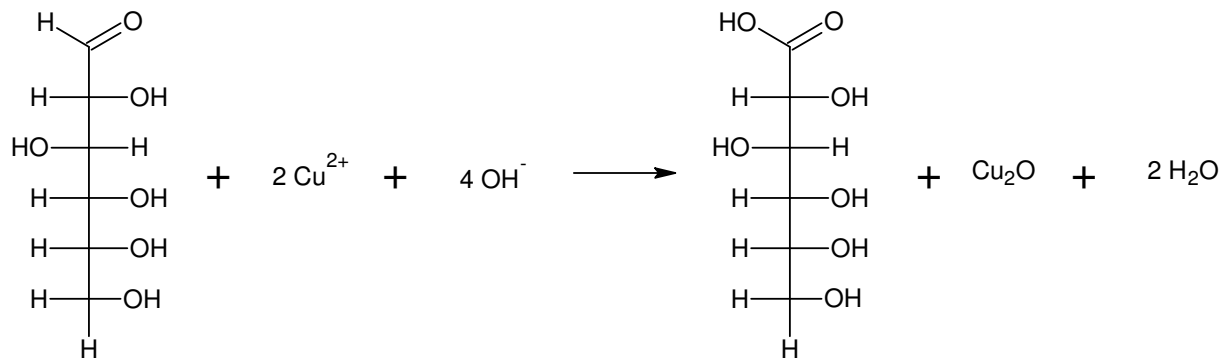


Versuchsprotokoll

Nachweise für Mono-, Di- und Polysaccharide

Gruppe 9, Typ: Pflichtversuch

1. Reaktionsgleichung



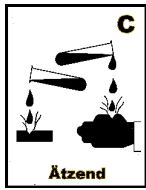
2. Zeitbedarf

	Teil 1	Teil 2	Teil 3
Vorbereitung	5 min	5 min	5 min
Durchführung	7 min	15 min	10 min
Nachbearbeitung	2 min	2 min	2 min

3. Chemikalien

Name	Summenformel	Gefahrensymbol	R-Sätze	S-Sätze	Einsatz in der Schule
Fehling I	$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	-	-	-	S I
Fehling II	$\text{NaOH}_{(\text{aq})}$, $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{KNa}_{(\text{aq})}$	C	35	26/27, 37/39	S I
Salzsäure c = 2 mol/L	HCl	-	-	-	S I
Iod-Kaliumiodid- Lösung	$\text{KI} \cdot \text{I}_2$	-	-	-	S I
Glucose	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	-	-	-	S I
Saccharose	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	-	-	-	S I
Stärke	$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$	-	-	-	S I

Gefahrensymbole



4. Materialien/Geräte

Reagenzgläser, 6 Pipetten, 2 Bechergläser

5. Versuchsaufbau

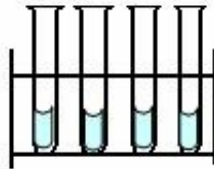


Abb. 1: Versuchsaufbau^[5]

6. Versuchsdurchführung

I. Monosaccharide

Eine Spatelspitze Glucose wird in wenig Wasser gelöst. In einem Reagenzglas wird eine Pipettenfüllung Fehling I mit einer Pipettenfüllung Fehling II gemischt und anschließend eine Pipettenfüllung der Glucoselösung zugefügt. Die Lösung wird im Wasserbad erhitzt.

II. Disaccharide

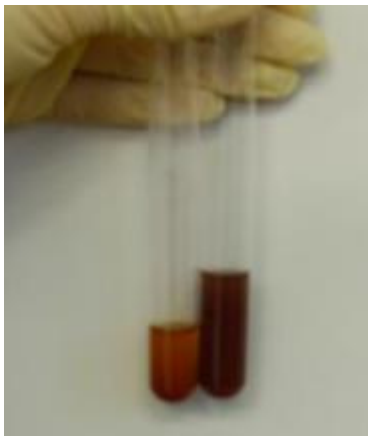
Eine Spatelspitze Saccharose wird in wenig Wasser gelöst. Man verfährt weiter wie in Versuch I. Anschließend kocht man eine Saccharose-Lösung 2 min lang mit 10 Tropfen verdünnter Salzsäure und macht die Lösung nach dem Abkühlen alkalisch. Anschließend verfährt man wiederum wie in Versuch I.

