

Organisch-chemisches Praktikum für das Lehramt (LA)

Torsten Lasse

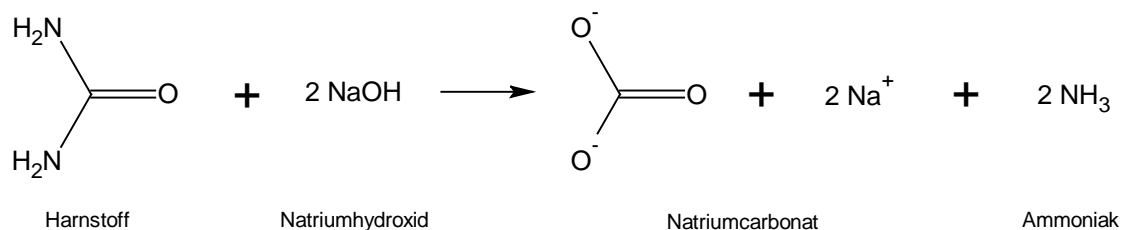
Leitung: Dr. Ph. Reiß

WS 2008/09

Assistentin: Beate Abé

Schulversuch (Gruppe 1/Selbst): Nachweis von Stickstoff durch Thermolyse

Anschaulicher Versuch zum Nachweis auf stickstoffhaltige Verbindungen durch Entstehung und Nachweis von Ammoniak.

Reaktionsgleichung**Chemikalien und eingesetzte Substanzen**

| Eingesetzte Stoffe | Summenformel | Menge | R-Sätze | S-Sätze | Gefahrenkennzeichnung | Schuleinsatz (nach Soester Liste) |
|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------|---------|-----------------------|-----------------------------------|
| Harnstoff | CH ₄ N ₂ O | 2 Spatelspitzen | ~ | ~ | ~ | SI |
| Natriumhydroxid (als Feststoff) | NaOH | je 2 Spatelspitzen | 35 | 1/2-45 | C | SI |
| Haare, Käse, Horn (als Ergänzung) | ~ | nach Bedarf (Menge entsprechend NaOH) | ~ | ~ | ~ | ~ |

Geräte

Reagenzgläser

Reagenzglashalter

Versuchsaufbau

~

Durchführung und Beobachtung

Etwa 2 Spatelspitzen Harnstoff wurden mit einer vergleichbaren Menge an Natriumhydroxid (fest) zusammengegeben (siehe Abbildung 1). Nachfolgend wurde der Ansatz im Reagenzglas durch Schütteln vermischt und über dem Bunsenbrenner bis zur Schmelze erhitzt. Beim Auftreten von ersten Dämpfen wurde ein mit destilliertem Wasser angefeuchtetes Indikatorpapier über das Reagenzglas gehalten. Es erfolgte eine Blaufärbung des Indikatorpapiers.



Abbildung 1: Die Edukte im Reagenzglas

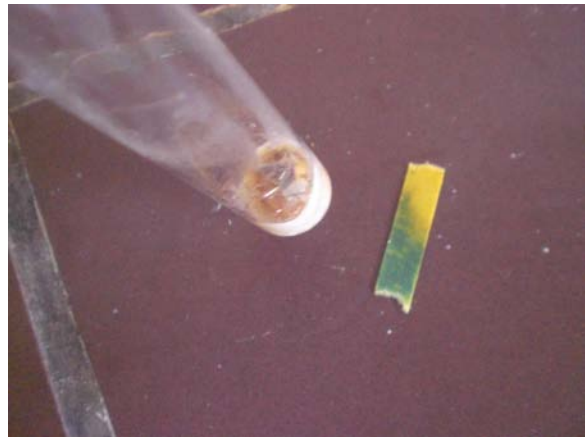


Abbildung 2: Die Produkte und das gefärbte pH-Papier

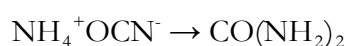
Der Versuch wurde zusätzlich mit diversen proteinhaltigen Naturstoffen wie Haaren, Käse sowie Horn durchgeführt (siehe Abbildung 2). Es ergaben sich stets die gleichen Beobachtungen – das Indikatorpapier färbte sich blau.

Entsorgung

Die verwendeten Reagenzgläser können trocken und erkaltet im Festmüll entsorgt werden.

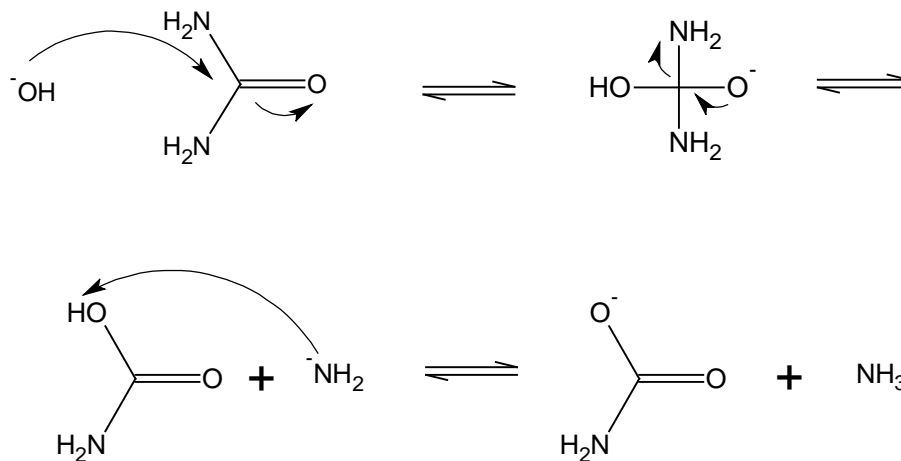
Fachliche Analyse

Harnstoff ist ein farbloser, kristallisierender Feststoff, welcher als Endprodukt des Proteinstoffwechsels in großen Mengen im Harn von Säugetieren ausgeschieden wird. Große Bedeutung hat er im Bereich der Düngemittelindustrie, von historischer Bedeutung ist er vor allem durch die berühmte Harnstoffsynthese nach Wöhler aus Ammoniumcyanat:



