

Versuch: Zersetzung von Milchsäure

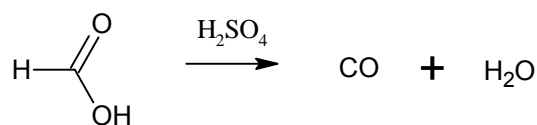
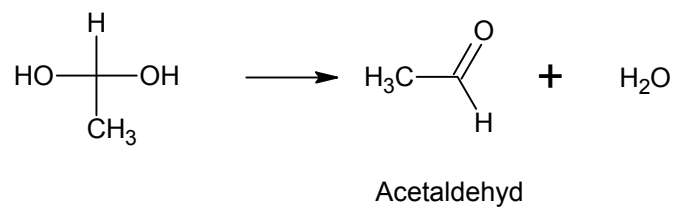
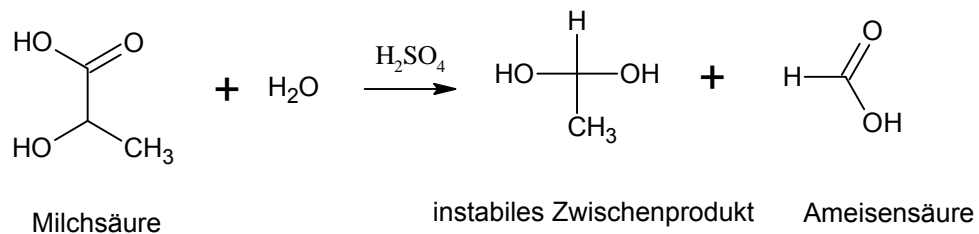
Zeitbedarf:

Vorbereitung: 10 Minuten

Durchführung: 10 Minuten

Nachbereitung: 10 Minuten

Reaktionsgleichungen:



Chemikalien:

Chemikalien:	Menge:	R-Sätze:	S-Sätze:	Gefahrensymbol:	Schuleinsatz:
Milchsäure $C_3H_6O_3$ (w = 90 %)	3 mL	38-41	26-39	Xi	Sek.I
Schwefelsäure (konz.) H_2SO_4	3 mL	14-35-37	26-30- 36/37/39	C	Sek.II
Kohlenmonoxid $CO_{(g)}$	-	12-23-48/23- 61	45-53	F ⁺ , T	Lehrerversuch!
Acetaldehyd (Ethanal) C_2H_4O	-	12-36/37-40	16-33-36/37	F ⁺ , Xn	Lehrerversuch!

Geräte:

Reagenzglas

Durchbohrter Gummistopfen

Gewinkeltes Glasrohr, passend zurechtbiegen!

Wanne

Standzylinder

Bunsenbrenner

Feuerzeug

Stativmaterial

Durchführung:

In ein Reagenzglas gibt man 3 mL Milchsäure und 3 mL konzentrierte Schwefelsäure.

Anschließend baut man folgende Apparatur auf, wobei die pneumatische Wanne und der Standzylinder mit Wasser gefüllt werden:

Nun erhitzt man vorsichtig bis zur Gasentwicklung, fängt das Gas pneumatisch auf und prüft es auf

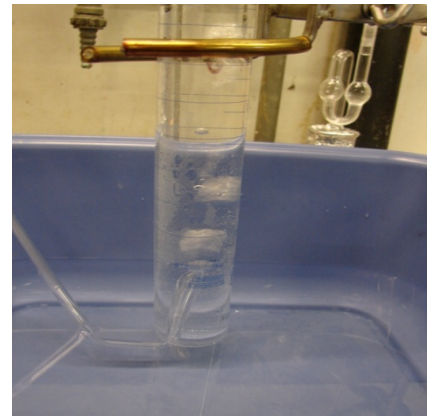


Entzündbarkeit. Der Versuch muss unter dem Abzug durchgeführt werden!

Beobachtung:

Es muss sehr vorsichtig erhitzt werden, da die Flüssigkeit schnell droht „überzukochen“. Der Versuch wurde zweimal durchgeführt und beide Male war rasche eine deutliche Gasentwicklung zu beobachten (siehe Foto rechts). Das Erhitzen wurde anschließend abgebrochen, wobei beim ersten Durchgang eine durchsichtige Flüssigkeit zurückblieb, beim zweiten Mal jedoch eine festere, dunkelbraune bis schwarze Masse, was auf Schwefelsäure im Überschuss zurückzuführen ist.