III. Polysaccharide

Eine Spatelspitze Stärke wird mit wenig Wasser zu einem Brei gerührt. Dieser Brei wird in ein Becherglas mit kochendem Wasser gegeben. Anschließend werden einige Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung hinzu gegeben.

7. Beobachtung

- I. Das Mischen von Fehling I und Fehling II ergibt eine tiefblaue Lösung, deren Farbe sich auch nach Zugabe der Glucose-Lösung nicht ändert. Durch das Erwärmen erfolgt ein langsamer Farbumschlag nach rot mit Niederschlagsbildung.
- II. Im ersten Versuch bleibt die Lösung auch nach dem Erwärmen tiefblau. Nach dem Sieden mit HCl und erneuter Fehlingprobe erfolgt auch hier ein langsamer Farbumschlag nach rot.
- III. Das Lösen der Stärke in Wasser ergibt einen weißen trüben Brei. Gibt man diesen in kochendes Wasser entsteht eine weiße Lösung, die nach Zutropfen der Iod-Kaliumiodid-Lösung blau verfärbt. Nach einigen Minuten bildet sich im Becherglas ein klares farbloses Gel.



(Leider kein Foto des farbloses Gels)

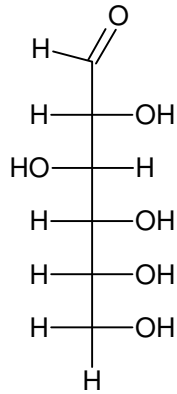
Abb. 2: links Fehlingprobe mit Glucose
rechts Fehlingprobe mit Saccharose nach dem
Sieden mit HCl

8. Entsorgung

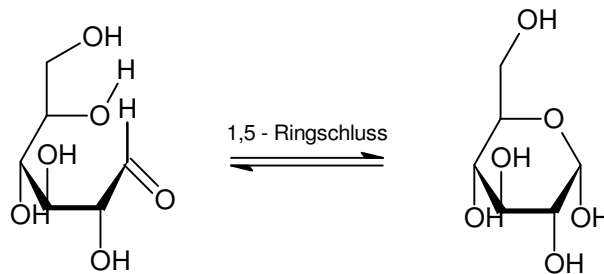
Die Lösungen werden neutral in den Behälter für organische Lösungsmittel gegeben. Das Gel wird trocken im Behälter für Feststoffe entsorgt.

9. Fachliche Analyse

Glucose ist ein Monosaccharid, auch Einfachzucker genannt. Genauer gesagt handelt es sich bei der Glucose um eine Aldose, also ein Monosaccharid, das in endständiger Position eine Aldehydgruppe trägt. Glucose wird in der Regel in der Fischerprojektion dargestellt (hier D-Glucose):

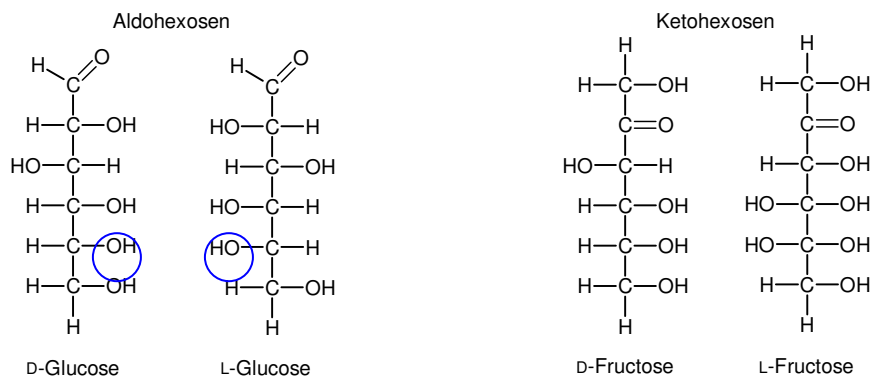


Die meisten Zucker, so auch die Glucose, liegen jedoch im Gleichgewicht mit der Halbacetal-Form vor. Dabei lagert sich der Sauerstoff der Alkohol-Gruppe an das C5-Kohlenstoffatom der Aldehyd-Gruppe an. Mit einem 1,5-Ringschluss entsteht so das Halbacetal der Glucose.

