

Fructose und die Keto-Endiol-Tautomerie

Ein Beitrag von Britta Beringer, Stuttgart

Niveau: Sek. II

Dauer: 2 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler¹ können ...

- die Fehling-Probe als Nachweis für Aldehyde nennen.
- die Fehling-Probe experimentell durchführen.
- Erklären, was unter der Keto-Endiol-Tautomerie zu verstehen ist und den Vorgang auf molekularer Ebene vereinfacht erklären.

Der Beitrag enthält Materialien für:

- ✓ Schülerversuch
- ✓ Differenzierungsmöglichkeiten

II/C

Hintergrundinformationen

Die **Tautomerie** ist eine besondere Form der Isomerie. Um Isomerie ganz allgemein handelt es sich immer, wenn Moleküle zwar die gleiche Summenformel besitzen, aber die einzelnen Atome unterschiedlich verknüpft sind, sprich die Moleküle voneinander abweichende Strukturen besitzen. Als Tautomerie bezeichnet man Isomere, die durch die Wanderung einzelner Atome oder Atomgruppen schnell ineinander übergehen, d. h. die beiden Isomere in einem dynamischen chemischen Gleichgewicht miteinander stehen. Aufgrund des schnellen Gleichgewichts lassen sich die einzelnen Tautomere oft nicht isolieren; das Mengenverhältnis der Tautomere untereinander ist konstant.

Für die Schule relevant ist das Thema unter anderem als Wiederholung und Anwendung des chemischen Gleichgewichts. An dem Beispiel der Keto-Endiol-Tautomerie und dem Nachweis mit der Fehling-Probe lässt sich die Beeinflussung einer Reaktion nach dem Prinzip von Le Chatelier erarbeiten.

Hinweise zur Didaktik und Methodik

Vor dem Einsatz dieses Vorschlags müssen die Schüler schon grundlegende Kenntnisse über **Kohlenhydrate** besitzen. Im Unterricht sollten die Themen **Isomerie** (auch Spiegelbildisomerie), die Strukturformelbildung der **Glucose** und ihre Ringbildung sowie eine Einführung in die Struktur der **Fructose** schon behandelt worden sein. Darüber hinaus müssen die Schüler in Vorlesungen der Strukturaufklärung der Glucose auch die **Fehling-Probe** schon kennen gelernt haben. Begriffe wie **Aldosen** und **Ketosen** und deren Unterschiede sollten den Schülern schon bekannt sein. Im Anschluss an diese Stunde empfiehlt es sich, den **COD-Test** einzuführen und die Proben nochmals zu überprüfen.

Durchführung

Die folgende Vorgehensweise stellt eine problemorientierte Hinführung zur **Keto-Endiol-Tautomerie** dar. Über einen alltagsnahen Einstieg (**M 1**), der die Schüler anregen und motivieren soll, erhält man die Fragestellung, ob in 100 % Apfeldirektsaft wirklich nur Fruchtzucker/Fructose enthalten ist, wie in der Werbung suggeriert wird, und wie man das durch den aktuellen Wissensstand der Schüler experimentell bestimmen kann. Mithilfe dieses Vorwissens werden die Schüler vorschlagen, die Fehling-Probe einzusetzen (**M 2**)

¹ Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet. Schülerinnen sind genauso gemeint.

und erwarten ein negatives Ergebnis, da bei reiner Fructose, die keine Aldehyd-Gruppe besitzt, der Nachweis auch nicht funktionieren sollte. Zu ihrer Überraschung funktioniert die Nachweisreaktion allerdings, was die Schüler zu der Schlussfolgerung kommen lässt, dass doch Glucose vorhanden sein muss. Um die Glaubwürdigkeit der Saftproduzenten genauer zu überprüfen, wird die Fehling-Probe nun noch mit einer reinen Fructose-Lösung wiederholt, bei der die Nachweisreaktion ebenfalls funktioniert. An dieser Stelle besteht ein kognitiver Konflikt, dessen einzige Lösung darin besteht, dass sich die Fructose irgendwie wie in Glucose umwandeln muss, womit man letztlich bei der Keto-Endiol-Tautomerie ist. In einer Erarbeitungsphase wird die Tautomerie zusammen mit den Schritten erarbeitet (**M 3**) und das überraschende Ergebnis der Fehling-Probe geklärt. Dazu sollen die Schüler mit einem 2D-Modell die Keto-Endiol-Tautomerie besser verstehen. Mithilfe von Modell-schnipseln können die Schüler schrittweise nachvollziehen, was nacheinander passiert. Ein großes Tafelmagnetmodell unterstützt die Ergebnissicherung im Plenum. Ein 3D-Modell wie der Molekülbaukasten wäre an dieser Stelle zu kompliziert, da die nichtbindenden Elektronenpaare nicht sichtbar sind. Zudem ist die 3D-Vorstellung generell schwieriger.

