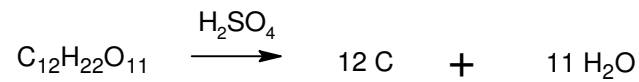


Versuchsprotokoll

Weißer Zucker – schwarze Kohle

Gruppe 9, Typ: Eigenversuch

1. Reaktionsgleichung



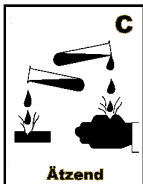
2. Zeitbedarf

	Teil 1
Vorbereitung	3 min
Durchführung	5 min
Nachbearbeitung	10 min

3. Chemikalien

Name	Summenformel	Gefahrensymbol	R-Sätze	S-Sätze	Einsatz in der Schule
Zucker	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	-	-	-	S I
Schwefelsäure, konz.	H_2SO_4	C	35	26-30-45	S I

Gefahrensymbole



4. Materialien/Geräte

300 mL-Becherglas, Waage, Messpipette, Peleusball, Spatel, Glasstab

5. Versuchsaufbau



Abb. 1: In einem Becherglas wird der Zucker mit Schwefelsäure verkohlt.

6. Versuchsdurchführung

Man gibt 30 g Zucker in das Becherglas und gibt 10 mL Schwefelsäure hinzu. Nach kräftigem Umrühren mit dem Glasstab wartet man. Es kann bis zu fünf Minuten dauern, bis eine Reaktion zu beobachten ist.

7. Beobachtung

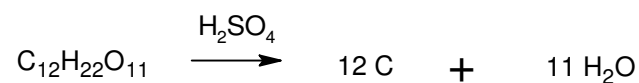
Nach Zugabe der Schwefelsäure färbt sich der Zucker über gelb und braun nach schwarz. Nach ca. 3 min hebt sich die leicht wässrige Suspension unter leichter Rauchentwicklung. Sie wird fester und wächst weit aus dem Becherglas heraus (Abb. 1). Im Becherglas unten ist Luft.

8. Entsorgung

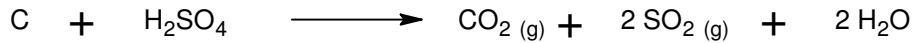
Die Kohle wird trocken im Behälter für Feststoffe entsorgt. Die Reste davon können mit einer Drahtbürste aus dem Becherglas geschrubbt werden.

9. Fachliche Analyse

Die stark hygroskopische (wasserziehende) Schwefelsäure entzieht der Saccharose Wasser. Dies ist jedoch nicht so verstehen, als ob die Saccharose Wassermoleküle besitzen würde. Die Saccharose enthält Hydroxy-Gruppen. Durch Kondensation bleibt Kohlenstoff und Wasser zurück. Diese Reaktion ist stark exotherm.

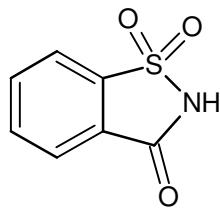


Der Kohlenstoff reagiert teilweise mit der konzentrierten Schwefelsäure weiter zu Kohlenstoffdioxid. Das entstehende Kohlenstoffdioxid- und Schwefeldioxidgas sind für das Aufblähen der Kohle verantwortlich.

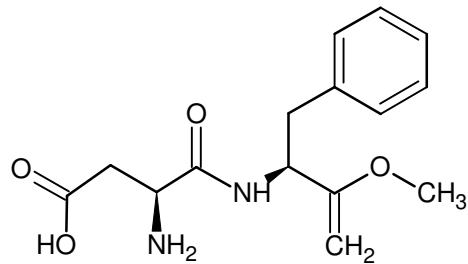


In verkleinertem Maßstab klappt dieser Versuch nicht. Ich habe ihn mit 3 g und mit 6 g Zucker und 1 bzw. 2 mL konzentrierter Schwefelsäure ausprobiert, ohne dass sich die Kohle aufgebläht hat. Der Zucker verkohlte lediglich. Wahrscheinlich war die Menge der eingesetzten Substanzen zu gering, um eine für das Aufblähen erforderliche Wärme zu erzeugen. Ebenso kann zu wenig Schwefelsäure eine Kohlenstoffdioxid- und Schwefeldioxid-Entwicklung verhindern, wodurch das Aufblähen ebenfalls ausbleiben würde.

