

Georg Schwedt

# Zuckersüße Chemie

Kohlenhydrate & Co

Zweite Auflage





*Georg Schwedt*

**Zuckersüße Chemie**

*Weitere Titel von demselben Autor  
finden Sie hier:*

Schwedt, Georg

**Plastisch, elastisch, fantastisch**

**Ohne Kunststoffe geht es nicht**

2013

ISBN: 978-3-527-33362-2

Schwedt, Georg

**Lava, Magma, Sternenstaub**

**Chemie im Inneren von Erde, Mond und  
Sonne**

2011

ISBN: 978-3-527-32853-6

Schwedt, Georg

**Experimente rund um die  
Kunststoffe des Alltags**

2013

ISBN: 978-3-527-33503-9

Schwedt, Georg

**Experimente rund ums Kochen,  
Braten, Backen**

2., vollst. überarb. u. erw. Auflage

2010

ISBN: 978-3-527-32790-4

Schwedt, Georg

**Die Chemie des Lebens**

2011

ISBN: 978-3-527-32973-1

Schwedt, Georg

**Chemische Experimente  
in Schlössern, Klöstern und  
Museen**

**Aus Hexenküche und Zauberküche**

2., vollständig überarbeitete Auflage

2009

ISBN: 978-3-527-32718-8

Schwedt, Georg

**Chemie querbeet und reaktiv  
Basisreaktionen mit Alltagsprodukten**

2011

ISBN: 978-3-527-32910-6

*Georg Schwedt*

# **Zuckersüße Chemie**

Kohlenhydrate & Co.

Zweite Auflage

**WILEY-VCH**  
Verlag GmbH & Co. KGaA

## **Autor**

**Prof. Dr. Georg Schwedt**  
Lärchenstr. 21  
53117 Bonn

## **2. Auflage 2015**

Alle Bücher von Wiley-VCH werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2015 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA,  
Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

**Print ISBN:** 978-3-527-33868-9

**ePDF ISBN:** 978-3-527-69041-1

**ePub ISBN:** 978-3-527-69039-8

**Mobi ISBN:** 978-3-527-69040-4

**Umschlaggestaltung** Formgeber, Mannheim

**Satz** TypoDesign Hecker GmbH, Leimen

**Druck und Bindung** betz-druck GmbH, Darmstadt

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

# Inhalt

<b>Vorwort zur 2. Auflage</b>	VII
<b>1 Einführung</b>	1
<b>2 Vor dem Zucker süßte man mit Honig</b>	3
2.1 Honig in der Bibel und in vorgeschichtlicher Zeit	3
2.2 Der Honig im Kochbuch des Römers Apicius (mit Rezepten)	7
2.3 Met, der Honigwein der Germanen	12
2.4 Das Honigangebot heute	16
2.5 Vom Nektar zum Honig	20
2.6 Die Inhaltsstoffe des Honigs (mit Experimenten)	21
<b>3 Zucker – eine historische Warenkunde</b>	29
3.1 Zucker im Materialien-Lexikon von 1721	34
3.2 Sala und Marggraf – die Wegbereiter des Rübenzuckers	45
3.3 Über die Beta-Rübe und Achard als Begründer der Rübenzuckerindustrie	51
3.4 Zucker im Volks-Brockhaus von 1841	56
3.5 Aus der Warenkunde der Drogisten im 19. Jahrhundert	58
3.6 Zu Besuch im Zucker-Museum in Berlin	62
3.7 Das Zucker-Sortiment im Supermarkt (mit Experimenten)	66
<b>4 Zucker aus der Fabrik</b>	71
4.1 Ein Zuckerfabrik-Abwasserprozess in Wilhelm Raabes Erzählung »Pfisters Mühle«	71
4.2 Zuckertechnologie – gestern und heute (mit Experimenten)	77
4.3 Zuckerhandel im 21. Jahrhundert	88
4.4 Die Zuckerrüben-Kampagne	90
<b>5 Zucker – Kohlenhydrate als Mono- und Disaccharide</b>	93
5.1 Die ersten Zuckerchemiker (mit Experimenten)	93
5.2 Monosaccharide (mit Experimenten)	99
5.3 Di- und Oligosaccharide (mit Experimenten)	108
5.4 Gelierzucker – zum Gelieren oder Verdicken	113
5.5 Krankheiten durch Zucker – zur Physiologie der Kohlenhydrate	115