Hinweise zum fachübergreifenden Unterricht

Aufgrund des Einstieges kann man mit diesem Thema einen Bezug zur **Hauswirtschaft** herstellen. In diesem Rahmen können nochmal die unterschiedlichen Wirkungen der beiden Zucker auf den menschlichen Körper besprochen werden. Als Süßungsmittel bei Firmen beliebt, da es eine viel höhere Süßkraft als Glucose besitzt und somit kostengünstiger ist, ist die Fructose nicht risikofrei für den Menschen zu bewerten. Fructose benötigt zur Verwertung im Körper kein Insulin. Insulin trägt jedoch maßgeblich zur Erzeugung des Sättigungsgefühls bei, das bei der Aufnahme von Fructose in der Nahrung deutlich später als bei Glucose einsetzt. Der Mensch isst damit automatisch mehr. Die Folgen sind Übergewicht und Fettleibigkeit, die wiederum mit Fructose begünstigen.

Literatur

Drechsler, M., & Freund, S. (2014). Chemie? - Aber sicher! 4.durchgesehene Auflage. Dillingen a.d. Donau: Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung. Braunschweig: Schrödel.

Ernst, D., Müller, U., Scheurell, S. (2010). Selbstverständlich Chemie. Lehrbuch für die Kursstufe Baden-Württemberg. Berlin: Duden Schulbuchverlag

Gietz, P., Schirle, W., Stein-Bastock, R., Sternberg, M. (2010). Elemente Chemie Kursstufe. Stuttgart: Klett

Internet

Zentrum der Gesundheit (08.01.2018). Fructose (Fruchtzucker) - Die gefährlichste Form aller Zuckerarten. Letzter Zugriff am 26.02.2018 unter: <https://www.zentrum-der-gesundheit.de/fruchtzucker.html>

Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit SV = Schülerversuch Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt

⌚ D = Durchführungszeit LV = Lehrerversuch Fo = Folie

Die **Gefährdungsbeurteilung** finden Sie auf  **CD 66**.

M 1 Ab Rollenspiel: Kaffee und Kuchen bei Mutti**M 2 #SV Unterscheidung von Fructose und Glucose**

- | | | |
|---------------------------|--|---|
| ⌚ V: 5 min
⌚ D: 10 min | <input type="checkbox"/> Fructoselösung (Referenzlösung)
<input type="checkbox"/> Apfelsaft
<input type="checkbox"/> Heißes Wasser vom Pult
<input type="checkbox"/> Fehling-Lösung I (Kupfersulfat-Lösung)  
<input type="checkbox"/> Fehling-Lösung II (Kalium-Natrium-Tartrat-Lösung) | <input type="checkbox"/> Schutzbrille
<input type="checkbox"/> Becherglas
<input type="checkbox"/> 2 Reagenzgläser
<input type="checkbox"/> Reagenzglasständer
<input type="checkbox"/> wasserfester Filzstift zum Beschriften
<input type="checkbox"/> Experimentierunterlage |
|---------------------------|--|---|

M 3 Ab Die Keto-Endiol-Tautomerie

Die Erläuterungen und Lösungen zu den Materialien finden Sie ab Seite 10.

II/C

M 1 Rollenspiel: Kaffee und Kuchen bei Mutti

Sohn Winnie, der Mutti fragt:



[schaut Zutatenliste auf der Orangenlimonade an]

Mutti, auf der Zutatenliste der Orangenlimo steht, dass da Glucose-Fructose-Sirup drin ist. Wozu braucht man das denn?