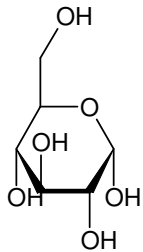


Bei der Saccharose handelt es sich um Disaccharid. Es besteht aus einem Molekül D-Glucose und einem Molekül D-Fructose, die über eine α -1,2-glykosidische Bindung verknüpft sind. Die Verknüpfung dieser beiden Moleküle erfolgt über die Bildung von Acetalen.

Die Bezeichnung der Saccharide findet über Trivialnamen statt. Die Enantiomere werden durch die D- und L-Nomenklatur unterschieden. Ausschlaggebend ist dabei das asymmetrische Kohlenstoffatom, das am weitesten von der Carbonylgruppe entfernt ist. Steht die OH-Gruppe dieses Kohlenstoffatoms in der Fischerprojektion nach rechts, so erhält es das Präfix D, steht sie links, so ist das Präfix L. In der Natur kommen nur die D-Glucose und die D-Fructose vor.

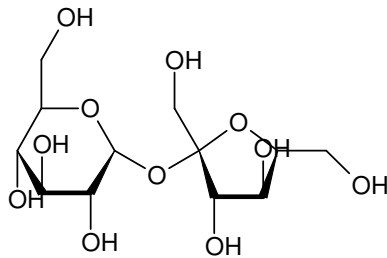


Die Stärke ist ein Polysaccharid. Sie besteht aus einer Mischung von Amylose und Amylopektin. Je nach Ursprung der Stärke ist diese Mischung verschieden. Bei der Amylose handelt es sich um ein kettenförmiges Molekül, das aus bis zu 1400 Glucose-Einheiten besteht und helixartig gewunden ist. Das Amylopektin wiederum besteht aus Amyloseketten, die miteinander verzweigt sind. Es besteht aus bis zu 6200 Glucose-Einheiten.



