Schulversuch (Gruppe 5/Selbst): Beilsteinprobe

Die Beilsteinprobe stellt einen qualitativen Nachweis für Halogene bzw. Halogenalkane dar.

Reaktionsgleichungen

s. Fachliche Analyse

Chemikalien und eingesetzte Substanzen

~

Geräte und Materialien

Tiegelzange
Polyvinylchlorid (PVC)-Schlauchstück
Kupfercent
Bunsenbrenner

Versuchsaufbau

Abbildung 1

Durchführung und Beobachtung

Der Kupfercent wurde zunächst unter der rauschenden Bunsenbrennerflamme (s. Abb. 1) so lang erhitzt, bis die Flamme nicht mehr farbig war. Anschließend wurde ein kurzes

Polyvinylchlorid (PVC)-Schlauchstück auf den noch heißen Kupfercent gelegt und dieses erneut in die Flamme gehalten.

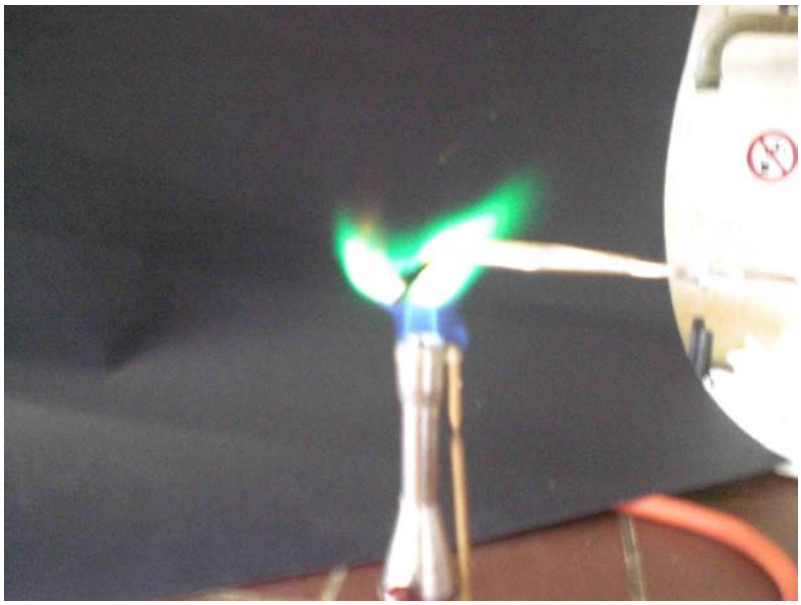


Abbildung 2

Sofort erkannte man eine blau-grünliche Flammenfärbung (s. Abb. 2).

Abbildung 3

Traf der Rauch des schmelzenden PVC auf die Brennerflamme, so färbte sich auch dieser schwach grünlich (s. Abb. 3).

Entsorgung

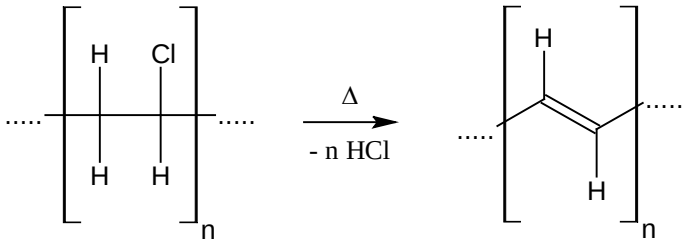
Der Kupfercent kann nach dem erneuten Ausglühen bis zum Auftreten einer farblosen Flamme wieder der üblichen Verwendung dienen.

Fachliche Analyse

Der hier durchgeführte Nachweis für Halogenalkane durch eine charakteristische, grüne Flammenfärbung geht auf den Chemiker Friedrich Konrad Beilstein (1838-1906) zurück, daher ist er unter dem Namen Beilsteinprobe bekannt. Da auch andere organische Verbindungen, v.a. einige organische Stickstoffverbindungen, bei der Verbrennung eine vergleichbare grünliche Flammenfärbung verursachen, sollte vor Beginn des eigentlichen Versuches der Kupfercent ausgeglüht bzw. vorgeglüht werden. Dadurch kann eine Verfälschung der Ergebnisse weitgehend vermieden werden. Jedoch sollte erwähnt werden, dass etwaige Verunreinigungen an der zu untersuchenden Probe, in diesem Fall des PVC-Schlauchstückes, das Ergebnis ebenfalls verfälschen können.

Durch das starke Erhitzen entsteht auf dem Kupfercent Kupferoxid. Dieses wiederum reagiert mit dem beim Erhitzen des PVC freigesetzten Chlorwasserstoffgas (1). Das gebildete Kupferchlorid verdampft bei den hohen Temperaturen (2) und führt zu einer Ionisierung und Anhebung der gebildeten Kupferionen auf ein thermisch angeregtes, d.h. erhöhtes Energieniveau. Durch die nachfolgende Emittierung von (als grün wahrnehmbarem) Licht findet schließlich ein Rückfall der Kupferionen auf das ursprüngliche Energieniveau statt (3).

