Da die Ausweitung

**TAB. 1. WELTZUCKERERZEUGUNG IN 1000 T ROHWERT, NACH: WIRTSCHAFTL. VEREINIGUNG ZUCKER 2017**

	2014/15	2015/16	2016/17	
EU	19.147	15.145	17.069	Rübenzucker
Europa	29.952	26.047	30.075	Rübenzucker
Nordamerika	22.727	22.305	23.509	Rohr + Rübe
Südamerika	42.372	48.265	47.712	Rohrzucker
Asien	68.852	61.767	59.099	Rohr + Rübe
Afrika	11.356	10.962	12.046	Rohrzucker
Ozeanien	5.424	5.332	5.517	Rohrzucker
Welt	180.683	174.678	177.958	

**TAB. 2. ZUCKERERZEUGUNG EINIGER EU-MITGLIEDSTAATEN 2016/17, NACH: WIRTSCHAFTL. VEREINIGUNG ZUCKER 2017**

Staat	Zuckerertrag t/ha	Zuckererzeugung tWw)*
Deutschland	12,7	3.566.206
Frankreich	12,2	4.235.000
Polen	10,3	1.959.446
Großbritannien	12,3	887.525
Niederlande	12,4	872.156
Belgien/Luxemburg	11,5	731.477
EU	11,5	16.811.537

)\* tWw = Tonnen Weißzuckerwert

des Zuckerrübenanbaus aber zu einer ständigen Zunahme von Schädlingen und infolgedessen auch von Krankheiten führt, sind Bemühungen um Resistenzen gegen Virenbefall, Nematoden- und Pilzinfektionen in den Vordergrund gerückt. Die Zweijährigkeit der Zuckerrübe bewirkt einen größeren Zeitaufwand in einem konventionellen Zuchtprogramm. Bis zur fertigen neuen Sorte vergehen in der Regel 16 bis 20 Jahre [8]. Hier hat u. a. die *in vitro* Kultur zu deutlichen Verkürzungen geführt, denn auf diese Weise lassen sich Klone aus Keimlingen, Vegetationskegeln und Blüentrieben herstellen. So können wertvolle Genotypen effektiv vermehrt und erhalten werden.

Vor allem das *Rizomania*-Virus, das eine „Wurzelbärtigkeit“ der Rüben induziert, hatte sich in den europäischen Zuckerrübenbeständen von Süden kommend ausgebreitet und sorgte für große Verluste (Abbildung 4). In den 90er Jahren des 20sten Jahrhunderts setzte man den Fokus auf die Gentechnik, um das Problem in den Griff zu bekommen. Schon 1993 wurden die ersten gentechnisch veränderten Rübenpflanzen im Freiland getestet. Die Übertragung spezieller RNA-Moleküle bewirkte in den Rüben Resistenz gegen das *Rizo-*



**ABB. 4** Gesunde Zuckerrübe neben *Rizomania*-Rübe mit zahlreichen Seitenwurzeln (Wurzelbärtigkeit). Foto: KWS



**ABB. 5** Um Fremdbestäubung bei der Erzeugung von Nachkommen einer Zuchtform der Rübe zu vermeiden, werden Tüten um die Blütenstände der Zuckerrüben gebunden. Foto: Nadine Dally, Universität Kiel



**ABB. 6** Zuckerrohr; rechts Nahaufnahme der Halme mit Achselknospen.



**Abb. 7** Gewinnung von Zuckerrohrsaft als Erfrischungsgetränk durch Auspressen der Halme

*mania*-Virus. 1995 begann ein führendes deutsches Pflanzenzüchtungsunternehmen Tests mit glyphosattoleranten Zuckerrüben. Diese Ansätze wurden allerdings durch das Anbauverbot von gentechnisch veränderten Pflanzen in Deutschland obsolet. Heute gibt es neue Rübenzüchtungen, die gegen das *Rizomania*-Virus resistent sind, die aber auf konventionellem Wege durch Einkreuzen von Resistenzen aus Wildrüben erhalten wurden [9].

