

Georg Schwedt

# Experimente mit Supermarktprodukten

Eine chemische Warenkunde

Vierte, aktualisierte und erweiterte Auflage



# Inhaltsverzeichnis

[Cover](#)

[Titelseite](#)

[Impressum](#)

[Vorwort zur 4. Auflage](#)

[Vorwort zur 3. Auflage](#)

[1 Einführung](#)

[1.1 Das Konzept](#)

[1.2 Die experimentelle Grundausstattung](#)

[2 Zucker, Honig, Stärke/Mehle, Backpulver,  
Backmischungen und Spezialbrote](#)

[2.1 Zucker](#)

[2.2 Honig und Kunsthonig](#)

[2.3 Stärke und Mehle](#)

[2.4 Backpulver](#)

[2.5 Backmischungen und Spezialbrote](#)

[3 Kartoffel- und Getreideprodukte/Teigwaren, Reis und  
Hülsenfrüchte](#)

[3.1 Kartoffeln und Kartoffelprodukte](#)

[3.2 Getreideprodukte/Teigwaren](#)

[3.3 Reis und Hülsenfrüchte](#)

[4 Obst und Gemüse: Konserven und Säfte - und andere  
Getränke](#)

[4.1 Obst und Gemüse](#)

[4.2 Spezielle Getränke](#)

[5 Essig und Gewürze](#)

[6 Fette und Öle, Fisch- und Wurstkonserven](#)

- [6.1 Fette und Öle](#)
- [6.2 Fisch- und Wurstkonserven](#)
- [7 Fertigsuppen und -soßen; Dessert- und Puddingpulver](#)
  - [7.1 Fertigsuppen und -soßen](#)
  - [7.2 Dessert- und Puddingpulver](#)
- [8 Milch, Eier und deren Produkte](#)
- [9 Süßwaren](#)
- [10 Kaffee, Kakao und Tee](#)
- [11 Flecken-, Putz- und andere Reinigungsmittel](#)
  - [11.1 Fleckenmittel](#)
  - [11.2 Spezielle Reinigungsmittel](#)
- [12 Waschmittel](#)
- [13 Seifen und andere Körperpflegemittel](#)
  - [13.1 Seifen](#)
  - [13.2 Spezielle Körperpflegemittel](#)
- [14 Freiverkäufliche Arzneimittel](#)
- [15 Produkte aus dem Bau- und Hobbymarkt](#)
- [16 Schreib- und Bürowaren](#)
  - [16.1 Von Farbstiften bis zur farbigen Wandkreide](#)
  - [16.2 Von farbigen Pappen bis zur bedruckten Papierserviette](#)
  - [16.3 Bürozubehör](#)
  - [16.4 Klebstoffe](#)
- [Literaturhinweise](#)
- [Stichwortverzeichnis](#)
- [Endbenutzer-Lizenzvereinbarung](#)

## **Abbildungsverzeichnis**

## Kapitel 1

[Abb. 1.1 Grundstruktur der Anthocyane \(1\), mit R1 und R2 = H im Rotkohlsaft als ...](#)

[Abb. 1.2 UV/Vis-Spektren eines Rotkohlsaftes bei verschiedenen pH-Werten: \(a\) pH...](#)

[Abb. 1.3 Polarogramm einer Eisenlösung in Essigessenz mit Fe\(II\)- und Fe\(III\)-Io...](#)

[Abb. 1.4 Nachbau des chemischen Probierkabinetts von Götting aus Jena von 1790 ...](#)

## Kapitel 2

[Abb. 2.1 Zuckeranalytik mit der schnellen Hochleistungsflüssigkeitschromatografi...](#)

[Abb. 2.2 UV/Vis-Spektren zur Iod-Stärke-Reaktion – jeweils Filtrate der Suspensi...](#)

[Abb. 2.3 Absorptionsspektren zur Iod-Stärke-Reaktion: \(a\) Reaktion mit Hydroxypr...](#)

[Abb. 2.4 Werbung für Liebigs Backpulver durch die Firma seines Neffen in Hannove...](#)

## Kapitel 4

[Abb. 4.1 Die „Anthocyan-Muster“ der HPLC-Chromatogramme von \(a\) Heidelbeer- und ...](#)

[Abb. 4.2 Dünnschichtchromatografisches Anthocyanmuster eines roten Traubensaftes...](#)

[Abb. 4.3 UV/Vis-Spektrenvergleich: \(a\) Rote-Bete-Saft und \(b\) roter Traubensaft ...](#)

[Abb. 4.4 Mineralwasseranalytik mittels schneller Ionenchromatografie mit Komplex...](#)

## Kapitel 5

[Abb. 5.1 Destillation von Essigsäure: „Die Destillation kann aus einer Retorte o...](#)

[Abb. 5.2 Flüssigkeitschromatografie von Essigsäure in verschiedenen Essigsorten ...](#)

[Abb. 5.3 Automatisierte Sulfitanalytik in Fließsystemen. Prinzip: Freisetzung vo...](#)

[Abb. 5.4 Polarografische Analyse von Sulfit. Methode: Differenzielle Pulse-Polar...](#)

[Abb. 5.5 Absorptionsspektren \(a\) einer Lösung mit Eisen\(III\)-acetato-Komplexen i...](#)

[Abb. 5.6 MAGGI's erstes Werbeplakat von 1889 – mit der charakteristischen Flasche...](#)

[Abb. 5.7 UV/Vis-Spektren von Kurkumin aus Currypulver.](#)

## Kapitel 7

[Abb 7.1 Nachweisreaktionen für Proteine und Aminosäuren: \(a\) mit Ninhydrin \(Expe...](#)

## Kapitel 10

[Abb. 10.1 UV/Vis-Spektren zur Reaktion von Eisen\(III\)-Ionen mit Teeinhaltsstoffe...](#)

## Kapitel 11

[Abb. 11.1 Kapillarelektrophorese von Dithionit und anderen Schwefelspezies in ei...](#)

[Abb. 11.2 Polarografische Analyse einer Dithionitlösung auf Neben-/Zerfallsprodu...](#)

[Abb. 11.3 Raman-Spektrum eines kommerziellen Entfärbers \(als Feststoff\). Nachwei...](#)

