

Phillipps- Universität Marburg

Isabelle Kuhn

Organisch Chemisches Grundpraktikum Lehramt WS 2006/07

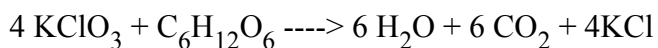
Praktikumsleiter: Herr Reiß

Gruppe 09:

Gummibärchen im flammenden Inferno

Reaktion:

Am Beispiel der im Gummibärchen enthaltenen Glucose:



Chemikalien:

| <i>Eingesetzte Stoffe</i> | Gefahrensymbole | R- und S- Sätze | Einsatz in der Schule |
|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|
| Kaliumchlorat | Xn, O | R 9-20/22 S 2-13-16-27 | Lehrerversuch |
| Gummibärchen | - | - | unbegrenzt |

Beim Experimentieren mit Kaliumchlorat sind die Sicherheitsvorschriften streng einzuhalten. Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen! Der Versuch muss im Abzug durchgeführt werden. Unter das Reagenzglas sollte man eine mit Löschsand halb gefüllte Blechbüchse als Auffanggefäß gestellt, für den Fall, dass das Reagenzglas bei der Reaktion durchschmelzen sollte.

Materialien:

Reagenzglas, Stativ mit Klemme, Schüssel mit Löschsand, Bunsenbrenner, Schutzscheibe, Tiegelzange

Durchführung:

15g (oder weniger) Kaliumchlorat werden mit einem Bunsenbrenner in einem großen Reagenzglas, das schräg in ein Stativ eingespannt ist (Häufig ist die Reaktion so heftig, dass ein Teil des Kaliumchlorats mit dem entstehenden Kohlendioxid und Wasser hinausgeschleudert wird. Daher sollte das Reagenzglas leicht schräg eingespannt und nicht auf die Beobachter gerichtet werden), vorsichtig geschmolzen. Anschließend lässt man ein Gummibärchen mit der Tiegelzange in die Kaliumchloratschmelze fallen.

Beobachtung:



Die Reaktion beginnt sofort (Foto A). Man hört ein Brummen und Rauschen und beobachtet eine weiße Gasentwicklung (Foto A). Das Gummibärchen verbrennt unter intensivem Aufglühen (Foto B) mit rot-violetter Flamme zudem kann man beobachten wie es auf der Salzschmelze tanzt.

Entsorgung:

Das überschüssige Kaliumchlorat wird mit wässriger Salzsäure verkocht und anschließend mit Natronlauge neutralisiert. Die Salzlösung kann in das Abwasser gegeben werden.

Fachliche Analyse:

Allgemeines zur Energiegewinnung aus Kohlenhydraten:

Zucker, Stärke und Cellulose bilden eine Gruppe von Naturstoffen, die man Kohlenhydrate nennt (Allgemeines über Kohlenhydrate siehe auch Protokoll zur „Fehling Reaktion“). Kohlenhydrate sind wichtige Energielieferanten für die Zelle. Sie werden in höheren Organismen über die Glykolyse, den Citrat-Zyklus und die Atmungskette zu CO₂ und Wasser abgebaut.

Viele Mikroorganismen können Kohlenhydrate vergären; eine Tatsache die der Mensch schon seit Jahrtausenden ausnutzt: Milchzucker wird zu Milchsäure vergoren (Joghurt, Sauermilch), Hefen vergären Zucker zu Alkohol (Herstellung von Bier).

Die Vergärbarkeit von Zuckern kann als biologischer Test für Zucker verwendet werden oder – umgekehrt- in der Mikrobiologie zur Identifizierung von Hefen oder anderen Mikroorganismen.

Die „stille Verbrennung“ von Zucker im Körper liefert große Energiemengen, die aber schrittweise in Form von Energiekaskaden im Körper freigesetzt werden.

Wie gewaltig diese Energiemenge sein kann, wenn sie bei einer „heißen Verbrennung“ im Reagenzglas vollständig freigesetzt wird, lässt sich eindrucksvoll anhand der Verbrennung eines Gummibärchen demonstrieren.

Erstaunlicherweise lässt sich Zucker aber nicht ohne weiteres entzünden: selbst mit dem Bunsenbrenner bringt man ein Stück Würfelzucker nur zum Schmelzen und Verkohlen. Der Grund dafür liegt in der extrem hohen Aktivierungsenergie für die Verbrennungsreaktion.

Durch Verwendung von Katalysatoren lässt sich jedoch diese hohe Energiebarriere umgehen. Streut man z.B. Zigarettenasche auf den Zuckerwürfel, so lässt sich dieser entzünden und verbrennt mit kleiner unscheinbarer, blau leuchtenden Flamme. Spuren von Eisen, die in der Zigarettenasche vorhanden sind, wirken hier als Katalysator.

