

**Organisch-chemisches Praktikum für das Lehramt (LA)**

Torsten Lasse

Leitung: Dr. P. Reiß

WS 2008/09

Assistentin: Beate Abé

**Schulversuch (Gruppe 2/Assitentenversuch):  
Quantitative Bestimmung von Kohlenstoff**

Durch eine auf den Schulgebrauch angepasste Methode soll mit einer Apparatur durch die Messung einer reaktionsbedingten Volumenzunahme eines gasförmigen Kohlenwasserstoffes auf die Anzahl der Kohlenstoffe geschlossen werden.

**Reaktionsgleichung**

siehe ‚Fachliche Analyse‘

**Chemikalien und eingesetzte Substanzen**

Eingesetzte Stoffe	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrenkennzeichnung	Schuleinsatz (nach HessGiss 2006/07)
Kupferoxid (Drahtstücke)	CuO	entsprechend Glasrohr	22	22	Xi	SI
Butan (aus Feuerzeuggas)	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	8 mL <sup>1</sup>	12	9-16	F <sup>+</sup>	SI
Ethen	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	8 mL <sup>1</sup>	12-67	9-16-33-46	F <sup>+</sup>	SI
Kupfer (Drahtstücke)	Cu	entsprechend Ergebnis	~	~	~	~

**Geräte**

Quarzglasrohr (hitzestabil)

Luftballons

Gasdichte Schläuche ca. 3 cm lang, ca. 2 cm lang (Ø angepasst auf Quarzglasrohr)

Glaswolle

Glasstopfen

Klebeband

Einwegspritzen mit Kanülen, optimal mind. 2x 50 mL; hier auch 10 mL-Spritzen

Bunsenbrenner

**Versuchsaufbau**


---

<sup>1</sup> Für die Spülungen entsprechend mehr.

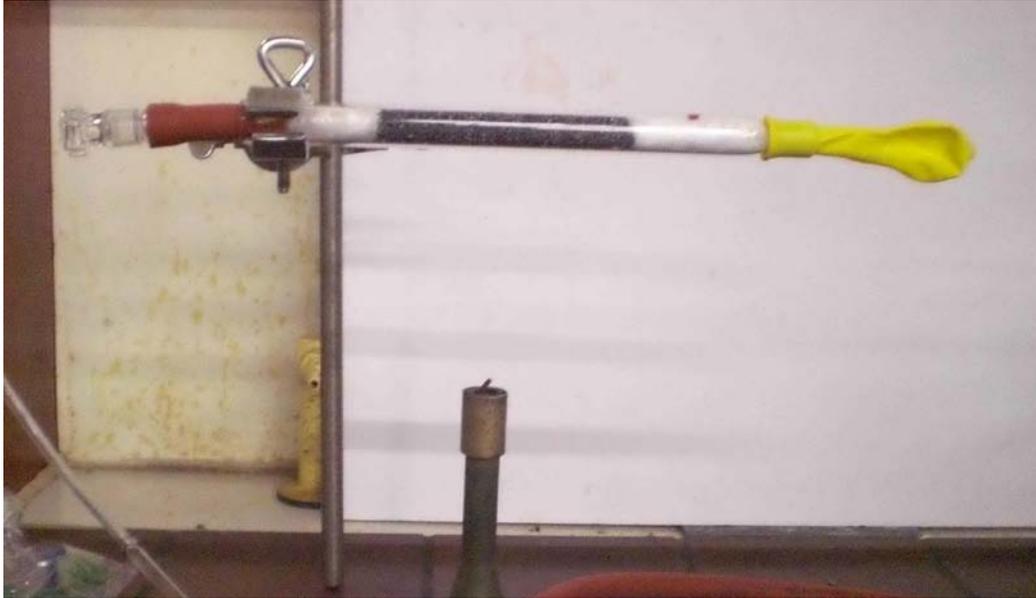


Abbildung 1: Vor Beginn des Versuches

### Durchführung und Beobachtung

Aus praktischen Gründen musste der Versuchsaufbau den gegebenen Möglichkeiten angepasst werden. Ein Glasrohr wurde mit Kupferoxid befüllt und an beiden Enden mit Glaswolle locker abgedichtet. An der einen Seite wurde ein Stück Gummischlauch gasdicht angebracht, ein Ballon darüber gestülpt und mit Klebeband fixiert. Der verwendete Ballon sollte zuvor etwas gedehnt, ggf. auch aufgeblasen werden, um eine höhere Flexibilität zu gewährleisten. An der anderen Seite wurde das längere Stück Gummischlauch gasdicht im (!) Glasrohr fixiert und am Ende mit einem Glasstopfen verschlossen. Die Apparatur wurde waagrecht in einer Stativklemme befestigt (siehe Abbildung 1). Eine 50 mL Spritze wurde mit Luft gefüllt und über die Kanüle in das freiliegende Gummischlauch-Stück gesteckt. Die Luft wurde nun in das System eingeblasen und wieder eingezogen. Das stets gleiche einziehbare Volumen an Luft nach dem kompletten Durchspülen bestätigte, dass das System luft- bzw. gasdicht geschlossen war.