<b>6 Aus Stärke wird Zucker, aus Zucker Alkohol</b>	<b>119</b>
6.1 <i>Stärkeverzuckerung (mit Experimenten)</i>	119
6.2 <i>Stärkesirupe (mit Experiment)</i>	121
6.3 <i>Andere Sirupe und Karamell, der gebrannte Zucker (mit Experimenten)</i>	124
6.4 <i>Vom Zucker zum Alkohol (mit Experiment)</i>	129
<b>7 Zuckeralkohole und synthetische Süßstoffe</b>	<b>133</b>
7.1 <i>Zuckeralkohole (mit Experimenten)</i>	133
7.2 <i>Süßstoffe und ihre Süßkraft (mit Experimenten)</i>	137
<b>8 Zuckerwaren – von A bis Z (mit Experiment und Rezepten)</b>	<b>147</b>
<b>9 Das Kohlenhydrat Cellulose – vom Papier bis zum Lebensmittelzusatzstoff (mit Experimenten)</b>	<b>153</b>
<b>Literatur</b>	<b>167</b>
<b>Anhang</b>	<b>169</b>
<b>Liste der Experimente</b>	<b>177</b>
<b>Liste der Rezepte</b>	<b>180</b>
<b>Register</b>	<b>181</b>



## Vorwort zur 2. Auflage

In der 2. Auflage wurde die »Zuckersüße Chemie« – die *Chemie der Kohlenhydrate*, um das Kapitel *Cellulose* – vom Papier bis zu den Lebensmittelzusatzstoffen – erweitert. In diesem 9. Kapitel werden auch sieben neue Experimente beschrieben.

Im Kapitel 7 »Zuckeralkohole und synthetische Süßstoffe« werden die jetzt häufiger verwendeten Süßstoffe *Sucralose* und *Steviosid* vorgestellt – dazu gibt es auch vier weitere Experimente.

Das Thema »Zuckersüße Chemie« wurde in den seit der ersten Auflage von 2010 vergangenen Jahren sowohl in *Experimentalvorträgen* als auch in der *Lehrerfortbildung* vom Autor einem größerem Publikum vermittelt.

Bonn, Juni 2014

*Georg Schwedt*



# 1

## Einführung

Die Chemie der Kohlenhydrate ist wegen der komplizierten Strukturformeln kein einfaches Gebiet der organischen Chemie. Andererseits spielen zahlreiche Kohlenhydrate bzw. kohlenhydratreiche Lebensmittel eine wichtige Rolle in unserer Ernährung. In diesem Buch werden Formeln nur im Anhang dargestellt.

Im Mittelpunkt der Experimente stehen die zahlreichen Produkte des Lebensmittelmarktes. Sie haben das Ziel, die *wesentlichen Eigenschaften der wichtigsten Kohlenhydrate* erkennen zu lassen – zu veranschaulichen. Die Experimente sind so einfach, dass sie überwiegend in der eigenen Küche – oder in einem der Schülerlabore wie der *Experimentierküche* im *Deutschen Museum Bonn* durchgeführt werden können.

Zugleich wird anhand der verwendeten bzw. beschriebenen Lebensmittel eine Einführung in die *Warenkunde* für diesen Teilbereich vermittelt.

Darüber hinaus stehen Darstellungen zur *Kulturgeschichte des Zuckers* (im weitesten Sinne) und Zitate aus historischen Fach- und Sachbüchern im Zentrum einzelner Kapitel.