(1)



$$\underset{\text{Kupferoxid(s)}}{CuO} + \underset{\text{Chlorwasserstoff(g)}}{2\,HCl} \longrightarrow \underset{\text{Kupferchlorid(s)}}{CuCl_2} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O}$$

(2)

$$\underset{\text{Kupferchlorid(s)}}{CuCl_2} \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{Kupferion (g)}}{Cu^{2+}} + \underset{\text{Chloridion (g)}}{2\,Cl^-}$$

(3)

$$Cu^{2+} \xrightarrow{\Delta} \xrightarrow{-h\nu} Cu^{2+}$$

Methodisch-didaktische Analyse

Im Rahmen der Thematik der Halogene in der 10. Klassenstufe kann der Versuch aufgrund der entstehenden grünlichen Flamme als optisch ansprechender qualitativer Nachweis für Halogene in Kohlenwasserstoffverbindungen dienen. Alternativ können auch andere kupferhaltige Gegenstände als Grundlage verwendet werden, so z.B. ein Stück Kupferblech oder ein Kupferdrahtnetz. Die Verwendung des Centstückes bringt jedoch das ‚Alltägliche' in den Versuch mit ein und kann somit die Aufmerksamkeit der Schüler bei diesem Versuch erhöhen.

Der Versuch erfordert nur einen geringen zeitlichen Aufwand. Sowohl für die Vor- als auch für die Nachbereitung sind etwa 2 Minuten einzuplanen. Die Durchführung erfordert höchstens 3-4 Minuten. Zudem ist er einfach durchzuführen, und die erforderlichen Materialien sollten an jeder Schule vorhanden sein. Vermutlich gehört der Versuch auch daher zu den Standardversuchen im Chemieunterricht.

Eine interessante Alternative bzw. zusätzliche Variation stellt die beschriebene Durchführung dar, den entstehenden Rauch des schmelzenden PVC durch die Brennerflamme zu leiten. Die dabei sichtbare Flamme ist zwar schwächer als bei der Standardmethode, dafür jedoch m.E. aufgrund der Separation von der bläulichen Brennerflamme als deutlich grüner wahrnehmbar.
Der Versuch könnte durch die Verwendung anderer (Vergleichs-)Substanzen, wie z.B. Haarspray (oder eines einfachen Kohlenwasserstoffes), erweitert werden. Wichtig erscheint mir jedoch nicht der ausschließliche Nachweis durch die entstehende grünliche Flamme, sondern daran orientiert die tiefer gehende fachliche Erläuterung, einschließlich der Erklärung der Ursache der grünlichen Flamme (s. Fachliche Analyse). Da bei dem Versuch in der Folge der Verbrennung halogenhaltiger Kunststoffe hochgiftige Dioxine (sowie Chlorwasserstoffgas) gebildet werden (können), ist der Versuch unbedingt im Abzug und vorrangig als Lehrerversuch durchzuführen. Mittlerweile wird an vielen Schulen aufgrund der existierenden Gefahren sogar vollständig auf ihn verzichtet.
Die Problematik der Dioxinbildung kann durchaus im Unterrichtskonzept berücksichtigt werden. So lässt sich als Beispiel das 1976 stattgefundene Unglück von Seveso (Italien) anführen, wo durch eine Kesselexplosion bei der Herstellung eines Desinfektionsmittels in großen Mengen Dioxine (2,3,6,7-Tetrachlordibenzodioxin, abgek. TCDD) freigesetzt wurden und viele Menschen durch Vergiftungen unmittelbare (Chlorakne, gastrointestinale Störungen) und langfristige Schäden (Immunschwäche, Häufung von Krebsfällen) erlitten. Da derartige Gifte auch bei der

Haus- und Sondermüllverbrennung v.a. von chlorhaltigen Stoffe entstehen können, ist der direkte Bezug zum durchgeführten Versuch gegeben.

Literatur

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

McMurry J: Organic Chemistry; 4. Auflage 1996, Brooks/Cole Publishing Company, Pacific Grove, CA, USA

Idee aus:

Blume et al.: Chemie für Gesamtschulen – Band 2 – NRW, 1. Auflage 2000, Cornelsen Verlag, Berlin, S. 170, V1

Weitere Quellen:

Hessisches Gefahrstoffinformationssystem Schule; http://www.hessgiss.de/ ; Version 2006/07

Hessischer Lehrplan Chemie G8; unter http://www.kultusministerium.hessen.de/ ; Zugriff am 8.12.08

http://www.chids.de/dachs/experimente/017beilsteinprobe.pdf ; Zugriff am 29.11.08