Unter dem Einfluss des Enzyms Urease oder der katalytischen Wirkung von H^+ - und OH^- -Ionen wird Harnstoff hydrolysiert. Als Diamid der Kohlensäure kann man die Reaktion als basische Hydrolyse von Amiden (Amidspaltung), analog zur entsprechenden Esterhydrolyse, auffassen.

Da Amide meist durch das mit der Carbonylgruppe in Resonanz tretende freie Elektronenpaar der Stickstoffatome bzw. des Stickstoffatoms sehr reaktionsträge sind, ist z.B. für eine Hydrolyse ein erheblicher Energieaufwand notwendig. In diesem Fall wurde der (trockene) Ansatz bis zur Schmelze erhitzt (Thermolyse, basisch). Bei der Reaktion greift zunächst das Hydroxid-Ion nucleophil das Carbonyl-C-Atom an, woraufhin unter Auflösung der Doppelbindung zunächst ein Zwischenzustand erreicht wird. Durch die nachfolgende Wiederherstellung der Doppelbindung spaltet sich das $-\text{NH}_2$ ab und entzieht der Hydroxyl-Gruppe das Wasserstoff-Atom. Dieser Vorgang wiederholt sich zweimal, woraufhin Natriumcarbonat (Na_2CO_3) sowie 2 Äquivalente Ammoniak (NH_3) entstehen.



Durch die stark basischen Bedingungen des Mediums begünstigt, steigen die Ammoniakdämpfe auf, sind durch einen typischen Geruch wahrnehmbar sowie über die Blaufärbung des Indikatorpapiers nachweisbar. Bei dem pH-Test sollte das Indikatorpapier das Reagenzglas nicht berühren, da man ansonsten die blaue Verfärbung auch auf das Natriumhydroxid zurückführen könnte.

Bei der zusätzlichen Verwendung von proteinreichen Substanzen (hier: Haare, Käse und Horn) anstelle des Harnstoffes in der Thermolyse kann aufgrund auftretender Peptidspaltungen zu freien Aminosäuren sowie nachfolgender Ammoniakbildung ebenfalls ein entsprechender Nachweis realisiert werden.

Methodisch-didaktische Analyse

Der Versuch ist aufgrund seines geringen Aufwandes hervorragend zur Einführung in die Chemie der Stickstoffverbindungen geeignet. Dabei sollten jedoch zuvor die Bedeutungen von Kohlenstoff sowie Wasserstoff durch entsprechende Theorie und Praxis, mindestens in Form entsprechender Nachweise, behandelt worden sein (etwa im Rahmen der Einführung in die organische Chemie, Klassenstufe 10). Die Behandlung von Stickstoffverbindungen folgt dann im Anschluss und leitet damit auch in die komplexen Stickstoffverbindungen wie Proteine und Ribonukleinsäuren ein. Besonders bei der Verwendung diverser proteinreicher Stoffe aus dem Alltag der Schüler (Haare, Käse, Horn, Eier) kann auf Grundlage dieser Methode auch hier der Nachweis auf Stickstoff durch das entstehende Ammoniak durchgeführt werden, was weiter reichende Interpretationen sowie Ergebnisauswertungen zulässt (Peptidspaltung, Bildung von Aminosäuren und schließlich Ammoniakbildung).

Der geringfügige Aufwand – 5 Minuten Vorbereitung, 15 Minuten Durchführung (bei Verwendung zusätzlicher Untersuchungssubstanzen, wie Haare, Käse und Horn), 5 Minuten Nachbereitung – mit einem anschaulichen Ergebnis rechtfertigt den Versuch im Schulalltag; durch die Verwendung der genannten Chemikalien ist der Versuch auch als Schülerexperiment, unter entsprechenden Sicherheitsbelehrungen, problemlos durchführbar. Dabei sollte jedoch die Gefahr durch das stark ätzende Natriumhydroxid nicht unterschätzt werden.

Literatur

Becker HGO: Organikum; 22. Auflage 2004, Wiley-VCH, Weinheim

Christen HR: Grundlagen der organischen Chemie, 4. Auflage 1977, Sauerländer, Aarau; Diesterweg-Salle, Frankfurt a.M.

Idee aus:

<http://www.chemieexperimente.de/kw/index.htm> - Auswahl Versuch 11.9 ‚Stickstoffnachweis‘ ; Zugriff am 12.11.

Weitere Quellen:

http://www.chids.de/dachs/experimente/016stickstoffnachweis_thermolyse.pdf ; Zugriff am 13.11.

Soester Liste 2003; <http://www.learn-line.nrw.de/angebote/gefahrstoffdb/>; Zugriff am 14.11.08

Hessischer Lehrplan Chemie G8; http://www.kultusministerium.hessen.de/irj/HKM_Internet?cid=ac9f301df54d1fbfab83dd3a6449af60 ; Zugriff am 17.11.08