**2.1 Honig in der Bibel und in vorgeschichtlicher Zeit**

Bereits seit Jahrtausenden nimmt der Honig zur Ernährung, als Süßungsmittel und Heilmittel eine wichtige Stellung ein. Das wohl älteste Zeugnis zur Nutzung des Bienenhonigs stammt aus der sogenannten *Spinnenhöhle* (*Cueva de la Araña*) nordöstlich von Bicorp bei Valencia. Dort ist in Form einer einfachen Strichzeichnung ein Honigräuber dargestellt. Das Alter der Höhlenzeichnung wird von Experten auf 30 000 v. Chr., von anderen auf ca. 10 000 v. Chr. datiert. Honigbienen, als deren Urheimat Zentralasien angesehen wird, sind auf Darstellungen im Alten Ägypten etwa seit 5550 v. Chr. zu erkennen. Honig war nur für die Oberklasse vorgesehen. Bienenkörbe, die auf eine Bienenzucht hinweisen, findet man erst auf Abbildungen, die aus der Zeit um 2500 v. Chr. stammen. Eine regelrechte Bienenzucht ist wahrscheinlich schon 1500 Jahre früher bekannt gewesen.

Im alten Rom existierte im 2. Jahrhundert v. Chr. ein besonderer Markt für Imker. Die Römer aßen sogar Fleisch mit Honig gesüßt (siehe auch Abschnitt 2.2).

Als Heil- und Schönheitsmittel spielte Honig im alten Ägypten eine große Rolle. Im *Berliner Medizinischen Papyrus*<sup>1)</sup> werden Heilmittel mit Honig gegen den Skorpionbiss und gegen Vergiftung durch Leichengift beschrieben. Honig wurde in Tempeln geopfert und auch beim Färben mit Purpur verwendet. Nach frühzeitlichem Glauben war die Biene ein *Seelentier*, in das sich Seelen verwandeln können. Und der Honig galt deshalb als ein die Dämonen abwehrendes und auch die Fruchtbarkeit förderndes Mittel. Bei den alten Griechen galt Honig mit Wein vermischt als ein Universalheilmittel.

Im Buch der Bücher, der **Bibel**, sind zahlreiche Stellen zum Thema Honig zu finden, von denen hier die bekanntesten zitiert und erläutert werden.

Im Zweiten Buch Mose (Exodus), welches den Aufenthalt und den Auszug der Israeliten aus Ägypten beschreibt, heißt es im Abschnitt 3 (Moses Berufung), Vers 7 und 8 – als *Verheißung*:

1) Papyrus Burgsch – 19. Dynastie: 1306–1186 v. Chr.

»Und der Herr sprach: Ich habe das Elend meines Volks in Ägypten gesehen und ihr Geschrei über ihre Bedränger gehört; ich habe ihre Leiden erkannt.

Und ich bin hierniedergefahren, daß ich sie errette aus der Ägypter Hand und sie herausführe aus diesem Lande in ein gutes und weites Land, in ein Land, darin Milch und **Honig** fließt, in das Gebiet der Kanaaniter, Hetiter, Amoriter, Perisiter, Hiwiter und Jebusiter.«

Als Kanaan bezeichnet man ursprünglich das Land des Purpurs, d. h. Phönizien, im Alten Testament ist damit das israelitische Siedlungsgebiet im Heiligen Land, das spätere Palästina gemeint. Seit dem 2. Jahrtausend v. Chr. lebte die kanaäische Bevölkerung mit semitischer Sprache (Phöniker, Phönizier) an der syrisch-libanesisch-israelischen Mittelmeerküste. Von den wichtigsten Städten wie Byblos (heute Dschubail nördlich von Beirut), Tyrus (heute Sur im Süd-Libanon), Sidon (heute Saida, südlich von Beirut) und dem heutigen Beirut (gegründet im 14. Jahrhundert v. Chr.) unterhielten sie regen Handel mit Ägypten, Zypern und den Bewohnern des Ägäisraumes.

Die Hetiter kamen im 2. Jahrtausend v. Chr. aus ihrem Stammland im Inneren Kleinasien und gründeten ein Reich, das bis nach Damaskus und Babylon reichte. Hetiterland wird auch als eine nach assyrischem Sprachgebrauch übliche Bezeichnung für Syrien (vor allem Nordsyrien) gebraucht.