Zusätzlich gibt es aber auch heute noch Ansätze, den Zuckergehalt der Rübe weiter zu steigern: So ist man an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel dabei, die Gene für die Blühinduktion und deren Funktion aufzuklären, denn je später die Rübe blüht, desto mehr Zucker kann sie speichern. Aus diesem Grund müssen moderne Hybriden schossfest sein, d.h. sie dürfen nicht schon im ersten Jahr Infloreszenzen bilden (schossen). Ausschalten eines oder mehrerer Gene könnte zu einer Winterform der Rübe führen, die im folgenden Frühjahr gar nicht oder erst sehr spät blüht (Abbildung 5).

### Bau und Eigenschaften des Zuckerrohres (*Saccharum officinarum* L.)

Die Pflanze, die weltweit den Hauptanteil an Saccharose liefert, ist das Zuckerrohr (*Saccharum officinarum*), das zu den Süßgräsern (Poaceae) gehört. Es ist verwandt mit der Mohrenhirse (*Sorghum bicolor*) und der Zuckerhirse (*Sorghum dochna*).

Zuckerrohr ist ein 3 bis 4 m hohes, mehrjähriges Gras, dessen Halme 2–5 cm dick sind und 10–40 wachstüberzogene Internodien besitzen. Das Innere der Halme enthält das zuckerspeichernde Mark. Über jedem Knoten befindet sich ein Wurzelring, aus dem sprossbürtige Wurzeln wachsen (Abbildung 6). Die wechselständigen Blätter des Zuckerrohres ähneln denen des Mais. Das Gras ist eine ausgeprägte Kurztagspflanze und blüht nur im Tropenbereich. Durch den C<sub>4</sub>-Stoffwechselweg der Photosynthese kann Zuckerrohr die Sonnenenergie effektiver nutzen als Pflanzen mit der konventionellen Photosynthese (C<sub>3</sub>-Weg), zu denen auch die Zuckerrübe gehört. Die Zuckerspeicherung erfolgt erst, wenn das Längenwachstum der Internodien abgeschlossen ist. In den Anbauländern werden Zuckerrohrstücke auf den Märkten angeboten. Man kann die Halme kauen und das süße Mark auslutschen. Außerdem wird das Rohr mit Hilfe von Pressen ausgepresst und der Saft als Erfrischungsgetränk angeboten (Abbildung 7).

### Anbau und Ernte

Wenn Achsenstücke als Stecklinge in den Boden gesteckt werden, wachsen die sprossbürtigen Wurzeln an den Nodien (Knoten) aus, und aus den Achselknospen entwickelt sich ein junger Schößling. Zu einer Neuanlage benötigt man pro Hektar 7–10 Tonnen junge, 30–50 cm lange Sprossstücke, die in langen Reihen in Furchen abgelegt werden. Die Gewinnung von Saatgut ist nur für die Pflanzenzüchtung wichtig.



**ABB. 8 Alte Zuckerrohrpresse in Brasilien. Früher wurde die Presse von Eseln angetrieben.** Foto: Christoph Bickel

Die Vegetationsperiode des Rohres kann sich je nach Klima über 9 bis 24 Monate erstrecken. Eine extrem lange Wachstumsphase ist auf Hawaii und in Südafrika zu finden; dort wächst das Zuckerrohr 20 bis 24 Monate, während in den USA (Louisiana) nur 7 bis 8 Monate nötig sind. Zuckerrohr wächst bei 28 °C, die mittlere Jahrestemperatur darf nicht unter 18 °C liegen, und es braucht viel Wasser. In manchen Gebieten werden die Stoppeln untergepflügt und neue Stecklinge ausgelegt, in anderen erntet man vier- bis sechsmal von den gleichen Wurzelstöcken („Ratoon“ = Stopplernte). In solchen Fällen muss für eine entsprechende Düngung gesorgt werden, und trotzdem lässt der Ertrag von Jahr zu Jahr nach. Nach 3 bis 7 Jahren werden die Pflanzungen erneuert.

Zuckerrohr wird geerntet sobald die Blätter gelb werden. Früher wurde das Rohr mit der Machete geschnitten. Die heutige maschinelle Ernte hat die benötigte Erntezeit pro Tonne von ca. 25 auf etwa 2 Stunden heruntersetzt. Man kann Zuckerrohr nicht lagern, da es sich durch mikrobielle Aktivitäten erwärmt, wobei die Saccharose hydrolysiert wird. Die dadurch entstehenden löslichen Polydextrans verschlechtern die Qualität des gewonnenen Zuckers maßgeblich..