[Abb. 11.4 Analyse von Citronen- und Amidoschwefelsäure \(Swirl\) in einem Entkalke...](#)

## Kapitel 13

[Abb. 13.1 UV-Vis-Spektren einer Lösung von Eisenpulver in Essigessenz \(a\) vor un...](#)

[Abb. 13.2 Anionenanalyse eines Zahnprothesenreinigers mittels Kapillarelektropho...](#)

## Kapitel 14

[Abb. 14.1 HPLC-Analytik von Ascorbinsäure \(Vitamin C\) Reversed-phase-System mit ...](#)

[Abb. 14.2 Zitronen- und Ascorbinsäure in Calciummineralstofftablette - Analytik ...](#)

## Kapitel 15

[Abb. 15.1 Bild zum „Test einer Kerzenflamme mit einem Papierbogen“ aus Faradays ...](#)

## Kapitel 16

[Abb. 16.1 Grundstruktur der Phthalocyanine](#)

*Georg Schwedt*

# **Experimente mit Supermarktprodukten**

**Eine chemische Warenkunde**

Vierte, aktualisierte und erweiterte Auflage

 **Ernst & Sohn**  
A Wiley Brand

**Autor****Prof. Dr. Georg Schwedt**

Lärchenstr. 21

53117 Bonn

Deutschland

**Umschlagbild**

Unter Verwendung eines Fotos von Shutterstock,

@Pressmaster (ID 140952511).

4. Auflage 2022

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.

© 2022 Ernst &amp; Sohn GmbH, Rotherstraße 21, 10245 Berlin, 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** 978-3-527-34932-6**ePDF ISBN** 978-3-527-83317-7**ePub ISBN** 978-3-527-83316-0**Umschlaggestaltung** ADAM Design, Weinheim**Satz** le-tex publishing services GmbH, Leipzig**Druck und Bindung**

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

## Vorwort zur 4. Auflage

Seit 2001 sind drei Auflagen dieses weit verbreiteten Buches erschienen – die 3. erweiterte und aktualisierte Auflage stammt aus dem Jahr 2008. Seitdem sind in der Zusammensetzung einiger Supermarktprodukte Veränderungen aufgetreten, manche sind möglicherweise vollständig aus dem Angebot verschwunden. Am Beispiel eines großen Supermarktes und eines Drogeriemarktes wurde geprüft, ob einige sehr spezielle Produkte noch auf dem Markt sind bzw. sich in ihrer Zusammensetzung geändert haben. Bei mehreren, systematischen und intensiven Besuchen in verschiedenen Supermärkten konnten nicht alle der in den vorherigen Auflagen beschriebenen Produkte wieder aufgefunden werden. Trotzdem habe ich die entsprechenden Beschreibungen und Versuche in dieser Auflage beibehalten. Es gilt jedoch eine grundlegende Regel:

*Nur wenn die Zusammensetzung eines Produktes mit der hier angegebenen übereinstimmt, ist auch das beschriebene Versuchsergebnis zu erwarten. Daher bitte vor einem Versuch immer die Angaben auf den Verpackungen kontrollieren.*

Neu ist das Kapitel 16 *Produkte aus der Warengruppe „Schreib- und Bürowaren“*, das sich an das Kapitel über spezielle Produkte aus dem Bau- und Hobbymarkt anschließt. Für eine Reihe von Versuchsreihen mit den Möglichkeiten eigener Entdeckungen werden Produkte aus den Segmenten *Bürozubehör, Farb- und Malstifte* (bis Wandtafelkreide), *Papier* (von der Papierserviette bis zu farbigen Papieren) sowie *Klebstoffe* eingesetzt. In der jeweiligen Einführung zur Versuchsreihe werden die Produktgruppen ausführlich vorgestellt und beschrieben.

Bonn, im August 2021

Georg Schwedt

## Vorwort zur 3. Auflage

Das Konzept des Experimentierens mit Supermarktprodukten zur Vermittlung einer Alltagschemie hat inzwischen eine weite Verbreitung gefunden. Für die zahlreichen Einladungen zu Experimentalvorträgen mit unterschiedlichen Themenschwerpunkten habe ich viele neue Experimente entwickeln können. Im März 2007 wurde nach dem in diesem Buch beschriebenen Konzept ein weiteres Schülerlabor in Bonn eröffnet – die von der Deutschen Telekomstiftung finanzierte *ExperimentierKüche* im Deutschen Museum Bonn ([www.deutsches-museumbonn.de](http://www.deutsches-museumbonn.de)), wo fast täglich Workshops für unterschiedliche Klassenstufen durchgeführt werden. Kooperationspartner ist das Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften der Universität Bonn. Für den Bereich Obst und Gemüse ist ein Jahr später in Hamburg das *Schülerlabor Hamburger Großmarkt* (SCOLAB Stiftung) in einem Gebäude auf dem Großmarkt eröffnet worden. Viele der für beide Labore von mir entwickelten Experimente sind in diese 3. Auflage des Buches aufgenommen worden. So konnte die Anzahl der Experimente von 160 auf 224 erhöht werden.

Bonn, im August 2008

Georg Schwedt

# 1 Einführung

## 1.1 Das Konzept

1999 startete der „Stiferverband für die Deutsche Wissenschaft“ sein Aktionsprogramm PUSH (public understanding of science and humanities) – als Dialog Wissenschaft und Gesellschaft. Das Memorandum unterzeichneten am 27. Mai 1999 die Präsidenten und Vorsitzenden der deutschen Wissenschaftsgesellschaften (Deutsche Forschungsgemeinschaft, Max-Planck- und Fraunhofer-Gesellschaft, Wissenschaftsrat, Stiferverband sowie Hermann Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren und Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz) im Wissenschaftszentrum Bonn. Wesentliche Punkte dieses Memorandums sind:

- Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler werden aufgefordert, ihre Arbeit öffentlich auch in einer für den Nichtspezialisten verständlichen Form darzustellen.
- Hochschulen und Forschungseinrichtungen werden aufgefordert, die notwendige Infrastruktur bereitzustellen sowie Lehr- und Weiterbildungsangebote zu entwickeln, die die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in die Lage versetzen, ihre Arbeit öffentlich zu präsentieren.