Saccharose hat wie jedes andere Kohlenhydrat auch eine wichtige Bedeutung für den Menschen als Energieträger. Für Menschen, die z.B. aufgrund der so genannten Zuckerkrankheit „Diabetes mellitus“ ihre Kalorienaufnahme überwachen müssen, stellt Saccharose eine große Gefahr da, weil sie in so vielen Lebensmitteln vorhanden ist. Abhilfe schaffen Süßstoffe wie Saccharin und Aspartam.



Saccharin



Aspartam

Saccharin (griech: sakcharon = Zucker) wurde 1879 von dem Chemiker Ira Remsen entdeckt. Zu dieser Zeit überprüften die Chemiker jede neue Verbindung auf ihren Geschmack. Man stellte fest, dass Saccharin 300mal süßer ist als Saccharose (Zucker werden bezüglich der Süße immer mit Saccharose verglichen, dessen Wert auf 1 festgelegt wurde). In den 1960er Jahren wurde stark diskutiert, ob Saccharin krebserregend sei. Um 1970 fand man bei Ratten einen Zusammenhang zwischen hohen Saccharindosen und Blasentumoren. 1990 stellte sich jedoch heraus, dass Saccharin nicht direkt krebserregend wirkt, die Zellteilung jedoch stark beschleunigt, wodurch die Bildung von Zellmutationen und Tumoren wahrscheinlicher wird.

Der Vorteil von Saccharin gegenüber anderen Süßstoffen ist, dass es hitzestabil ist und kaum mit anderen Chemikalien und Substanzen reagiert, wodurch es vom Menschen mit dem Urin unverändert wieder ausgeschieden wird. Diskutiert wird heute, ob Saccharin für ein Sinken des Blutzuckerspiegels und einem daraus resultierenden Heißhungergefühl verantwortlich ist. Nach der Theorie wird dem Körper aufgrund des süßen Geschmacks signalisiert, dass Zucker aufgenommen wird, wodurch die Bauchspeicheldrüse vermehrt Insulin produziert. Da Saccharin jedoch keinen physiologischen Energiegehalt hat wird das Insulin ausgeschüttet und senkt somit den Blutzuckerspiegel. Dies wiederum nähme der Körper als Mangelzustand wahr, wodurch ein Heißhungergefühl entstünde.

Saccharin wird heute für diabetische Lebensmittel, in Light-Produkten und als Geschmackverstärker eingesetzt. Des Weiteren wird es dem Futter von Jungschweinen zugesetzt, um die Süße der Muttermilch nachzuahmen. Saccharin ist auch als Süßungsmittel in Zahnpasta vorhanden, da es keine Karies verursacht.

Aspartam hingegen besitzt einen physiologischen Energiegehalt. Dieser liegt bei 17 kJ/g und damit leicht höher als der der Saccharose mit 16 kJ/g. Aspartam ist jedoch 180mal süßer als Saccharose. Aus dem Grund wird Aspartam in sehr geringen Mengen in Lebensmittel eingesetzt, wodurch diese einen viel geringen Energiegehalt haben, als mit Saccharose gesüßte Lebensmittel. Dementsprechend eignet sich dieser Süßstoff gut für Diäten und Diabetiker-Nahrung. Außerdem verursacht es ebenfalls keine Karies.

Da Aspartam weder gegen Hitze noch chemisch sehr beständig ist, wird es vorwiegend Getränken zugeführt, die sich im schwach sauren pH-Bereich befinden. Beim Verdauungsprozess im Körper wird Aspartam in Phenylalanin und Asparaginsäure zersetzt. Dabei entstehen geringe Mengen des giftigen Methanols. Die FDA (Food and Drug Administration, Arzneimittelzulassungsbehörde der USA) erklärte 1981, dass 50 mg/kg Körpergewicht Aspartam pro Tag für den Menschen völlig ungefährlich sind. Der EU-Grenzwert wurde jedoch auf 40 mg/Kg Körpergewicht pro Tag festgesetzt. Diese Menge entspricht 26,6 L Cola, oder 266 Süßstofftabletten.

Der Markenname des Aspartam lautet NutraSweet® oder Canderel®. Der Name Aspartam leitet sich von den α -Aminosäuren L-Asparaginsäure und L-Phenylalanin ab, die zum Dipeptid verknüpft sind.