Zuckerrohr besteht aus 24–27 Prozent Trockenmasse, davon 11–16 Prozent Fasern und 10–16 Prozent wasserlösliche Substanz. Letztere setzt sich aus etwa 80–88 Prozent Saccharose, 2–4 Prozent Glukose und 2–4 Prozent Fruktose zusammen. Der Rest sind organische und anorganische Säuren und deren Salze. Die Sprossspitzen des Rohrs enthalten eine sehr hohe Konzentration an Glukose. Da eine hohe Glukose-Konzentration das Auskristallisieren der Saccharose bei der Zuckergewinnung verhindert, werden die Sprossspitzen bei der Ernte zusammen mit den Blättern entfernt [1; 4].

### Gewinnung des Rohzuckers aus Zuckerrohr und Rübe

In den diversen Zuckerfabriken werden sowohl die Rübenkörper als auch das Zuckerrohr zunächst gewaschen und zerkleinert. Zuckerrohr wird anschließend zwischen Walzen ausgepresst und der entstehende Saft in riesigen Kesseln erhitzt. Der Rest der Pflanzen, die sogenannte Bagasse, wird an Rinder verfüttert oder zum Beheizen der Kessel verwendet. Früher standen auf den Farmgeländen in Südamerika Zuckerrohrpressen, mit deren Hilfe man den Saft direkt gewinnen konnte. In der Regel wurden die Walzen mit Hilfe einer Holzkonstruktion von Eseln angetrieben (Abbildung 8).

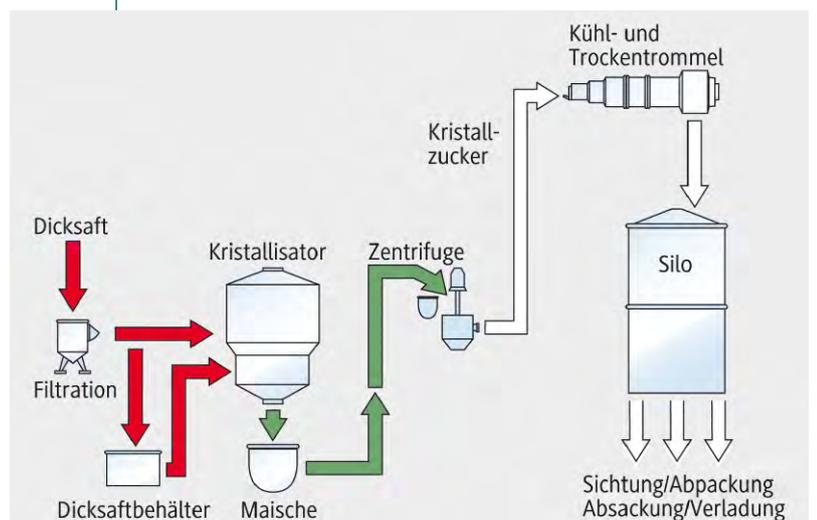
Rübenzucker gewinnt man dagegen im Gegenstromverfahren: Rübenschnitzel der gewaschenen Rüben (Abbildung 9) werden auf Förderbändern in etwa 20 m hohe Extraktionstürme gefahren, wo ihnen von oben 70 Grad heißes Wasser entgegenfließt. Dadurch löst sich der Zucker aus den Zellen. Nach der Auslaugung presst man die Schnitzel aus und verarbeitet sie zu Viehfutter.