Der Projektvorschlag *Chemische Experimente mit Supermarktprodukten unter der Lupe* wurde im Dezember 1999 bei insgesamt 216 Anträgen mit einem der 22 Förderpreise ausgezeichnet. Er ging im Ansatz davon aus,

dass die Akzeptanz chemischer Forschung ganz besonderer Anstrengungen bedarf. Insbesondere ist einem weitverbreiteten Vorurteil entgegenzuwirken, man solle nur Dinge oder Produkte benutzen, in denen keine Chemie enthalten sei. Diesem Vorurteil gilt es entgegenzuhalten, *dass alles Chemie ist, was unser Leben betrifft*. Um diese Tatsache auch dem Laien deutlich und verständlich zu machen, sind solche Experimente besonders geeignet, die sich mit den „natürlichen“ Inhaltsstoffen und auch mit den Zusatzstoffen (oft „natürlicher“ Herkunft) in Produkten der Supermärkte bzw. des privaten Haushalts beschäftigen.

## **1. Stufe: Vermittlung von chemischem Basiswissen**

Die Zutatenlisten bzw. Inhaltsangaben von Supermarktprodukten (vom Lebensmittelsupermarkt über den Drogeriemarkt bis in den Bau-, Garten- und Hobbymarkt), d. h. von Haushalts- und damit Alltagsprodukten, weisen die Namen zahlreicher chemischer Stoffe auf. Die Eigenschaften und die Wirkungsweise, die sich hinter diesen oft komplizierten, auch dem Chemiker nicht immer geläufigen Stoffen verbergen, sind den meisten Verbrauchern jedoch unbekannt. Andererseits eignen sich Haushaltsprodukte mit ihren Hauptinhaltsstoffen bei Kenntnis der Gesamtzusammensetzung auch für eindeutige chemische Experimente, wobei ein gekennzeichnete Stoff oder eine Stoffgruppe aus einem Lebensmittel mit einer anderen Substanz, die z. B. in einem Reinigungsmittel enthalten ist, zur Reaktion gebracht wird. Mithilfe einfacher chemischer Versuche, die bis auf wenige Chemikalien ausschließlich mit den Haushaltsprodukten selbst durchgeführt werden, können interessierte Laien Stoffeigenschaften in Gestalt von Phänomenen - Farbreaktionen, Gasentwicklungen, Bildung neuer Stoffe, Entstehung und Isolierung

verschiedenartiger in Wasser oder organischen Lösemitteln wie Spiritus oder Benzin unlöslicher Produkte – kennenlernen. Sie eignen sich auf diese Weise, mit dem Hintergrund ihres speziellen Interesses für ein Produkt und spielerisch, ein *an Alltagsprodukten orientiertes Basiswissen der Chemie* an.

Im Rahmen des Förderpreises wurde ein Versuchsprogramm entwickelt, das so aufgebaut ist, dass die Einzelversuche sich mit den Hauptinhaltsstoffen und Zusatzstoffen von Produkten aus insgesamt 14 Warengruppen beschäftigen. Die Warengruppen wurden in Anlehnung an den Aufbau von Supermärkten gewählt. Ein ausführlich beschriebenes und in den zu erwartenden Ergebnissen erläutertes beispielhaftes Experiment steht immer für eine Reihe eigener weiterer Entdeckungen mit anderen Produkten, wozu auch Anregungen gegeben werden. Auch die Vergleiche von Produkten im Experiment spielen dabei eine wichtige Rolle. Das genannte Basiswissen umfasst Bereiche der anorganischen, analytischen, organischen, physikalischen Chemie und der Biochemie.

Einige Reagenzien, die am Anfang stehen – Rotkohlsaft, Iodlösung, Eisenlösung, Kalkwasser und Seifenauflösung (auch Kaliumpermanganat und Kupfersulfatlösung) – eignen sich für Untersuchungen sehr unterschiedlicher Produkte. Mit ihnen allein lässt sich schon ein kleines Versuchsprogramm zusammenstellen. Ziel aller Einzelexperimente ist, eine wesentliche Eigenschaft eines Produktinhaltsstoffes so vorzustellen, dass sich dieses Experiment mit dem in den Erläuterungen vermittelten Grundwissen auch auf möglichst viele andere Produkte übertragen (und im Ergebnis auch deuten) lässt. Die zitierten Beispiele von Zutatenlisten bzw. Inhaltsangaben der Bedarfsgegenstände (meist mit englischen Namen) sollen Informationen über Begleitstoffe vermitteln.

Zugleich machen sie deutlich, dass die übrigen Inhaltsstoffe die beschriebene Reaktion nicht stören. Und schließlich sollen sie auch zu aufmerksamerem Studium der Informationen auf den Verpackungen beim Einkauf im Supermarkt anregen.

## **2. Stufe: Brücken zur aktuellen, instrumentellen Analytik**

Das Projekt hat nicht nur das Ziel, mit einfachen sowohl in Schulen als auch in der eigenen Küche nachvollziehbaren, d. h. auch gefahrlosen Experimenten Eigenschaften von Alltagsstoffen und deren Reaktionen kennen, verstehen und beurteilen zu lernen. Für die Wege zur aktuellen Forschungsanalytik hier einige Beispiele:

Der Zerfall des Reduktionsmittels Dithionit in Entfärbemitteln in mehrere Schwefelspezies (Anionen wie Sulfit, Sulfid und Thiosulfat) ist im einfachen Experiment nur am Sulfid (schwarze Fällung in einer Kupfersulfatlösung durch Bildung von Kupfersulfid) überzeugend darstellbar. Zur Aufklärung der Zerfallsmechanismen wurden von uns in neueren Arbeiten die Methoden Voltammetrie und Kapillarelektrophorese eingesetzt, deren Prinzip und Leistungsfähigkeit Fortgeschrittenen (wie Fachlehrerinnen und -lehrern) an diesem Beispiel aus dem Alltag demonstriert werden. Damit wird zugleich ein Kapitel der Schwefelchemie und der aktuellen Elementspeziesanalytik behandelt.