Als Amoriterland bezeichnete man in frühbabylonischer Zeit Palästina und Syrien. Im Alten Testament ist damit auch ein Volksstamm in Mittelpalästina gemeint (als vorisraelitische Bevölkerung).

Perisiter, Hiwiter und Jebusiter sind weitere Namen von Volksstämmen, die vor den Israeliten in dieser Region lebten.

Der Ausspruch »Das Land, wo Milch und Honig fließen« entspricht unseren Vorstellungen von einem *Schlaraffenland*. Als einen *Schlaraffen* bezeichnet man einen »wohllebenden Müßiggänger« (im Deutschen Wörterbuch der Brüder Grimm). Im Zusammenhang mit dem in der Literatur des 16. Jahrhunderts nachweisbaren Schlaraffenland werden die Bezeichnungen *verheißenes und gelobtes Land*, *Milchbrunnen* und *Bäche fließen mit Honig* gebraucht (Johann Geiler gen. Keisersberg (1445–1510): *Narrenschiff* um 1510). Die Geschichte des Märchens vom Schlaraffenland lässt sich noch weiter bis in das 14. Jahrhundert zurück verfolgen, sie taucht auch bei Sebastian Brant (1458–1521) in dessen *Narrenschiff* (1494) und in früheren altfranzösischen Märchen auf. Alle Fassungen gehen auf Mythen vom verlorenen Paradies zurück. Pieter Bruegel der Ältere (1568–1625)



Abb. 1 Pieter Bruegel: *Schlaraffenland* (Ausschnitt des Gemäldes) um 1567.

setzte das Thema in ein Gemälde um und die Brüder Grimm nahmen das (Lügen-)Märchen in ihre Sammlung von Hausmärchen auf. Dort heißt es: »... und ein süßer Honig floß wie Wasser von einem tiefen Tal auf einen hohen Berg...«

Im Buch *Der Psalter* des Alten Testaments finden wir im Psalm 119 (»Die Herrlichkeit des Wortes Gottes« – »Das güldene ABC«) den Vers 103:

»Dein Wort ist meinem Munde/süßer als **Honig**.«

Und unter den *Sprüchen Salomos* (Sprichwörter) heißt es im Kapitel 5 (»Warnung vor der Verführerin«) im Vers 3a:

»Denn die Lippen der fremden Frau sind süß wie **Honigseim**, und ihre Kehle ist glatter als Öl.«

*Das Hohelied Salomos* enthält zwei Stellen, die im Zusammenhang mit der »Sammlung Liebeslieder« den Honig nennen. In Kapitel 4, Vers 11 steht geschrieben:

»Von deinen Lippen, meine Braut, träufelt **Honigseim**. **Honig** und Milch sind unter deiner Zunge, und der Duft deiner Kleider ist wie der Duft des Libanon.«

Mit dem »Duft des Libanon« sind in einer anderen, heute bekannteren Formulierung die »Wohlgerüche Arabiens« gemeint. Mit *Seim* bezeichnet man allgemein eine zähe Flüssigkeit; der Seim wird aber auch gleichbedeutend mit Honig verwendet.

Im Kapitel 5, Vers 1 ist zu lesen:

»Ich bin gekommen, meine Schwester, liebe Braut, in meinen Garten. Ich habe meine Myrrhe samt meinen Gewürzen gepflückt; ich habe meine Wabe samt meinem **Honig** gegessen; ich habe meinen Wein samt meiner Milch getrunken. Eßt, meine Freunde, und trinkt und werdet trunken von Liebel!«

Die »honigsüße Liebe« ist das Thema aller dieser zuletzt angeführten Bibelstellen.

Salomo, der Sohn Davids, König von Israel und Juda, lebte um 965 bis 926 v. Chr. Berühmt wurde der von Salomo erbaute Tempel in Jerusalem. Er wurde wegen seiner Weisheit gerühmt. Sein Reich, das er durch friedliche Beziehungen zu den benachbarten Großmächten und rege Handelsbeziehungen absicherte, zerfiel jedoch nach seinem Tode.