Das entstehende Gas ist brennbar, es brennt mit blauer Flamme:

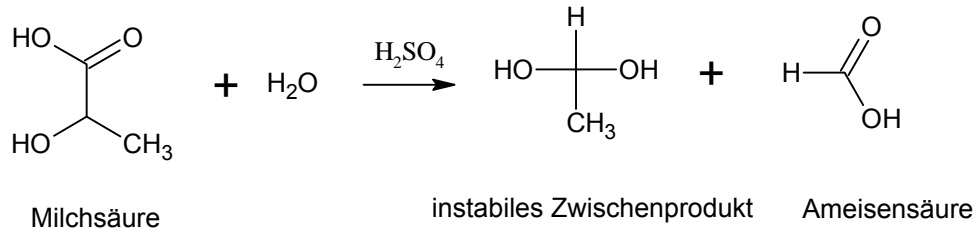


Entsorgung:

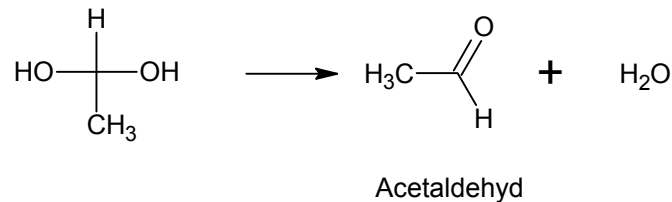
Die Rückstände im Reagenzglas werden neutral mit viel Wasser kanalisiert. Das Wasser mit gelöstem Acetaldehyd aus dem Standzylinder und aus der pneumatischen Wanne wird ebenfalls in den Abguss gegeben.

Fachliche Analyse:

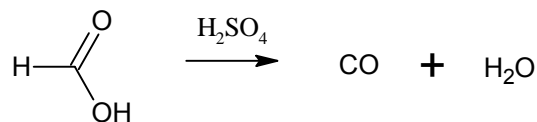
Durch die Schwefelsäure wird die Milchsäure hydrolytisch gespalten:



Dabei entstehen Ameisensäure und ein Zwischenprodukt, das nach der Erlenmeyerregel instabil ist (da zwei Hydroxygruppen an einem C-Atom) und sofort zerfällt:

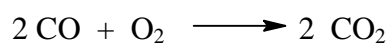


Die Ameisensäure wird unter dem Einfluss der Schwefelsäure in Wasser und Kohlenstoffmonoxid gespalten:

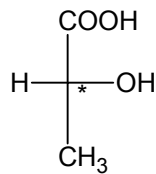


Kohlenstoffmonoxid und Acetaldehyd (Ethanal) entweichen aus dem Reaktionsgefäß.

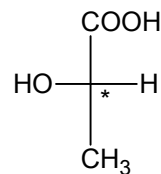
Acetaldehyd löst sich im Wasser der pneumatischen Wanne, Kohlenstoffmonoxid verbrennt mit der typisch blauen Flamme:



Die Milchsäure gehört zu den 2-Hydroxycarbonsäuren und wurde 1780 von Scheele in saurer Milch entdeckt. Betrachtet man das Molekül genauer, so stellt man fest, dass ein chirales Kohlenstoffatom vorliegt:



D-Milchsäure



L-Milchsäure

Entsprechend ihrer funktionellen Gruppen geht die Milchsäure Veresterungsreaktionen ein, wobei die entstehenden Ester und ihre Salze als Lactate bezeichnet werden. Finden diese Reaktionen zwischen zwei oder mehreren Milchsäuremolekülen statt, so können Dimere, Trimere oder sogar Polymere entstehen. Diese sind in der Medizin von Bedeutung, da sie als Umhüllung für Implantate eingesetzt werden, die dann durch die Umhüllung mit diesem natürlichen Polymer fest im Körper verankert werden können, da die Milchsäurepolymere resorbiert und an ihrer Stelle Bindegewebe gebildet wird.