Die Frage, warum der altbewährte Rotkohlsaft so viel besser zur pH-Indikation geeignet ist als andere rote Säfte (Kirsch-, Heidelbeer- oder Traubensaft), wird mithilfe der Flüssigkeitschromatografie (HPLC) belegt: Im Rotkohlsaft ist im Unterschied zu den anderen Säften im Wesentlichen nur ein Hauptanthocyan enthalten, wie eine Auftrennung der Anthocyan Gemische im Vergleich überzeugend zeigt.

Außerdem werden UV/Vis-Spektren verschiedener Säfte bei unterschiedlichen pH-Werten aufgezeichnet und verglichen.

Die Chemie des Eisens wird einerseits nach dem Lösen von Eisenfeilspänen in Essigessenz in einfachen Versuchen vorgestellt, andererseits liefert die Voltammetrie eine differenzierte Analyse nach Eisen(II)- und Eisen(III)-Ionen. Die Messergebnisse der Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) zeigen, welche Begleitelemente wie Zink, Blei, Mangan, Magnesium in Eisen-/Stahlprodukten des Alltags enthalten sein können.

Über die einfachen, den Möglichkeiten in Schulen angepassten Experimente hinaus werden somit die modernen Methoden der instrumentellen Analytik berücksichtigt und deren Einsatzmöglichkeiten und Leistungsvermögen für spezielle Stoffe aufgezeigt.

Ziel des Versuchsprogramms ist es auch, aufgrund der erworbenen elementaren Stoffkenntnisse einen kritischen Verbraucher heranzubilden. Er soll in die Lage versetzt werden, eine Entscheidung zwischen Produkten mit unterschiedlicher Zusammensetzung, aber ähnlicher Verwendung zu treffen, so z. B. die Frage experimentell beantworten zu können, ob er überhaupt eine Seife mit EDTA und Etidronat oder zur Fleckenentfernung ein Mittel mit schwefelwasserstoffbildendem Dithionit benötigt.

Ein weiteres aktuelles Thema ist die Darstellung des Themas Bioverfügbarkeit von Mineralstoffen an den Beispielen Calcium und Eisen. Auch für diese Fragestellung werden anhand einfacher Modellversuche Grundlagen vermittelt, die in Verbindung mit der Forschung im Institut stehen.

**Das Clausthale SuperLab**

Aus den Mitteln des Stifterverbandes wurde mit dem Logo „wissenschaft im dialog“ im Institut für Anorganische und Analytische Chemie der Technischen Universität Clausthal auch ein Schüler-/Besucherlabor mit dem Namen *Clausthaler Super-Lab* eingerichtet. Es besteht aus mehreren Hundert Supermarktprodukten, jeder Arbeitsplatz ist mit einfachen Geräten (Bechergläser, Schnappdeckelgläser, Plastikpipetten, Trichter, Heizplatte – s. [Abschn. 1.2](#) „Die experimentelle Grundausstattung“) ausgestattet. In ihm können Schüler ab dem neunten Jahrgang chemische Experimente mit Haushalts (Supermarkt)-Produkten selbst durchführen, die ein *Basiswissen von den Stoffeigenschaften* der wichtigsten organischen und anorganischen Inhaltsstoffe vermitteln. Für Fortgeschrittene und Lehrer werden in den Forschungslaboratorien auch Anwendungen der *aktuellen instrumentellen Analytik* vorgestellt. Ziele dieser Kurse sind die Vermittlung

- einer *chemisch orientierten Warenkunde*,
- einfacher Techniken des chemischen Experimentierens *für eigene Entdeckungen*, nur mit Supermarktprodukten ohne spezielle Laborchemikalien, und
- ein *Basiswissen* zum Grundverständnis der Eigenschaften verbreiteter „Zutaten“ (chemischer Inhaltsstoffe) in *Alltagsprodukten*.

Das vorliegende Buch hat darüber hinaus die *Aufgabe*, das bisher insgesamt entwickelte Versuchsprogramm *vielen Interessierten* zugänglich zu machen und auch die weiterführenden Informationen (mit der Literatur zum Nachlesen und Nachschlagen) zu vermitteln.

*Experimente* mit den auf den Verpackungen aufgeführten Inhalts- und Zusatzstoffen stehen im Vordergrund dieses

Experimentalprogramms.

Da es sich nicht um Reaktionen zwischen Einzelstoffen handelt, sind für die meisten der Experimente auch die *vollständigen Angaben über die Inhaltsstoffe (Ingredients* bei den Kosmetika) der verwendeten Produkte aufgeführt. Auf diese Weise lassen sich bei abweichenden Versuchsergebnissen durch Vergleich der Listen (Produktkennzeichnungen) häufig auch die Ursachen dafür erkennen.

Die *Grundausstattung* für die Durchführung der Experimente wird deshalb im Einzelnen aufgeführt, um entsprechend der verwendeten Gefäße zugleich die Mengenverhältnisse (-angaben) für die einzelnen Experimente festlegen zu können.

Bei den beschriebenen *Farbreaktionen* können geringfügig abweichende Farbtöne beobachtet werden. Auch im Clausthaler SuperLab haben verschiedene Schüler den Farbeindruck bei ein und demselben Experiment unterschiedlich bezeichnet.

Die *Anregungen für weitere Versuche* sollen immer wieder deutlich machen, dass bei der Vielfalt an Produkten eines Supermarktes sich viele weitere „chemische Entdeckungen“ machen lassen.

## **1.2 Die experimentelle Grundausstattung**

Die meisten der Reaktionen werden in *Schnappdeckelgläsern* (Volumen 20 ml) durchgeführt. Die Reagenzlösungen werden in 30 oder 50 ml-*Glasflaschen* mit Schraubverschluss aufbewahrt. Für Experimente, bei denen die Proben erhitzt werden müssen, werden kleine *Bechergläser* (25 oder 50 ml) sowie eine *Heizplatte* (im

Haushalt die Herdplatte eines Küchenherdes) benötigt. Zum Dosieren von Feststoffen wird ein *Spatellöffel*, von Flüssigkeiten werden *Plastikpipetten* (3 ml), zum Umrühren beim Erhitzen ein Glasstab (oder Kaffeelöffel) verwendet. Für Filtrationen wird ein kleiner *Plastiktrichter* (Durchmesser 5 cm) mit *Kaffeefilterblättern* (94 mm) eingesetzt. Diese Geräte werden in der Beschreibung der Experimente unter „Materialien“ nicht mehr aufgeführt. Werden darüber hinaus spezielle Gefäße wie z. B. eine Porzellanschale benötigt, so sind diese unter „Materialien“ genannt.