Bevor der Versuch gestartet wurde, musste das Rohr mit dem zu untersuchenden Gas durchgespült werden. Die Spritze wurde schließlich soweit gefüllt und abgezogen, dass das System nahezu evakuiert war – ohne einen allzu starken Unterdruck im Ballon erscheinen zu lassen (kein Unterdruck). Nun wurde mit einem Bunsenbrenner ein Stück des Quarzrohrs (im Bereich des Kupferoxids) etwa 5 Minuten lang mit rauschender Flamme erhitzt. Beim kurzzeitigen Entfernen des Brenners wurde sichtbar, dass das Kupferoxid schließlich rotglühend erhitzt worden war.

Nachfolgend wurde eine definierte Menge des zu untersuchenden Gases in eine Einwegspritze aufgenommen und langsam in die Apparatur gespritzt. Durch mehrmaliges Durchspülen des Gases durch das Glasrohr bis in den Ballon sowie erneutes Aufziehen in die Spritze konnte eine Volumenveränderung des Gases im System anhand des Ballons (und der Spritze) festgestellt werden. Das Gas wurde nun im Ballon zwischengelagert. Nach dem Abkühlen der Apparatur wurde das Gas wieder vollständig in die Spritze aufgezogen. Die vorhandene Volumenzunahme konnte anhand der Maßangaben der Spritze(n) abgelesen werden. Bei kompletter Füllung einer Spritze wurde eine weitere Spritze auf die Kanüle im Gasschlauch aufgesteckt und die Volumenmessung fortgesetzt.

Da nach einer derartigen Messung ein Teil des Kupferoxids als Kupfer vorliegt, hätte eine Sauerstoffdurchspülung eine Regeneration des Kupferoxids ermöglicht und somit das System für erneute Messungen vorbereitet. Ggf. hätte auch der Anschluss der Membranvakuumpumpe über einen etwas längeren Zeitraum ausgereicht, diese Rückreaktion mit dem Luftsauerstoff zu erreichen. In diesem Fall genügte es jedoch, durch Verschieben des Brenners einen anderen Bereich des (ausreichend vorhandenen) Kupferoxides im Glasrohr entsprechend zu Erhitzen. Auf diese Weise konnten die zur Verfügung stehenden Gase untersucht und die Ergebnisse festgehalten werden.

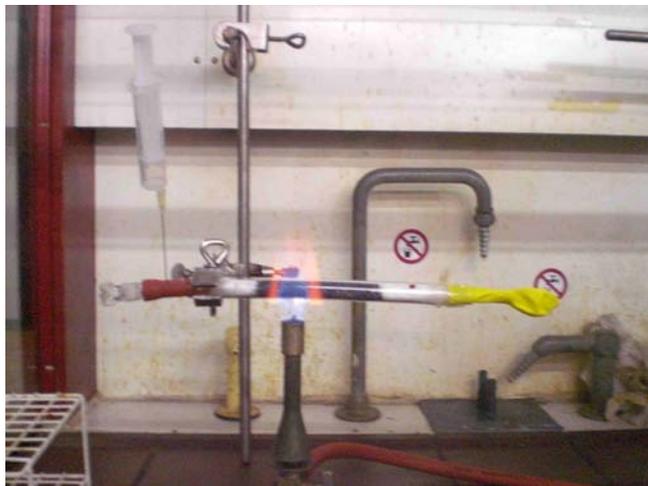


Abbildung 2: Die Apparatur während des Durchspülens der definierten Probe

Zur Verfügung standen die Gase Ethen sowie (n-)Butan. Es wurden aus praktischen Gründen jeweils 8 mL verwendet<sup>2</sup>. Bei Butan konnte eine etwa vierfache Volumenzunahme auf (gemittelt aus 2 Versuchen) 30,5 mL registriert werden, bei Ethen konnte eine etwa doppelte Volumenzunahme auf 17 mL registriert werden. Aufgrund der verwendeten geringen Menge der

---

<sup>2</sup> In beiden Fällen wurde ein zuvor evakuierter Luftballon mit dem Gas aus den Gasflaschen befüllt und schließlich mit einer Spritze und Kanüle die definierte Menge aufgenommen.

jeweiligen Gase war die Volumenausdehnung im Ballon zwar sichtbar – aber nicht besonders hoch. Nach der erfolgten Reaktion konnten an den Stellen der Erhitzung blanke Kupferstücke registriert werden. Zudem kondensierte an einigen Stellen des Glasrohrs, vorrangig in Richtung des Luftballons, eine Flüssigkeit.

### **Entsorgung**

Das erkaltete Kupfer bzw. Kupferoxid kann im Feststoffmüll entsorgt werden. Überschüssige Gase können im Abzug entlassen werden. Eine Regeneration des metallischen Kupfers zu Kupferoxid kann bei Bedarf durch ein Spülen mit Sauerstoff und gleichzeitiger Erhitzung erreicht werden.