Sonstige Bestandteile des Gummibärchens:

Gummibärchen enthalten neben den Kohlenhydraten vorallem Farbstoffe, Aroma und Weinsäure und die Gelatine.

Gelatinehaltige Produkte begegnen uns tagtäglich, bewusst oder unbewusst, in vielfältiger Gestalt: z.B. Gelatine als wirkungsvolle Komponente von kalorienreduzierten Halbfettprodukten, als Bindemittel in Joghurts, in Sülzen und Aspiks. Der Attraktivität von Gummibärchen, denen die Gelatine den spezifischen Biss, die Elastizität und das allmähliche schmelzen im Mund verleiht, können sich die wenigsten von uns entziehen. Die Zusammensetzung und Struktur von Gelatine ist nicht allgemein bekannt. Speisegelatine ist ein natürliches Lebensmittel. Das in Knochen und der

Haut enthaltene kollagene Protein ist der eigentliche Rohstoff für die Gelatineherstellung. Kollagen gehört zu den Skleroproteinen, deren Grundbaustein eine Polypeptidkette aus ca. 1050 Aminosäuren ist. Derzeit kann man bereits 17 Kollagentypen identifizieren. Alle haben eine vernetzte dreidimensionale Struktur und sind deshalb nicht wasserlöslich. Es ist auch wichtig, dass Kollagen nicht wasserlöslich ist, denn der menschliche Körper besteht zu 90 % aus Wasser und Kollagen ist der wichtigste Faserbestandteil von Haut, Knochen, Sehnen, Knorpel, Blutgefäßen und Zähnen. Kollagen kommt in fast allen Organen unseres menschlichen Körpers vor und dient dazu, Zellen im Verband zu halten.



Abb.: Elektronenmikroskopische Aufnahme von intakten Kollagenfibrillen aus der Haut. Die Periode längs der Faserachse beträgt 68 nm.

Außerdem enthält Kollagen Zuckereinheiten. Gewöhnlich handelt es sich um Disaccharide aus Glucose und Galactose.

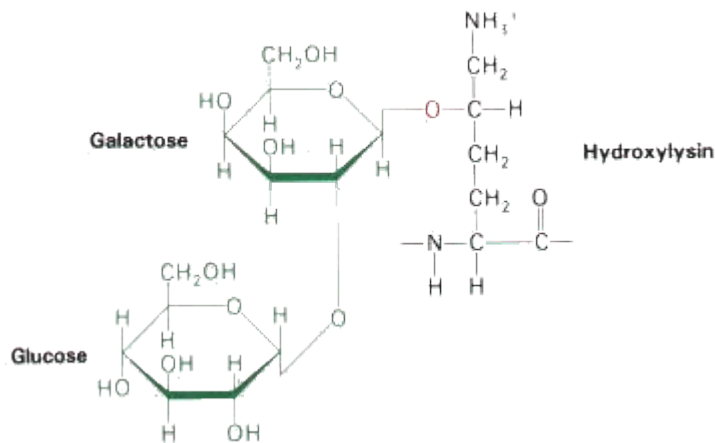


Abb.: Eine Kohlenhydrateinheit im Kollagen

Allgemeines zur Gelatineherstellung:

Wirtschaftlich genutzt werden Knochen und Haut von Kälbern, Rindern und Schweinen als Rohstoffe für die Gewinnung von Gelatine.

Am aufwendigsten ist die Gewinnung des Gelatinerohstoffes aus Frischknochen. Diese werden sortiert, gewaschen, zerkleinert und mit heißem Wasser entfettet. Anschließend wird der Knochenschrot in einem Heißluftstrom getrocknet. Der Knochenschrot wird mit Salzsäure

entmineralisiert (= Mazeration) und anschließend abgewaschen. Dabei entsteht das Ossein, der eigentliche Rohstoff für die Knochengelatine.

Das Verfahren besteht aus folgenden Schritten:

1. Vorbehandlung
2. Extraktion
3. Reinigung
4. Eindickung
5. Trocknen
6. Mahlen, Sieben, Mischen

Gelatine wird durch chemisch - thermische Verfahrensschritte aus Kollagen gewonnen. Dabei bedient man sich folgenden grundlegenden Prinzip:

Bindungen, die das Kollagen stabilisieren werden teilweise zerstört. Die helikale Struktur der einzelnen Kollagenstränge wird zerstört. Die thermische Bewegung kann die Kräfte, die die dreisträngige Helix stabilisieren überspielen und es entsteht Gelatine - eine gestörte Molekülstruktur aus Knäueln, deren Faltung beim Abkühlen vom Zufall bestimmt ist.