## Reagenzlösungen

Für viele der einzelnen Experimente werden einige Lösungen immer wieder als Reagenzlösungen verwendet. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird ihre Herstellung und Bedeutung an dieser Stelle beschrieben.

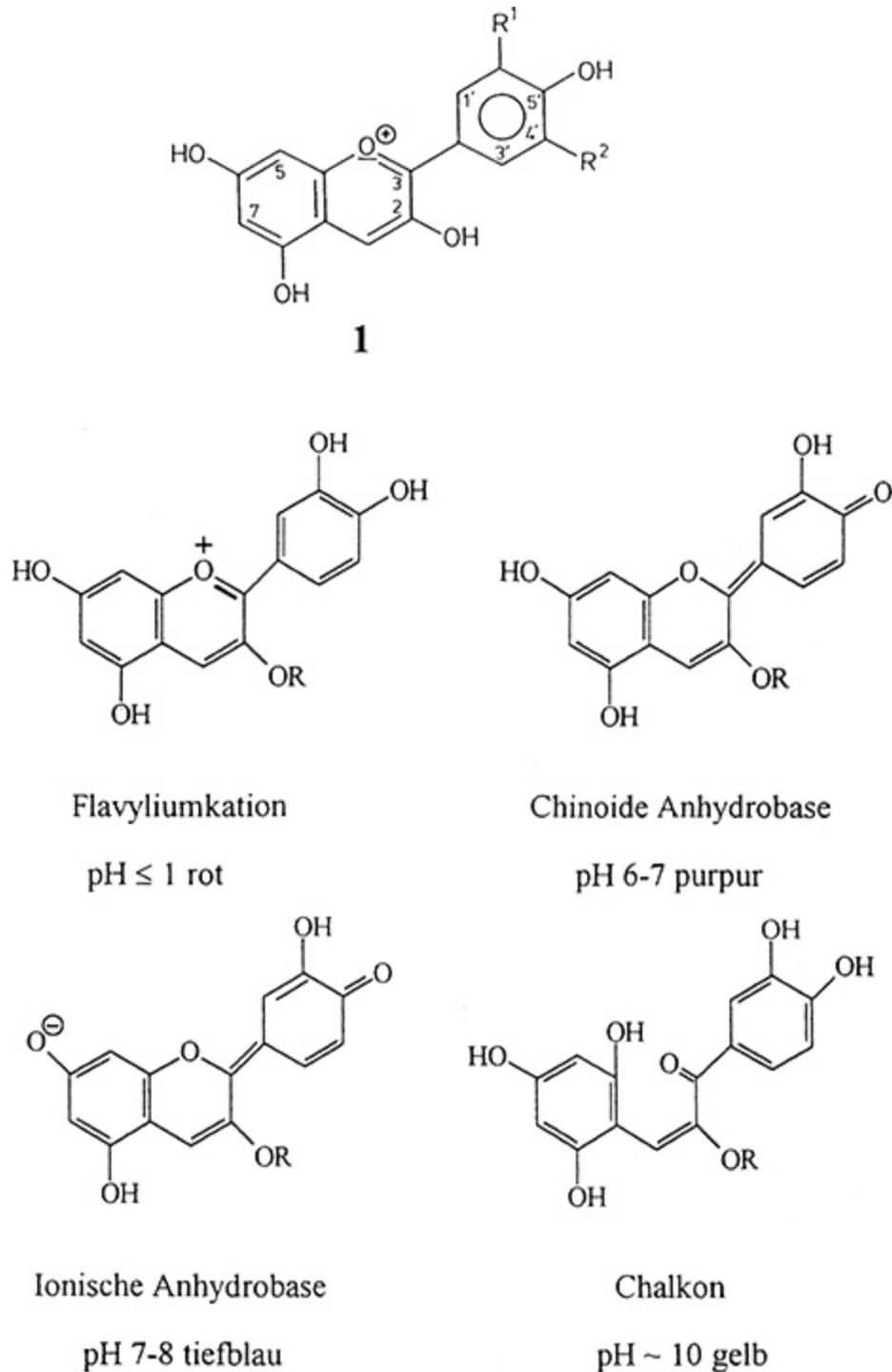
### A. Rotkohlsaft - als pH- und Redoxindikator

#### Historisches

Leonhard *Thurneysser zum Thurn* (1530–1596) aus Basel, gelernter Goldschmied und Anhänger des Arztes und Naturforschers *Paracelsus* (1493–1541), entdeckte die Eignung von Veilchensaft zur Unterscheidung von schwefliger Säure (Schwefeldioxid) - Entfärbung - und Schwefelsäure - Rotfärbung. Dem Chemie-Nobelpreisträger Richard *Willstätter* (1872–1942) gelang es ab 1913, auch die Zusammensetzung und die Struktur der Anthocyane, welche die Eigenschaften eines Chamäleons haben, näher zu erforschen.

<b>Materialien</b>	Ein Blatt von einem Rotkohlkopf, sauberer Sand, 100 ml-Glasflasche, Porzellanschale

<b>Herstellung</b>	<p>Ein Blatt eines Kopfes Rotkohl (etwa 40 g) wird zerkleinert und mit drei Spatellöffeln voll Sand sowie etwa 20 ml Wasser verrieben. Nach 10 min wird der wässrige Extrakt durch das Filterpapier im Trichter in die Glasflasche filtriert. Insgesamt wird fünfmal auf diese Weise eine Extraktion durchgeführt, sodass man etwa 100 ml des Rotkohlsaftes erhält. Die Flasche wird im Kühlschrank aufbewahrt. Haben sich Kolonien von Schimmelpilzen gebildet, so können diese entfernt werden; die Lösung ist trotzdem weiterhin verwendbar und muss nur nach dem Auftreten einer deutlichen Trübung neu hergestellt werden.</p>
<b>Erläuterungen</b>	<p>Rotkohlsaft eignet sich als pH-Indikator aufgrund der pH-abhängigen Eigenschaften der Anthocyane (<a href="#">Abb. 1.1</a>). Weitere Einzelheiten zur Chemie der Anthocyane siehe in <a href="#">Kap. 4</a> „Obst und Gemüse: Konserven und Säfte“. (UV/Vis-Spektren von Rotkohlsaft siehe <a href="#">Abb. 1.2</a>)</p>
<b>Verwendung</b>	<p>Es lassen sich anhand der Farbänderungen folgende pH-Werte unterscheiden:</p> <p>2: rot - 4: pink - 6: violett - 7: blau - 8: grau(stahl)blau - 9: türkis - 10: grün - 12: gelb.</p> <p>Darüber hinaus kann mit diesem Pflanzensaft auch die Wirkung von Reduktions- und auch Oxidationsmitteln erkannt werden.</p>