So schön der süße Geschmack und die Nichtbildung von Karies aus klingt, die Saccharose z.B. in Schokolade kann durch die Süßstoffe dennoch nicht ersetzt werden, da sie andere physikalische Eigenschaften aufzeigen, als die Saccharose. In Zusammenhang mit Alditolen (Zuckeralkohole) wie z.B. Sorbit können die charakteristischen Zuckereigenschaften wieder hergestellt werden. Sorbit besitzt 60 % der Süßkraft von Saccharose, ist jedoch nicht kalorienfrei (10 kJ/g). Der Vorteil dieser Substanz liegt jedoch darin, dass es keine Karies verursacht und sein Stoffwechsel unabhängig vom Insulin abläuft, wodurch es gut für Diabetiker geeignet ist.

Ein weiteres Problem der Diätschokoladen ist der Hauptgeschmacksträger, das Fett, welches zu großen Anteilen in der Schokolade vorhanden ist. Würde man den Fettanteil verringern, so ginge damit ihr charakteristischer Schmelz verloren. Abhilfe schafft z.B. das Alditol Xylitol, welches jedoch eine negative Lösungsenthalpie hat und damit zur Abkühlung im Mund führt und somit lediglich für Minzschokolade einsetzbar ist. Außerdem wird durch Xylitol das osmotische Gleichgewicht im Darm gestört, wodurch es wie ein Abführmittel wirkt. Noch ganz neu ist die Entdeckung, dass die Blätter der in Paraguay vorkommenden Pflanze *Stevia rebaudiana*, süße Substanzen enthält. Unter anderem fand man auch den pflanzlichen Süßstoff Steviosid darin, der bis zu 300mal süßer ist wie Saccharose. Da auch diese Substanz vom Körper fast unverändert ausgeschieden wird ist auch Steviosid so gut wie kalorienfrei und hat demnach auch keine Auswirkungen auf den Blutzuckerspiegel.

10. Didaktische Analyse

Dieser Versuch eignet sich einerseits zur Einführung in die organische Chemie in Jahrgangstufe 11, andererseits aber auch im GK und LK in Jahrgangstufe 12 zum Thema Kohlenhydrate. In Jahrgangstufe 11 kann mit diesem Versuch z.B. Kohlenstoff in Zuckern nachgewiesen werden. In Jahrgangstufe 12 wird das Thema der Kohlenhydrate jedoch noch mal explizit behandelt. An dieser Stelle könnte dieser Versuch gut in das Thema der Zucker einleiten. Da er weder zeit- noch materialaufwändig ist, ist er für Schule gut geeignet. Man könnte zwei Schüler diesen Versuch durchführen lassen. Aufgrund der konzentrierten Schwefelsäure ist etwas Vorsicht geboten. Die Schüler sollten vorher vor allem die hygroskopische Eigenschaft der Schwefelsäure kennen. Einsetzen würde ich den Versuch jedoch nur als Showversuch, da unter dem Thema der Kohlenhydrate andere Inhalte als die obigen im Vordergrund stehen sollten

In diesem Zusammenhang kann anschließend besprochen werden wo die Unterschiede zwischen Mono-, Di- und Polysacchariden sind. Dafür können die verschiedenen Nachweisreaktionen hinzu gezogen werden. Es empfiehlt sich fächerübergreifender Unterricht mit dem Fach Biologie, in dem auf die physiologische Wirkung der Zucker eingegangen wird. Es würden sich auch Referate zum Thema Diabetes mellitus oder synthetische Süßstoffe anbieten, wodurch leistungsschwächere Schüler Punkte sammeln könnten.

11. Literatur

Versuchsquelle:

[1] Keusch, P., *Weißer Zucker – schwarze Kohle*, Universität Regensburg, Institut für organische Chemie, http://www.chemie.uni-regensburg.de/Organische_Chemie/Didaktik/Keusch/D-sugar_coal-d.htm, (letzter Zugriff: 21.12.08, 18:53 Uhr)

Fachquellen:

[2] *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)

Chemie, <http://www.chemgapedia.de> (letzter Zugriff: 21.12.08, 18:53 Uhr)

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

[4] Vollhardt, K. Peter C., Schore, Neil E., *Organische Chemie*, Vierte Auflage, Wiley-VCH, Weinheim, 2005

[5] Wikimedia Foundation Inc., <http://de.wikipedia.org> (letzter Zugriff: 21.12.08, 18:53 Uhr)