Mutti (weiß alles):

Glucose und Fructose sind Zucker, die zum Süßen dienen, wobei Fructose eine noch stärkere Süßkraft hat als Glucose.

Onkel Allan (Getränkefirma-Leiter (USA) - will nur Kohle machen):



Ja, mein lieber Neffe, der Glucose-Fructose-Sirup ist toll! Vor allem wenn man viel Fructose verwendet! Denn Fructose hat ja eine viel höhere Süßkraft, weshalb man insgesamt viel weniger davon braucht – dadurch spart man Kosten!

Sohn Winnie:

Ok. Aber wenn Fructose so toll ist, wieso ist denn dann überhaupt noch Glucose in dem Sirup drin?

Onkel Allan:



In unserem High-Fructose Corn Syrup (HFCS) aus den USA ist der Fructose-Anteil deutlich höher als der Glucose-Anteil. Aus unserem subventionierten Genmais hergestellt, ist der HFCS unschlagbar billig. Was will man mehr?

Mutti:

Onkel Onkel... Erzähl doch mal dem Sohn mal von den Nachteilen der Fructose!

Onkel Allan:



[beleidigt]

Pfff. Vor- und Nachteile gibt es doch überall...

Sohn Winnie:

Mutti, was sind das denn für Nachteile?

Mutti:



Naja, Glucose wird bei der Aufnahme durch unseren Körper mit Insulin verwertet. Fructose benötigt zur Verwertung kein Insulin. Insulin trägt maßgeblich zur Erzeugung des Sättigungsgefühls bei, das bei der Aufnahme von fructosereicher Nahrung später als bei normalem Zucker einsetzt. Der Mensch isst damit automatisch mehr. Die Folgen sind Übergewicht und Fettleibigkeit.

Von allen Industriestaaten sind die USA das Land mit dem höchsten Anteil von Fettleibigen. Jetzt weißt du warum.

M 2 Unterscheidung von Fructose und Glucose

Um nachvollziehen zu können, ob in Apfelsaft ausschließlich Fructose enthalten ist, kann die Fehling-Probe eingesetzt werden, die als Nachweisreaktion für Aldehyde dient. Enthält der Apfelsaft keine Glucose, so muss die Probe negativ ausfallen.

Schülerversuch: Fehling-Probe

🕒 Vorbereitung: 5 min

🕒 Durchführung: 10 min

Chemikalien / Gefahrenhinweise pro Gruppe	Geräte pro Gruppe
<input type="checkbox"/> Fructoselösung (Referenzlösung) <input type="checkbox"/> Apfelsaft <input type="checkbox"/> Heißes Wasser vom Pult <input type="checkbox"/> Fehling-Lösung I (Kupfersulfat-Lösung)  <input type="checkbox"/> Fehling-Lösung II (Kalium-Natrium-Tartrat-Lösung)	<input type="checkbox"/> Schutzbrille <input type="checkbox"/> Becherglas <input type="checkbox"/> 2 Reagenzgläser <input type="checkbox"/> Reagenzglasröhre <input type="checkbox"/> Wasserester Folienstift zum Beschriften <input type="checkbox"/> Experimentierunterlage
Achtung: Schutzbrillen tragen	
Entsorgung: Inhalt des Reagenzglases in das Sammelbecherglas am Pult mit Aufschrift „Fehling-Probe“ geben.	

Versuchsdurchführung

- Gib in beide Reagenzgläser jeweils etwa 1 cm Fehling-Lösung I und Fehling-Lösung II (je 1 cm hoch).
- Gib in Reagenzglas 1 etwa 1 cm Fructoselösung (etwa 1 cm hoch) und in Reagenzglas 2 Apfelsaft (etwa 1 cm hoch).
- Stelle die Reagenzgläser in das Becherglas mit heißem Wasser.

Beobachtung	Erklärung

Der RAABE Webshop: Schnell, übersichtlich, sicher!



Wir bieten Ihnen:



Schnelle und intuitive Produktsuche



Übersichtliches Kundenkonto



Komfortable Nutzung über
Computer, Tablet und Smartphone



Höhere Sicherheit durch
SSL-Verschlüsselung

Mehr unter: www.raabe.de