**Abb. 1.1** Grundstruktur der Anthocyane (**1**), mit R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup> = H im Rotkohlsaft als Rubrobrassin (Cyanidin-3-triglucosid) und pH-abhängige Strukturen (**2**).

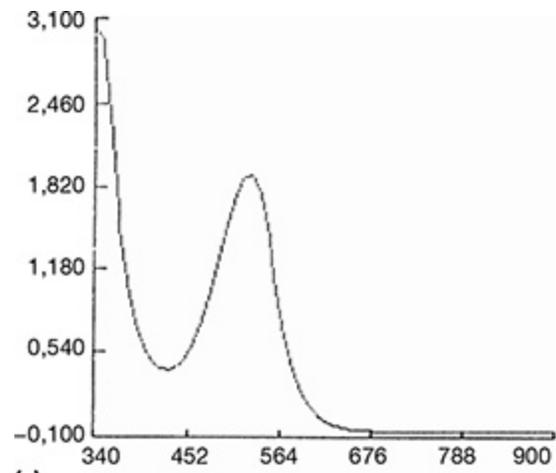
## B. Iodlösung - zum Stärkenachweis und als Oxidationsmittel

<b>Materialien</b>	Betaisodona <sup>®</sup> -Lösung (aus der Apotheke), 100 ml-Glasflasche, destilliertes Wasser (aus dem Supermarkt)
<b>Herstellung</b>	2,5 ml der Iodlösung werden in der Glasflasche auf 100 ml mit destilliertem Wasser verdünnt.
<b>Erläuterungen</b>	Bei der Betaisodona <sup>®</sup> -Lösung handelt es sich um den Wirkstoff Povidon-Iod, d. h. um eine etwa 11%ige Lösung von Iod in Polyvinylpyrrolidon (mittleres Molgewicht 40 000; $(C_6H_9NO)_x \cdot xI$ ). Deklariert sind als sonstige Bestandteile: Glycerol, Nonooxinol 9, Natriummonohydrogenphosphat, Citronensäure, Natriumhydroxid, Kaliumiodat, gereinigtes Wasser.
<b>Verwendung</b>	Diese ethanolfreie Iodlösung wird sowohl für Redoxreaktionen als auch vor allem für die Iod-Stärke-Reaktion (s. <a href="#">Abschn. 2.3</a> , Experiment 15) eingesetzt.

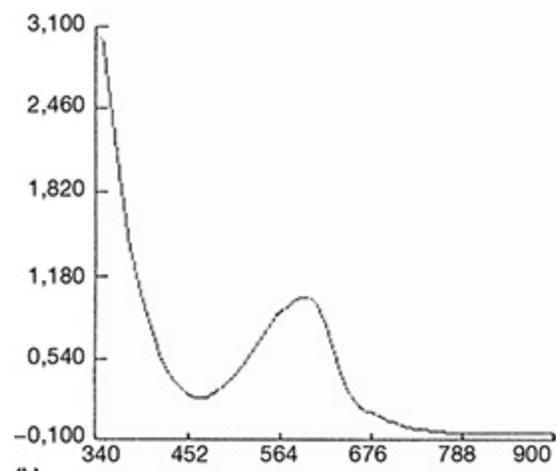
## C. Eisenlösung - zum Nachweis von Komplexbildnern und Reduktionsmitteln

<b>Materialien</b>	Eisennagel (rostfrei), Feile, 100 ml-Flasche, Essigessenz
<b>Herstellung</b>	Der Boden eines 25 ml-Becherglases wird mit durch Feilen des Eisennagels hergestelltem Eisenpulver bedeckt. Dann fügt man etwa 10 ml Essigessenz hinzu, erwärmt bis sich deutlich sichtbar

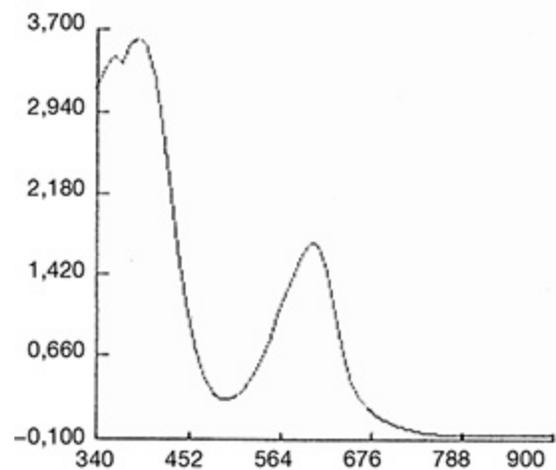
	<p>Gasblasen entwickeln und lässt dann das Eisenpulver ohne weiteres Erwärmen bis zur Verringerung der Wasserstoffentwicklung noch einige Zeit reagieren. Dann filtriert man in die 100 ml-Flasche, schüttelt gut durch und lässt die Lösung 1-2 Tage stehen. Es bildet sich eine rötliche Lösung, die schließlich auf etwa 100 ml mit Wasser verdünnt wird, wobei die Farbe einen Gelbton annimmt.</p>
<b>Erläuterungen</b>	<p>Beim Lösen von Eisenpulver in der Essigessenz entsteht zunächst eine farblose Lösung von Eisen(II)-Ionen. Durch den Luftsauerstoff werden diese langsam oxidiert (zunächst schwache Gelbfärbung) und schließlich bildet sich ein Eisen(III)-acetato-Komplex mit roter Farbe. (Polarogramm einer <math>\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}</math>-Lösung in <a href="#">Abb. 1.3</a>)</p>
<b>Verwendung</b>	<p>Die Eisen(III)-Ionen-Lösung wird zur Prüfung von Reduktionswirkungen (-mitteln) und auch für Experimente zur Eisenchemie eingesetzt.</p>