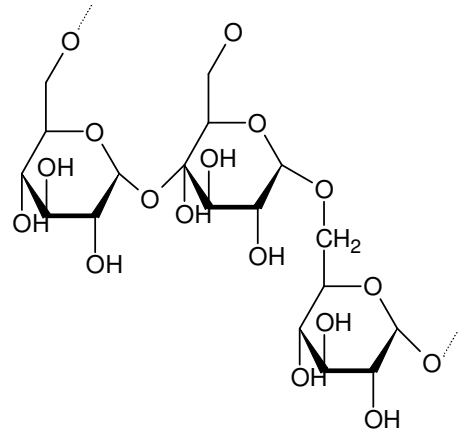
D-Glucose

(3R,4S,5S,6R)-6-(Hydroxymethyl)oxan-2,3,4,5-tetrol



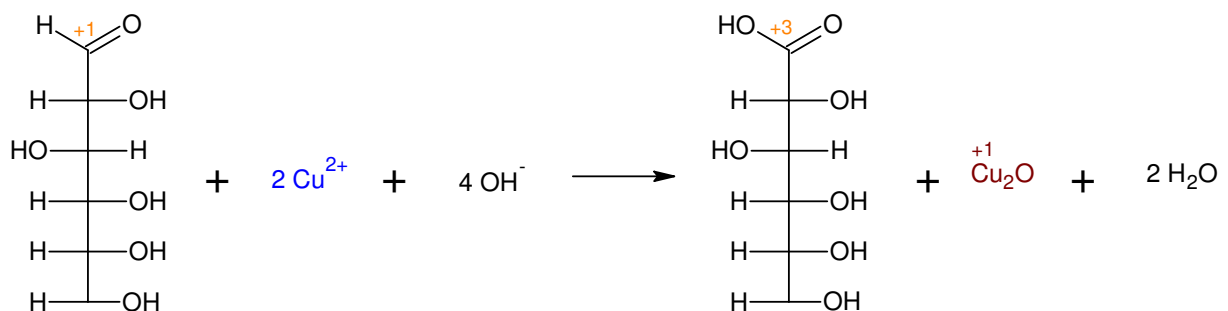
Saccharose

2-β-D-Fructofuranosyl-1-α-D-Glucopyranosid



Stärke

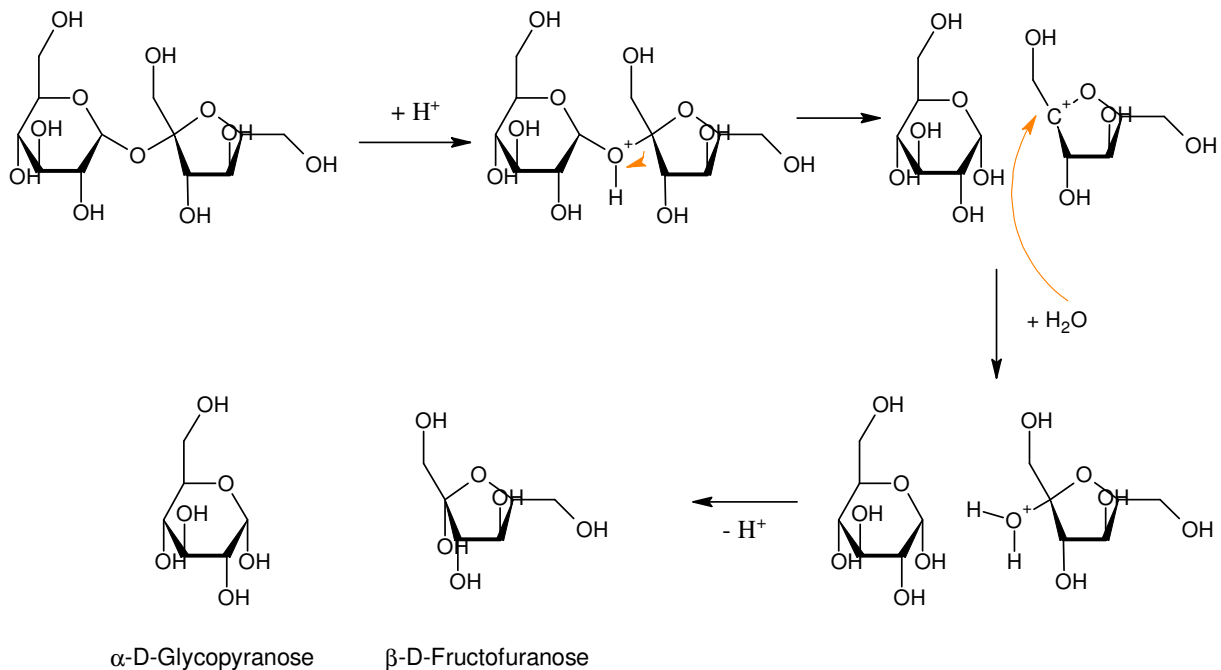
I. Beim Nachweis von Glucose mit Fehling-Reagenz geht man von der Glucose in Fischer-Projektion und nicht der Halbacetal-Form aus. Die Glucose besitzt eine Aldehydgruppe, die durch Fehling-Reagenz zu einer Carbonsäure oxidiert wird. Dazu greift das Sauerstoffatom der Hydroxid-Gruppe das Kohlenstoffatom der Aldehydgruppe der Glucose an. Durch Abspaltung des Wasserstoffatoms, welches sich mit einer anderen Hydroxid-Gruppe zu Wasser verbindet, bildet sich Gluconsäure. Außerdem entsteht aus den in Lösung vorliegenden blauen Cu^{2+} -Ionen das rote Kupferoxid.



Der Fehling-Test weist reduzierende Saccharide nach. Reduzierende Saccharide sind Mono-, Di- und Polysaccharide, die in einer endständigen Position eine Aldehydgruppe besitzen, wobei Di- und Polysaccharide dafür erst gespalten werden müssen, wie es im folgenden Versuch gezeigt wird.

II. Saccharose ist kein reduzierendes Saccharid. Dies liegt daran, dass das anomere Kohlenstoff-Atom der Glucose, also das, was bei der offenkettigen Form zur Aldehydgruppe gehört, an der Bindung zwischen dem Glucose und dem Fructosemolekül beteiligt ist und somit nicht zur Bildung eines Aldehyds zur Verfügung steht. Der gleiche Effekt tritt analog beim Fructose-Molekül auf, dessen anomeres Kohlenstoffatom ebenfalls an der Bindung zwischen den beiden Molekülen beteiligt ist und auch nicht für die Bildung einer Aldehydgruppe zur Verfügung steht.