Dem Rohzuckerextrakt wird in beiden Fällen (Rüben/Rohr) Kalkmilch zugesetzt, damit Schwebstoffe ausflocken und gebunden werden. Durch Einleiten von Kohlensäure wird der Kalk mitsamt den organischen Nichtzuckerstoffen als Calciumcarbonat-Schlamm ausgefällt. Dieser Kalkschlamm wird als Dünger wieder auf die Felder gebracht. Nach dem Filtrieren wird der klare gelbe Roh-



**ABB. 9 Förderbänder befördern die auf dem Feld vorgewaschenen Rüben in die Waschanlage.** Foto: Nordzucker AG

### ABB. 10 | ZUCKERGEWINNUNG AUS ZUCKERRÜBE UND ZUCKERROHR



**Der Dünnsaft mit ca. 16 Prozent Zucker wird über eine mehrstufige Verdampfstation geleitet, wobei ein dickflüssiger goldbrauner Saft mit ca. 70 Prozent Zucker entsteht. Dieser wird gekocht, bis sich Kristalle bilden und anschließend zentrifugiert. Auswaschen der Sirupreste und weitere Kristallisationsschritte führen zur Raffinade: Zucker von höchster Reinheit.** Bild: Südzucker AG



**ABB. 11** Diverse Rohrzucker-Produkte: Vollrohrzucker ist eine gemahlene Masse ohne Kristalle, Demerara-Zucker ist unraffiniert, kommt von Mauritius und besitzt besonders große Kristalle mit einem hohen Melasse-Gehalt, Farinzucker ist feiner brauner Rohrzucker, der durch Zufügen von Karamell und Melasse noch dunkler gefärbt wird.

saft (Dünnsaft), der etwa 14 Prozent Zucker enthält, bis auf 70 Prozent Zucker eingedampft (Dicksaft). Dem eingedickten Saft wird in Kristallisationsapparaten weiteres Wasser entzogen; so entstehen Zuckerkristalle und Melasse. Die Kristalle werden abzentrifugiert und der proteinreiche, noch zuckerhaltige Rückstand, die Melasse, wird verfüttert oder kommt in Form von braunem Sirup als Brotaufstrich („Rübenkraut“) in den Handel. Melasse, die noch etwa 50 Prozent Zucker enthält, kann auch zu Alkohol vergoren werden (Rum) oder wird zur Hefeproduktion verwendet. Der brasilianische Cachaça wird dagegen aus frischem Zuckerrohrsaft hergestellt.

### Raffination

Um weißen Zucker (Weißzucker) zu erhalten, wird der gelbliche Rohrzucker von den noch anhaftenden Sirupresten befreit. Das geschieht mit Hilfe einer Dampfduche entweder gleich beim Zentrifugieren oder in einem weiteren Arbeitsgang (Abbildung 10). Durch mehrmalige Umkristallisation und Behandlung mit Aktivkohle gewinnt man rein weißen Zucker in verschiedenen Körnungen. Diese sogenannte Raffinade wird zu verschiedenen Zuckersorten verarbeitet: Puderzucker ist gemahlene Raffinade; man verwendet ihn zu Glasuren und zum Dekorieren von Gebäck. Gelierzucker ist Raffinade mit verschiedenen Mengen an Apfel- oder Quittenpektin und Zitronensäure; Einmachzucker ist grobere Raffinade, die die Schaumbildung beim Kochen verhindert, weil sich die Kristalle langsamer lösen. Hagelzucker besteht aus grobkörniger Raffinade, die angefeuchtet in Form gepresst und anschließend zu hagelkornartigen Stückchen zerstoßen wird. Man verwendet ihn zum Dekorieren von Gebäck.

### Zuckersorten

Der Zucker mit den meisten natürlichen Inhaltsstoffen ist der Vollrohrzucker (Abbildung 11). Hier wird der eingedickte Zuckerrohrsaft durch starkes Erhitzen, oder schonender, durch Trocknen im Vakuum zu einer festen Masse. Zur Zerkleinerung wird diese Masse zu einem braunen Pulver vermahlen. Vollrohrzucker besitzt keine Zuckerkristalle und einen Mineralstoffgehalt von 1,5–2,5 Prozent. Er besitzt einen starken Eigengeschmack und ist daher nicht universell verwendbar.