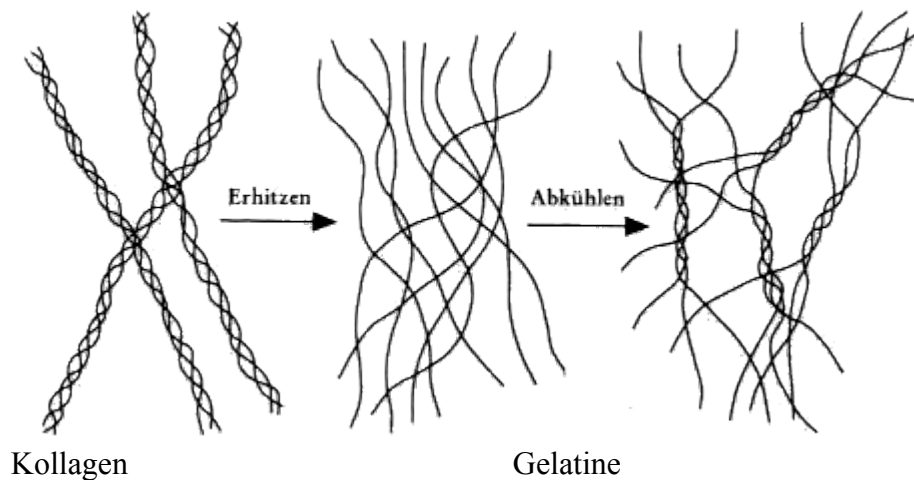


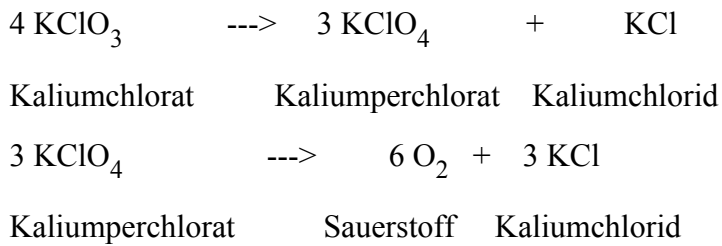
Abb.: Schematische Darstellung der Vorgänge bei der chemisch - thermische Verfahrensschritte von Kollagen zu Gelatine

Zum Versuch:

Gummibärchen bestehen also im wesentlichen aus Zucker (Saccharose, Glucose, Fructose) und Gelatine (oder andere Verdickungsmittel). Diese organischen Stoffe sind bedingt brennbar.

Die in dem Gummibärchen befindliche Gelatine wird als Polypeptid unter der Feuererscheinung zu Kohlenstoffmonoxid und Wasser oxidiert. Der benötigte Sauerstoff kommt aus der

Disproportionierung von Kaliumchlorat zu Kaliumchlorid und Kaliumperchlorat, welche beim Schmelzen ab 400 °C auftritt:



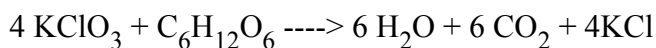
Zusätzlich entsteht durch Freisetzung von Wasser und dessen Reaktion mit dem Kaliumchlorat Chlorsäure, welche wahrscheinlich mit der freigesetzten Energie aus der Oxidierung der Gelatine den Zucker (Saccharose, Glucose, Fructose) mit seiner hohen Aktivierungsenergie nun oxidieren lässt. Am Beispiel der Saccharose (Glucose und Fructose analog):



Die bei allen Teilreaktionen entstehenden Gase (Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, Stickoxide, Wasserdampf) reißen das Gummibärchen mit und ergeben den periodischen Tanzeffekt beim Gummibärchen. Der weiße Rauch besteht hauptsächlich aus Kaliumchlorid, welches bei der Disproportionierung frei wird. Alle Teilreaktionen sind exotherm, so dass durch eine Summierung die Heftigkeit der Reaktion gesteigert wird.

In der Summe passiert also bei der Reaktion folgendes:

am Beispiel der Glucose:



Da im verwendeten Kaliumchlorat das Element Kalium enthalten ist, hat das Licht eine rote Farbe.

Tipp:

Das Gummibärchen sollte sofort nach dem Schmelzen eingeworfen werden, da sonst zu viel Sauerstoff aus dem Reagenzglas entweicht und für die Reaktion nicht mehr zur Verfügung steht.