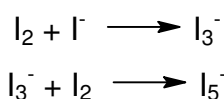
Durch die Zugabe der Salzsäure wird das Saccharose-Molekül in α -D-Glucose und β -D-Fructose gespalten. Dazu bindet sich das Wasserstoffatom der Salzsäure an das überbrückende Sauerstoffatom, wodurch dieses eine positive Ladung erhält. Im nächsten Schritt spalten sich die beiden Moleküle. Es entsteht die α -D-Glucose und ein Carbokation. An das positiv geladene Kohlenstoffatom bindet sich das Wassermolekül. Durch Abspaltung eines Wasserstoffatoms entsteht so die β -D-Fructose. Die Endung -pyranose verweist darauf, dass das Produkt aus einem Sechsring mit fünf Kohlenstoff- und einem Wasserstoffatom besteht. -furanose hingegen bedeutet, dass das Produkt aus einem Fünfring mit vier Kohlenstoff- und einem Sauerstoffatom besteht.



[2]

Die entstandene α -D-Glucose und β -D-Fructose sind die Halbacetal-Formen der Glucose bzw. Fructose. Wie oben beschrieben, liegen die beiden Formen im Gleichgewicht vor. Aus diesem Grund können beide Produkte durch den Fehling-Test wie in Versuch I nachgewiesen werden. Die Reaktionsmechanismen verlaufen analog.

III. Die Iod-Kaliumiodid-Lösung wird auch als Lugolsche-Lösung bezeichnet. Das Iod löst sich darin in Gegenwart von Iodidlösung zu I_3^- und I_5^- .



Wenn diese Iod-Anionen auf Stärke treffen lagern sie sich im inneren Hohlraum der Amylose an.

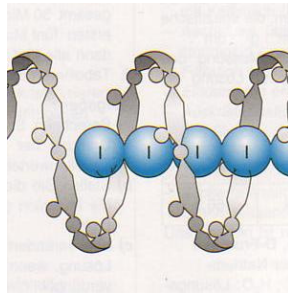


Abb. 3: Iodstärke^[3]

Die Iod-Anionen (blaue Kugeln) lagern sich innerhalb der gewundenen Stärke an.

Durch diese Einlagerung entsteht ein tiefblauer Charge-Transfer-Komplex, also ein lockerer Zusammenschluss von verschiedenen Molekülen der auf Wechselwirkung der π -Elektronen zwischen den elektronenreichen Iod-Anionen und der elektronenarmen Stärke-Helix beruht.

Man kann umgekehrt natürlich auch durch den tiefblauen Komplex Iod, besser gesagt Iod-Anionen, durch Stärkelösung nachweisen.

10. Didaktische Analyse

Dieser Versuch ist für den GK und den LK der Jahrgangsstufe 12 (G 9) vorgesehen. Unter dem Thema „Kohlenstoffchemie II: Technisch und biologisch wichtige Kohlenstoffverbindungen“ wird sich der Unterricht neben der Naturstoffklasse der Kohlenhydrate auch mit Fetten und Aminosäuren beschäftigen. Im GK stehen allein für das Thema der Kohlenhydrate 12 Stunden zu Verfügung, für den LK in etwa das doppelte. Zur Einführung des Themas könnte aus einer Zuckerrübe Zucker gewonnen werden^[4]:

Für diesen Versuch werden kleingeriebene Rübenschnipsel in 200 mL kochendes Wasser gegeben. Nach ca. 6 min wird der Rübenrückstand mit einem Sieb abgenommen. Die Flüssigkeit wird vorsichtig über dem Bunsenbrenner eingedickt. Das entstandene Sirup ist noch sehr unrein und wird deshalb mit Aktivkohle verrührt und erneut abfiltriert. Dieses Filtrat wird erneut im Wasserbad eingedickt und getrocknet. Nach ca. zwei Tagen kristallisiert Zucker aus.