Rohrzucker ist einmal raffinierter Vollrohrzucker. Beim Eindampfen werden dem Dicksaft Zuckerkristalle als Kristallisationskeime zugesetzt. Dieser Zucker enthält immerhin noch 0,05 bis 0,1 Prozent Mineralien. Häufig wird brauner Zucker mit Rohrzucker gleichgesetzt, er kann aber auch aus weißem Rübenzucker oder aus weißem Rohrzucker bestehen, der anschließend wieder mit einer dünnen Melasseschicht überzogen wurde. Dieser ist an seinen größeren Kristallen erkennbar und enthält nicht mehr Mineralstoffe als weißer Zucker. Es gibt zahlreiche braune Zucker-Varietäten (Abbildung 11), die suggerieren gesünder zu sein als Weißzucker. Da Mineralien wie Magnesium und Eisen in viel größeren Mengen über Gemüse, Obst und Obstsaft aufgenommen werden, ist der Gehalt an Mineralien in zugesetztem Zucker für den Konsumenten allerdings völlig unerheblich.

### Zusammenfassung

*Das Disaccharid Saccharose wird im Pflanzenreich nur in Ausnahmefällen gespeichert, z.B. in der Zuckerrübe und im Zuckerrohr. Die beiden Weltwirtschaftspflanzen Zuckerrübe und Zuckerrohr liefern weltweit pro Jahr etwa 180 Mio. Tonnen Zucker. Immerhin 70 Prozent der weltweiten Zuckerproduktion stammt vom Zuckerrohr, das nur in tropischen und subtropischen Regionen wächst, und eine etwa 3000jährige Geschichte aufweist. Der eingedampfte, getrocknete und gemahlene Zuckerrohrsaft (Vollrohrzucker) enthält am meisten Mineralstoffe, hat aber auch einen starken Eigengeschmack und ist deshalb nicht universell anwendbar. In der nächsten BIUZ-Ausgabe wird ein weiterer Artikel der Autorin über verschiedene Zucker und verwandte Süßungsmittel aus ernährungsphysiologischer Sicht informieren.*

### Summary

#### How sugar came to man

*Sucrose is a disaccharide, which is normally not stored in plants with a few exceptions, namely sugar beet and sugar cane. Both are economically significant plants which supply approximately 180 million tons of sugar per year. 70 per cent of the world's sugar production comes from sugar cane, which grows only in tropical and subtropical regions, and has a history of about 3,000 years. The concentrated, dried and pulverized cane sap (raw sugar) contains the most minerals, but has a strong flavour and is not universally applicable.*

## Schlagworte

Zuckerrübe, Zuckerrohr, Saccharose, Raffination

## Literatur

- [1] S. Rehm, G. Espig, Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1996.
- [2] Sachinformationen i.m.a., Die Zuckerrübe, Wirtschaftliche Vereinigung Zucker, information.medien.agrar e.V., 2011.
- [3] R. Lieberei, C. Reisdorff, Nutzpflanzenkunde, 7. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2007.
- [4] S. Bickel-Sandkötter, Nutzpflanzen und ihre Inhaltsstoffe, Quelle & Meyer, Wiebelsheim 2001.
- [5] U. Körber-Grohne, Nutzpflanzen in Deutschland, Konrad Theiss Verlag GmbH, Stuttgart. Ed. 2, 1988.
- [6] H. Bock, Kreutterbuch, 1561, Straßburg S. 265; zitiert in Körber-Grohne Nutzpflanzen in Deutschland, S. 210.
- [7] G. Kadereit, Hohmann, S., Kadereit, J.W., A synopsis of Chenopodiaceae subfam. Betoideae and notes on the taxonomy of Beta, Willdenowia, 2006, 36, 9–19.
- [8] MAX-PLANCK-INSTITUT für Züchtungsforschung, 1992, Pflanzenproduktion und Biotechnologie. Herausgeber: Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung, Köln.
- [9] KWS-Ratgeber: Rizomania, Herkunft, Verbreitung, Bedeutung, KWS SAAT SE, Einbeck, 2017.

## Internetportale

<https://www.kws.de/zuckerruebe>  
<http://www.transgen.de/datenbank/pflanzen/1935.zuckerruebe.html>  
<http://www.die-pflanzenzuechter.de/filme/zuechtungserfolg-zuckerruebe.html>  
<http://www.zuckerwaende.de/index.php>  
<https://www.britannica.com/plant/sugarcane>  
<http://www.fao.org/faostat/en/>

## 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