Bei der intermolekularen Veresterung können auch ringförmige Ester entstehen, die sogenannten Lactide.

Milchsäure kommt in fast allen lebenden Organismen vor: Sie tritt als Zwischenprodukt des Stoffwechsels bei der Milchsäuregärung (Glykolyse) auf, ist im Blutplasma und Muskelserum enthalten, wobei sie im Muskel durch starke körperliche Anstrengung für die Entstehung von Muskelkater verantwortlich ist.

Vom Organismus leichter umgesetzt werden kann die linksdrehende (S)-(-)-Milchsäure, aber auch die rechtsdrehende (R)-(+)-Milchsäure kann verwertet werden. Sie entsteht durch Fermentation von Glucose durch Milchsäurebakterien und gelangt durch den Genuss von Sauerkraut, Käse oder Yoghurt in den Verdauungstrakt. Durch ein Enzym in der Leber und der Niere kann sie dann abgebaut werden.

Neben dem zahlreichen Vorkommen findet die Milchsäure auch mannigfache Anwendung: im Yoghurt, als Konservierungsmittel, Geschmacksverstärker und Säuerungsmittel (E 270), sie ersetzt in Milchprodukten die aufwendige mikrobielle Säuerung („mildgesäuerte Butter“), erzeugt in Margarine Geschmacksähnlichkeit mit Butter, sie verbessert die Qualität von Sauerteigbrot und macht Fleisch und Geflügel länger haltbar, Schleimhautantiseptikum und verdauungsförderndes Mittel bei Kleinkindern, als Beize in der Woll- und Lederfärberei und noch viele weitere Funktionen.

Didaktisch-methodische Analyse:

Einordnung:

Das Thema „Alkansäuren und ihre Derivate“ ist sowohl für den Grund- als auch für den Leistungskurs in der Jahrgangsstufe 11 anzusiedeln. Im Leistungskurs wird zusätzlich auch die Spiegelbildisomerie am vorgeschriebenen Beispiel der Milchsäure vorgeschrieben, für beide Kurse steht als fakultativer Unterrichtsinhalt die Milchsäuregärung.

Dieser Versuch ist kein typischer Schulversuch und zeigt keine für die Schule wichtige Eigenschaft der Milchsäure, und könnte somit einführend als auch wohl eher weiterführend stehen. Der Versuch kann als Nachweis für Kohlenmonoxid gesehen werden, auf dessen Entstehung die blaue Flamme hinweist und kann allgemein die hydrolytische Wirkung der Schwefelsäure demonstrieren und auch wahrscheinlich bekannte Elemente, wie die Erlenmeyerregel, miteinbeziehen.

Aufwand:

Der Versuch erfordert eine Versuchsapparatur, die man wahrscheinlich nicht in der Fünfminutenpause aufbauen kann. Der Versuch selber geht gut und relativ schnell, und auch die Nachbereitung beinhaltet eher den Versuchsabbau. Problematisch war selbst an der Uni die Beschaffung der Milchsäure, weshalb das Vorhandensein rechtzeitig überprüft werden sollte. Aufgrund der Entstehung von Kohlenmonoxid und Acetaldehyd darf der Versuch laut Soester Liste nur als Lehrerversuch durchgeführt werden.

Durchführung:

Der Versuch funktioniert und auch die blaue CO-Flamme ist gut erkennbar, obwohl sie nicht allzu groß war. Die Frage ist wahrscheinlich, ob der Versuch wirklich wichtig für die Unterrichtseinheit Alkansäuren ist, da er, wie gesagt, keine für die Schule wichtige Eigenschaft, wie z.B. Chiralität, demonstriert. Da die Zeit im Lehrplan sowieso sehr knapp bemessen ist, würde ich auf den Versuch in der Schule wahrscheinlich eher verzichten.

Literaturangaben:

Praxis der Naturwissenschaften Chemie, Aulis Verlag, Köln, Heft 7/48, S.10

Vollhardt, K.P.C., Schore, N.E., Organische Chemie, 4. Aufl., Wiley-VCH Weinheim, 2005

Soester Liste

Hessischer Lehrplan Chemie für den gymnasialen Bildungsgang, Klasse 7G bis 12G