In den Geschichtsbüchern des Neuen Testaments, im Evangelium des Matthäus, im Kapitel 3, Vers 4 über *Johannes den Täufer* heißt es:

»Er aber, Johannes, hatte ein Gewand aus Kamelhaaren an und einen ledernen Gürtel um seine Lenden; seine Speise aber waren Heuschrecken und wilder Honig.«

Mit »wilder Honig« wird angedeutet, dass Johannes im Unterschied zum *Schlaraffenland* den Honig unter großen Mühen selbst sammeln musste.

Die Schriften des Alten Testaments entstanden im 10. bis 2. Jahrhundert v. Chr. Um 300 bis 130 v. Chr. wird das in hebräischer Sprache verfasste Alte Testament in Ägypten ins Griechische (Septuaginta) übersetzt. Die ältesten erhaltenen hebräischen Handschriften stammen aus dem 2. bis 1. Jahrhundert v. Chr. – gefunden z. B. in Höhlen am Toten Meer – die ältesten erhaltenen Handschriften der griechischen Übersetzung aus Qumran<sup>2)</sup>.

2) Zwölf-Propheten-Rolle aus der Ruinenstätte am Nordwestufer des Toten Meeres



Das älteste erhaltene Bruchstück des Neuen Testaments stammt aus der Zeit um 125 n. Chr. Um 200 stand der Kanon des Neuen Testaments im Wesentlichen fest. 1452–1455 schuf Johann Gutenberg die erste gedruckte lateinische Bibel (42zeilige Bibel). 1534 erscheint Luthers deutsche Bibel in Wittenberg.

## 2.2 Der Honig im Kochbuch des Römers Apicius (mit Rezepten)

In der Regierungszeit des Kaisers Tiberius (14–37 n. Chr.) lebte in Rom Marcus Gavius Apicius (geb. um 25 v. Chr.). Römische Autoren berichten im 1. Jahrhundert n. Chr. über ihn als Feinschmecker und auch Erfinder extravaganter Gerichte. Seneca berichtet, dass der reiche Apicius sich vergiftet habe – als er nur noch über 10 Millionen Sesterzen verfügte, die ihm zum Leben als zu wenig erschienen. Ein weitaus größeres Vermögen hatte er zuvor in luxuriösen Gastmählern verprasst. Apicius soll mindestens zwei Kochbücher verfasst haben. Die ältesten erhaltenen Handschriften stammen jedoch aus deutschen Klöstern, wo sie erst im 9. Jahrhundert geschrieben wurden. Eine illustrierte Handschrift aus dem Benediktinerkloster Tours an der Loire befindet sich heute in der Vatikanischen Bibliothek in Rom. Sie entstand um 850. Zur Zeit Karls des Großen (742–812) war Tours mit der philosophisch-theologischen Schule des Alkuin (732–804) und einer bedeutenden Buchmalerschule das Zentrum der karolingischen Renaissance. Alkuin war ein angelsächsischer Gelehrter. Er wurde in York geboren, von Kaiser Karl in das Frankenreich berufen und wirkte als Vermittler des tradierten philosophisch-theologischen Wissens. Er versuchte vor allem, die Artes liberales (die sieben freien Künste: Grammatik, Rhetorik, Dialektik, Arithmetik, Geometrie, Astronomie und Musik) und die Philosophie in den Dienst der Theologie zu stellen. Es wundert daher nicht, dass dort auch ein Kochbuch des Römers Apicius (ab)geschrieben und illustriert wurde, das damals wohl nicht zu praktischen Zwecken sondern als literarisches Werk genutzt wurde. Infolge zahlreicher Abschriften, bei denen Ergänzungen, d. h. neue Rezepte der jeweiligen Zeit, hinzugefügt wurden, enthalten die überlieferten Werke nach kritischen Untersuchungen von Philologen etwa drei Fünftel aus den ursprünglichen Apicius-Büchern. Geschrieben haben soll sie auch nicht der Feinschmecker Apicius, sondern ein Koch mit dem Namen Caelius.