(a)

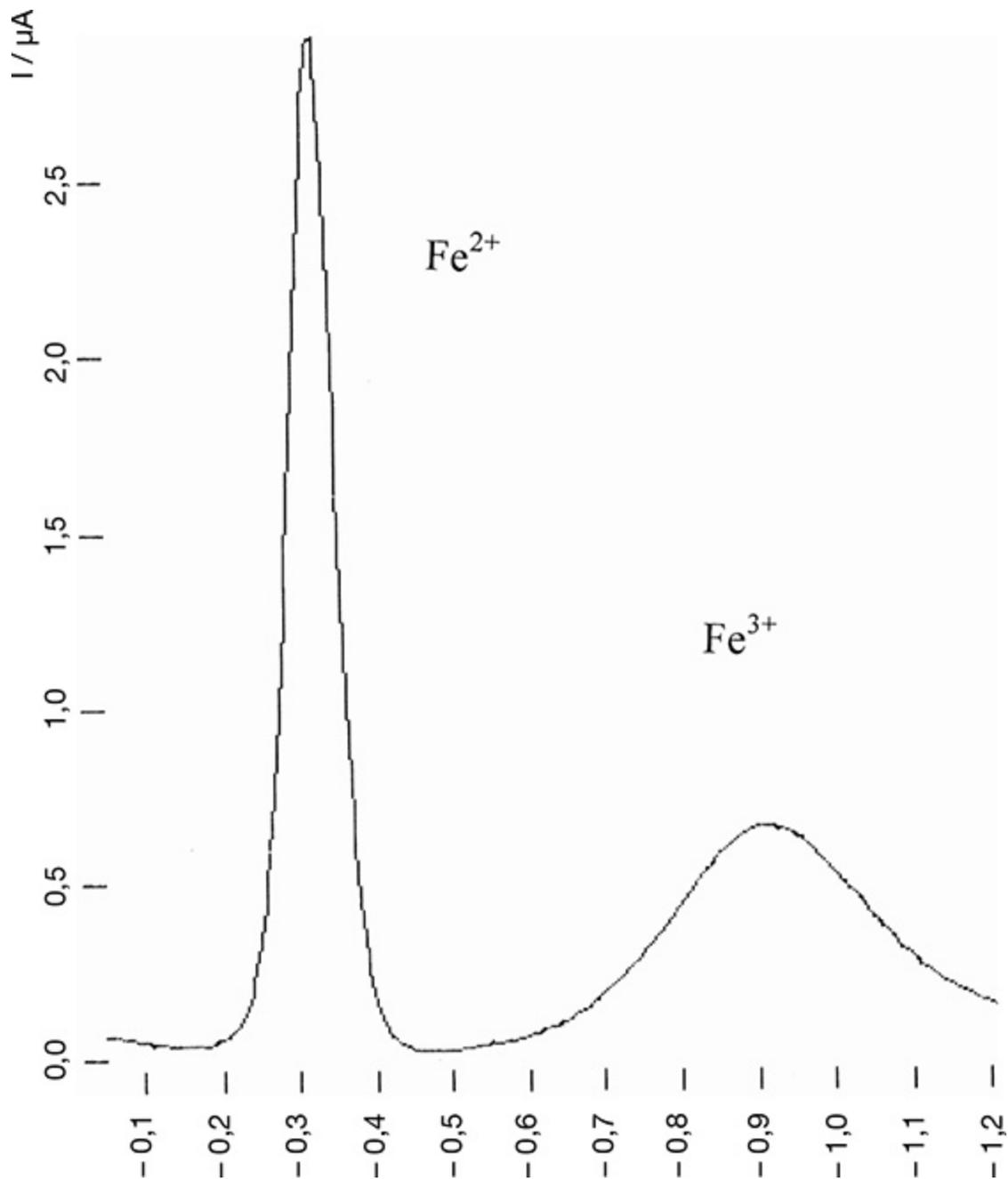


(b)



(c)

**Abb. 1.2** UV/Vis-Spektren eines Rotkohlsaftes bei verschiedenen pH-Werten: (a) pH 2, (b) pH 7, (c) pH 10.



**Abb. 1.3** Polarogramm einer Eisenlösung in Essigessenz mit  $\text{Fe(II)}$ - und  $\text{Fe(III)}$ -Ionen Methode: Differenzielle Pulse-Polarografie mit Quecksilbertropfelektrode,  $U(\text{start})$ : -50 mV,  $U(\text{end})$  -1600 mV, Elektrolyt: 0,1 mol/l  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10 \text{H}_2\text{O}$ , pH 10,3.

## D. Kalkwasser - zum Nachweis von Carbonat, Phosphat und Oxalat

<b>Materialien</b>	100 ml-Becherglas, 100 ml-Vorratsflasche, „Blitzzement“ (enthält <i>Portlandzement und Calciumhydroxid</i> )
<b>Herstellung</b>	20 g <i>Blitzzement</i> werden vorsichtig (H- und P-Sätze auf der Verpackung beachten) mit 50 ml Wasser im Becherglas angerührt. Nach 1-2 min Rühren lässt man den Hauptanteil des Feststoffes absitzen und filtriert die dekantierte überstehende Lösung in die Vorratsflasche. Aus 20 g <i>Blitzzement</i> und 50 ml Wasser werden etwa 25 ml Filtrat erhalten. ( <i>Anregung</i> : Anstelle des Kalkwassers kann auch ein <i>Gipswasser</i> , eine gesättigte Lösung von Calciumsulfat, zum Nachweis von vor allem Carbonaten verwendet werden.)
<b>Erläuterung</b>	Im Reparaturmörtel ist Calciumoxid enthalten, das sich in Wasser zum Teil zu einer gesättigten Lösung an Calciumhydroxid (unter Freiwerden von Wärme) löst.
<b>Verwendung</b>	Aufgrund der schwerlöslichen Calciumverbindungen Calciumcarbonat, Calciumoxalat und Calciumphosphat dient diese Lösung zum Nachweis der entsprechenden Anionen. (Rotkohlsaft - Reagenz A - färbt sich im Kalkwasser grün.)