Wird dieser Versuch in einem für Lebensmittel bestimmten Becherglas durchgeführt kann der Zucker von den Schülern probiert werden. Anschließend kann mit diesem, anstelle des Haushaltszuckers, der Fehling-Test, bzw. das vorherige Auskochen mit Salzsäure, durchgeführt werden. Ebenso kann zum Nachweis des Einfachzuckers anstelle von Glucose Traubenzucker (z.B. Dextro Energen) benutzt werden. Letztendlich besteht zwar beides aus der gleichen Substanz, der Glucose, aber den Traubenzucker kennen die Schüler aus dem Alltag. Für den Nachweis von Stärke kann ebenso ein Alltagsgegenstand benutzt werden, z.B. eine Kartoffel. Zeitlich und materiell ist sind die Nachweisreaktionen wenig aufwändig. Sie können daher gut von den Schülern in kleinen Gruppen durchgeführt werden. In diesem Zusammenhang muss natürlich auf die Vorkommen und die Verwendung, sowie die Struktur der Saccharide eingegangen werden. Anschließend können weitere Eigenschaften behandelt werden. Hier bietet sich der Versuch „Das brummende Gummibärchen“ an^[8]:

In einem schwerschmelzbaren Reagenzglas werden mit dem Bunsenbrenner. 5 g Kaliumchlorat geschmolzen. Man entfernt die Bunsenbrennerflamme und gibt ein Gummibärchen ins Reagenzglas.

Gerade dieser Versuch ist auch bei mehrmaliger Durchführung immer wieder interessant. Im Reagenzglas findet mehrere verschiedene exotherme Reaktionen statt, die das Gummibärchen zu „tanzen“ und „brummen“ bringen. Durch die Geräusche und die Entstehung von rot-gelben Flammen wird hier sicher das Interesse der Schüler geweckt.

Als Abschluss könnte der Versuch „Blue Bottle“ durchgeführt werden. Dieser zeigt einen Farbwechsel je nachdem, ob die Lösung geschüttelt oder in Ruhe gelassen wird. Die Glucose ist hier für eine Reduktion des Methylenblaus zu Leukomethylenblau verantwortlich.

11. Literatur

Versuchsquelle:

[1] Schneider, R. J., *Thema 6: Kohlenhydrate*, Universität Bonn, Institut für Pflanzenernährung, 2001, http://www.fate.uni-bonn.de/netscape/ocpraktikum/SS_Thema6.pdf, (letzter Zugriff: 11.10.08, 20:09 Uhr)

Fachquellen:

[2] Austing, J., *Inversion von Saccharose*, Philipps-Universität Marburg, Organisch-chemisches Praktikum für Studierende des Lehramts WS 06/07, (letzter Zugriff: 11.12.08, 20:09 Uhr)

[3] Compuchem, Software Chemie, Hydratisierung, <http://www.compuchem.de/literat/book.pdf>, (letzter Zugriff: 11.10.08, 20:09 Uhr)

[4] CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH, *Organische Chemie – Kohlenhydrate - Zucker*, http://www.conatex.com/mediapool/versuchsanleitungen/VAD_Chemie_Zucker.pdf (letzter Zugriff: 6.12.08, 17:48 Uhr)

[5] Gieseler, D., *Stärke*, Berufsschule Winsen, <http://www.bs-wiki.de/mediawiki/index.php/Amylose>, (letzter Zugriff: 12.12.08, 16:24 Uhr)

[6] Landesbildungsserver Baden-Württemberg, <http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/nwt/unterrichtseinheiten/einheiten/aspirin/pro9.html>, (letzter Zugriff: 13.12..08, 15:09 Uhr)

[7] Kuhn, H., *Verbesserung: Nachweis für reduzierende Zucker – Fehling Reaktion*, Organisch-chemisches Praktikum für Studierende des Lehramts WS 06/07, (letzter Zugriff: 11.12.08, 20:09 Uhr)

[8] Schunk, A., Der brummende Gummibär, <http://www.axel-schunk.de/experiment/edm0604.html>, (letzter Zugriff: 11.12.08, 20:09 Uhr)

[9] Unfallkasse Hesse (UKH), Hessisches Kultusministerium, *Hessisches GefahrstoffInformations System Schule (HessGISS)*, Version 11.0, 2006/2007

[10] *Lehrplan Chemie für die Jahrgangsstufen G7 bis G12* des hessischen Kultusministeriums, 2005 (http://www.kultusministerium.hessen.de/irj/HKM_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2)

[11] Fachinformationszentrum Chemie, <http://www.chemgapedia.de> (letzter Zugriff: 18.10.08, 15:09 Uhr)

[12] Wikimedia Foundation Inc., <http://de.wikipedia.org> (letzter Zugriff: 18.10.08, 15:09 Uhr)