Methodisch- Didaktische Analyse:

Der zeitliche Aufwand für diesen Versuch ist sehr gering. Die Vor- und Nachbereitung kann jeweils in einer 5 Minutenpause erledigt werden. Die Durchführung ist ebenso kurz in der Durchführung. Man sollte jedoch einige Minuten mehr einplanen, da der Effekt zwar immer zu sehen ist, aber manchmal nicht ganz so spektakulär funktioniert (zum Beispiel wenn man das Gummibärchen nicht sofort fallen lässt) zudem sind die meisten Schüler von einem solchen Show-Experiment begeistert und wollen es gerne noch einmal sehen. Verwendet man ein zudem ein rotes Gummibärchen, so denken viele Schüler, dass die Rotfärbung vom Gummibärchen kommt. Aus diesem Grund ist eine Wiederholung des Versuches notwendig um sie vom Gegenteil zu überzeugen.

Der apparative Aufwand ist ebenso gering, da Stativmaterial, Reagenzgläser, Tiegelzange und Schutzscheibe zu Material jeder Schule gehören und man sie nur in einfacher Ausführung benötigt. Der finanzielle Aufwand ist ebenso gering wie der Apparative Aufwand. Zwar ist das Reagenzglas nach diesem Versuch nicht mehr zu gebrauchen, was aber aufgrund seines geringen Preises nicht von Belang ist. Alle anderen Materialien kann man nach Gebrauch weiterverwenden. Auch der Verbrauch an Chemikalien ist gering und schont trotz des Kaufs von Gummibärchen den Geldbeutel.

Dieser Versuch ist methodisch sehr zu empfehlen, denn trotz scheinbar einfachen mitteln und wenig Aufwand gelingt er sehr gut und ist auch in diesem kleinen Reagenzglas-Maßstab sehr effektiv und spektakulär.

Der auch der didaktische Wert ist trotz Show nicht zu unterschätzen. Man kann das Experiment nutzen, um Fachbegriffe aus dem Unterricht einzubringen; und das aus verschiedenen Klassen.

Beispiel:

Klasse 8: Es findet deutlich eine Reaktion statt, denn das Gummibärchen ist weg und es ist Energie freigeworden.

Klasse 10: Es findet eine Redoxreaktion statt. Chlorat ist eine sauerstoffreiche Verbindung, die den Sauerstoff für die Oxidation des Gummibärchen liefert. Flammenfärbung aufgrund des Kaliums.

Die Jugendlichen lernen, wie sie sich auf den Umgang mit einem potentiell gefährlichen Stoff vorbereiten müssen, um sich nicht selbst und auch die Umwelt nicht in Gefahr zu bringen. Zum Personenschutz gehören u. a. Schutzbrille, -handschuhe und -schild. Feuergefahr wird vermieden, wenn im Freien über einem Sand- oder Steinboden gearbeitet wird.

Der Versuch trägt also in besonderem Maße zur Sicherheits- und Umwelterziehung bei und vermittelt den Jugendlichen, dass gerade eine Chemie-Ausbildung zu einer Fachkompetenz in

Hinblick auf Sicherheit und Umweltschutz führt.

Der Versuch geht zudem auf viele wichtige Themen ein. So kann man ihn laut des neuen G8 Lehrplan zum Thema Kohlenhydrate (Klasse 11), Nahrungsmittel (Klasse 12, beim Wahlthema angewandte Chemie), aber auch zum Thema Aminosäuren und deren Anwendung, wenn man Kollagene und deren denaturiertes Produkt Gelatine in der 11 Klasse bespricht. Man kann es jedoch auch als anregendes Experiment beim Thema Redoxreaktionen in der 10 Klasse verwenden oder einfach als Showexperiment in einer Weihnachtsstunde. Kurz der Anwendung dieses Versuches sind keine Grenzen gesetzt. Er verknüpft alltägliche Dinge (Zucker, Gummibärchen, Gelatine) mit Themen der Chemie.

Besonders eignet sich dieser Versuch zum Einstieg in die Verschiedenen Themen, da er vor allem dazu dient Interesse zu wecken.

Leider ist der Versuch aufgrund des verwendeten Kaliumchlorats (Gefahrstoff laut Soester-Liste) und stark exothermen Reaktion nur für einen Lehrerversuchs geeignet.

Tipp: Interessant wäre vielleicht ein normales Gummibärchen und ein vegetarisches (gelatinefreies) Gummibärchen anhand dieses Versuches zu vergleichen.

Literatur:

- www.experimentalchemie.de
- <http://www.unet.univie.ac.at/~a0206331/res/Show-Experimente.pdf>
- <http://www.chemieversuche.com/artikeldetails-22-Gummib%C3%A4rchen%20im%20Flammeninferno.html>
- Chemie heute, Sekundarstufe II; M.Jäckel; Schroedel Schulbuchverlag; 1992
- Chemie, Basiswissen der Chemie; Charles E. Mortimer, Ulrich Müller; 8.Auflage; Thieme; 2003
- <http://www.versuchschemie.de>
- <http://www.uni-bayreuth.de>