## E. Seifenauflösung - ein historisches Reagenz

### Historisches

Die „Seifenauflösung“ gehört zu den klassischen Reagenzien der „Probierkabinette“, die als Experimentkästen oder besser tragbare Laboratorien um 1800 gehandelt wurden ([Abb. 1.4](#)). Autoren solcher Probierkabinette, die zahlreiche Reagenzien in Flaschen und ein Anleitungsbuch enthielten, waren der Jenaer Chemieprofessor *Göttling* (1755–1809) und der Pharmazeut *Wiegleb* (1732–1800). Goethe setzte einem solchen Probierkabinett in seinem Roman „Die Wahlverwandtschaften“ ein literarisches Denkmal. (s. in G. Schwedt: Goethes chemische Experimente, Köln 1999)

<b>Materialien</b>	100 ml-Becherglas, 100 ml-Vorratsflasche, Spiritus, Seife ohne EDTA und Etidronat (z. B. <i>Palmolive Original</i> )
<b>Herstellung</b>	Von der Seife wird Pulver mittels Abschaben im Becherglas mit Spiritus übergossen und einige Minuten durch Umrühren gelöst. Dann wird die Lösung in die Vorratsflasche filtriert.
<b>Erläuterung</b>	Seife enthält Natriumsalze (engl. unter „Ingredients“ als sodium bezeichnet) von z. B. Palmkernöl (engl. sodium palm kernelate). Sie lösen sich zum Teil im Spiritus.
<b>Verwendung</b>	Durch den Zusatz einer Säure bilden sich aus den Salzen schwerlösliche Fettsäuren, die eine milchige Trübung verursachen. Calcium- oder Magnesium- und andere Ionen ergeben schwerlösliche Salze, die in Form von Flocken ausfallen und gegen das Licht betrachtet infolge Lichtbrechung rötlich erscheinen. Mit der Seifenauflösung können somit sowohl freie Säuren als auch vor allem Calciumsalze nachgewiesen

werden, welche die Härte des Wassers verursachen (s. dazu [Kap. 13](#)).



**Abb. 1.4** Nachbau des chemischen Probierkabinetts von Götting aus Jena von 1790 – aus der Werkstatt des Instituts für Anorganische und Analytische Chemie der TU Clausthal.

## 2

# Zucker, Honig, Stärke/Mehle, Backpulver, Backmischungen und Spezialbrote

## 2.1 Zucker

### Historisches

Das Wort *Zucker* stammt vom arabischen *sukkar*, das wiederum auf das altindische Wort *sárkará* für Kieselsteine (Zuckerkristalle) zurückgeht. Dieser sprachliche Entwicklungsweg entsprach dem Handelsweg von Indien über das arabische Mittelmeer nach Italien und von dort nach Mitteleuropa. Im Ursprungsland des Zuckerrohrs Nordostindien wurde die Kristallisation des Zuckers im 4. Jahrhundert n. Chr. entdeckt. Um 700 wurde Zuckerrohr in Ägypten angebaut und im 9. Jahrhundert in Europa. Durch *Christoph Kolumbus* (1451–1506) kam der Zuckerrohranbau von den Kanarischen Inseln auch nach Haiti. Die ersten Zuckerraffinerien in England, den Niederlanden und in Deutschland entstanden im 16. Jahrhundert. *Angelus Sala* (1576–1637) aus Venetien, Alchemist und Arzt, schrieb in Rostock das erste Zuckerfachbuch in deutscher Sprache, die „*Saccharologia*“ (1637), als er dem Herzog von Mecklenburg-Güstrow als Leibarzt diente. Die Raffination des Rohrzuckers aus Übersee erfolgte vorwiegend in den großen Hafenstädten. Um 1750 war Hamburg das Zentrum in Mitteleuropa mit 350 Siedereien.

War Zucker anfangs vor allem ein Teil von Arzneimitteln und ein Luxusartikel, so wurde er nach der Entdeckung in

der Runkelrübe 1747 durch *Andreas Sigismund Marggraf* (1709–1782) und infolge der Weiterentwicklung der Rübenzuckergewinnung ab 1798 durch *Franz Carl Achard* (1753–1821) zu einem allgemeinen Nahrungsmittel. Eine Broschüre von Achard („Direktor der physikalischen Klasse bey der K. Academie der Wissenschaften zu Berlin“) mit dem Titel „Der neueste deutsche Stellvertreter des indischen Zuckers oder: Der Zucker aus der Runkelrübe, die wichtigste und wohltätigste Entdeckung des 18ten Jahrhunderts“ wurde um 1800 zum Bestseller.

Der *Brockhaus* von 1841 definierte *Zucker oder Zuckerstoff* wie folgt:

„Man versteht darunter jede süße, durch Gährung in Weingeist und Essig übergehende, trocken verbrennliche, aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff zusammengesetzte Materie.“

1844 wurde von *Carl Schmidt* (lebte von 1822 bis 1894; war 1843/44 Schüler Liebig's in Gießen, später Professor an der deutschsprachigen Universität Dorpat) der Name *Kohlenhydrate* - formal: Hydrate des Kohlenstoffs  $C_nH_{2n}O_n = C_n(H_2O)_n$  - eingeführt.

## **Warenkunde**

- *Saccharose* (umgangssprachlich = *Zucker*; Disaccharid aus Glucose und Fructose), Produktion als *Rübenzucker* (oder als *Rohrzucker*); *Weißzucker* (mit speziellen lebensmittelrechtlichen Anforderungen): eine durch Affination (Auswaschen, Entfernen der an Zuckerkristallen anhaftenden Melasse) aus Rohrzucker gewonnene Zuckersorte. *Raffinade* (z. B. EG-Qualität I): aus Weißzucker durch erneute Reinigung (Raffination: Wiederauflösung, Aktivkohlebehandlung und Auskristallisation durch Eindampfen im Vakuum)