1709 erschien in Amsterdam eine gedruckte Ausgabe von dem Mediziner Martin Lister in lateinischer Sprache. Erst 1874 brachte die Buchhandlung Carl Winter in Heidelberg auch eine deutsche Übersetzung heraus. Im zwanzigsten Jahr-

hundert erschienen zwei weitere Ausgaben – von Richard Gollmer<sup>3)</sup> und von Elisabeth Alföldi-Rosenbaum<sup>4)</sup>. Aus diesen Werken stammen die folgenden Informationen zum Honig.

Im ersten Buch befindet sich ein Rezept zum *Würzhonig*. Es lautet (Ausgabe Lister):

**Rezept****Würzhonig**

Ein Weinzusatz, der sich lange hält und besonders von Fußreisenden gebraucht wird. Er besteht aus aufgekochtem, abgeschäumtem und mit gemahlenem Pfeffer vermischtem Honig. Gib diese Würze im Augenblick des Trinkens in den Becher und nimm, je nach der gewünschten Süsse, mehr Honig oder mehr Wein. Setze schon bei der Bereitung der Würze etwas reichlich Wein zu, weil sie sich dann besser auflöst.

Dem folgenden ausführlicheren Rezept liegt eine andere Apicius-Ausgabe zugrunde<sup>5)</sup>:

**Rezept****Erlesener Würzwein. *Conditum paradoxum***

Erlesener Würzwein wird auf folgende Weise zubereitet: Mische in einem Kupfergefäß 15 Pfund Honig mit etwas über 1 l Wein, so daß der Wein einkocht, während du den Honig unter ständigem Umrühren über einem kleinen Feuer von trockenem Holz kochen läßt. Überkochen läßt sich durch Zugeben von etwas mehr Wein oder Wegnehmen des Feuers verhindern. Wenn die Mischung sich abgekühlt hat, setze sie nochmals aufs Feuer und wiederhole diese Prozedur ein zweites und ein drittes Mal. Erst dann nimm die Mischung endgültig vom Feuer und schäume sie am folgenden Tage ab.

(Dann folgt eine Aufzählung von Gewürzen, die zur Herstellung des Gewürzweines empfohlen wurden – Pfeffer, Safran, Gewürzblätter, aber auch geröstete Dattelkerne samt der Datteln.)

3) Das Apicius-Kochbuch aus der altrömischen Kaiserzeit, 1909 – Reprint 2. Aufl. 1983

4) Das Kochbuch der Römer. Rezepte aus Apicius, 7. Aufl. 1984

5) J. André, Paris 1965 – Übersetzung bei E. Alföldi-Rosenbaum



Abb. 2 Titelseite des Apicius-Kochbuches (Ausgabe Martin Lister, Amsterdam 1709).

### **Mulsum – im Römischen Weinkeller zu Trier**

In anderen Rezepten der Apicius-Kochbücher taucht auch das lateinische Wort *mulsum* = Honigwein auf. Darüber schreibt E. Alföldi-Rosenbaum in ihrer Einleitung:

»Ein Wort noch über das *mulsum*, obwohl es in unseren Rezepten nur gelegentlich vorkommt. Aber wir wissen aus anderen Quellen, dass dies das Getränk war, das mit den Hors-d'œuvres gereicht wurde. Auch hier finden wir bei den antiken Autoren verschiedene Definitionen. Bei Columella [Iunius Moderatus C., röm. Agrarschriftsteller des 1. Jahrhunderts n. Chr.] ist es süßer Most, der mit viel Honig vermischt und dann fermentiert wird; bei Plinius (Naturalis historia) [Gajus P. Secundus 23–79, kam beim Vesuvausbruch ums Leben] lesen wir, dass es besser ist, *mulsum* aus herbem Wein zu machen, da dieser sich besser mit dem Honig mischt. Plinius betont die Eignung dieses Getränks als Aperitif und erzählt dazu