### **Fachliche Analyse**

Die Versuchsbeschreibung (siehe Literatur) erlaubt gewisse Veränderungen in Bezug auf den Aufbau der Apparatur. Dadurch hat die Lehrkraft eine gewisse Freiheit in Bezug auf die Umsetzung des Experimentes. Unabdingbar ist dabei jedoch, aus nachvollziehbaren Gründen, der gasdichte Zustand der Apparatur. Zu Beginn des Experimentes sollte dies durch die beschriebene Methodik entsprechend kontrolliert werden, da ansonsten keine annähernd genaue Bestimmung vorgenommen werden kann.

Pro Volumeneinheit Butan entstehen 4 Volumeneinheiten  $\text{CO}_2$ . Dies wird durch die vierfache Volumenzunahme verdeutlicht (8 mL  $\rightarrow$  30,5 mL; theoretischer Wert 32 mL; Abweichung: etwa 4,7 %). Bei Ethen entstehen pro Volumeneinheit 2 Volumeneinheiten  $\text{CO}_2$ , daher erklärt sich die Verdoppelung des Volumens (8 mL  $\rightarrow$  17 mL; theoretischer Wert 16 mL; Abweichung: etwa 6,25 %) <sup>3</sup>. Butan hat 4 Kohlenstoffatome, die alle in Form von 4 Volumeneinheiten  $\text{CO}_2$  umgesetzt werden und für die Volumenzunahme des Gas(gemisch)es verantwortlich sind. Auf Grundlage des Avogadroschen Gesetzes <sup>4</sup> sowie der entsprechenden Reaktionsgleichungen wird diese Erkenntnis ersichtlich.

---

<sup>3</sup> Die geringfügigen Abweichungen sind vermutlich auf minimale, m.E. kaum vermeidbare Undichtigkeiten in der Apparatur zurückzuführen. Die in der Versuchsvorschrift angegebene Höchstabweichung von „weit unter 1 mL [...]“ ist wohl nur durch einige Übung im Aufbau der Apparatur zu erreichen.

<sup>4</sup> Gleiche Volumina beliebiger Gase enthalten bei gleichem Druck und gleicher Temperatur gleich viele Teilchen .

Durch das Kupferoxid wird das Gas oxidiert – es entsteht Kohlendioxid, metallisches Kupfer und Wasser.

*Für Ethen*



*Für Butan:*



Bei dem Versuch bleibt das gebildete Wasser unberücksichtigt. Um eine Verfälschung der Kohlendioxid-Messung durch Aufnahme des gasförmigen Wassers in die Spritze zu vermeiden, wurde vor der endgültigen Messung die Apparatur abkühlen gelassen. Daraufhin kondensierte das Wasser an einigen Stellen im Glasrohr.

Bei der Erhitzung der Kupferspäne zur Rotglut bei gleichzeitiger Sauerstoffzufuhr (z.B. durch Anschluss einer Membranvakuumpumpe) entsteht wieder das Kupferoxid. Somit kann nach den erfolgten Versuchen das Kupferoxid regeneriert werden.



### **Methodisch-didaktische Analyse**

Der Versuch ist hervorragend geeignet, um die quantitative Messung von Kohlendioxid zu ‚visualisieren‘ und um entsprechende Rückschlüsse auf die Summenformeln der jeweiligen Edukte zu gewinnen. Nach Lehrplan wäre der Versuch im Bereich der Einführung in die Kohlenstoffchemie, Klassenstufe 10, speziell bei dem Thema Molekül- und Summenformeln denkbar. So könnten z.B. anhand der Untersuchung eines unbekanntes Gases Rückschlüsse auf die Anzahl an Kohlenstoffatomen gezogen werden. Einziges nennenswertes Manko ist m.E. (sowohl für den Lehrer- wie auch Schülerversuch) die ggf. schwierige Konstruktion einer (ausreichend) gasdichten Apparatur, was ich in eigener Erfahrung feststellen musste. Eine derartige Apparatur vorausgesetzt, ist der Versuch einfach durchzuführen, erfordert lediglich ein wenig Vorsicht im Umgang mit den verwendeten Spritzen (Kanülen) sowie den hochentzündlichen Gasen.

Der Versuch lässt sich in ungefähr 15 Minuten vorbereiten, in etwa 20 Minuten durchführen (pro verwendeten Kohlenwasserstoff) und in ca. 20 Minuten nachbereiten. Falls die verwendeten Materialien einen gasdichten Aufbau der Apparatur erschweren, kann die Vorbereitungszeit auch erheblich länger dauern. Somit lässt sich dieser Versuch in der Schule eher in einer Doppelstunde

oder einer Einzelstunde mit zuvor durchgeführten entsprechenden Vorbereitungen des Lehrers durchführen. Ist die Apparatur jedoch einmal in der Schule vorhanden, kann sie (bei entsprechender Erneuerung/Regeneration des Kupferoxids aus metallischem Kupfer) immer wieder verwendet werden und verkürzt so die Vorbereitungszeit erheblich. In diesem Fall ist der Versuch auch sicherlich als Schülerexperiment, z.B. im Rahmen eines Stationenlernens, empfehlenswert.

Aus praktischen Gründen wurde hier verzichtet, mit größeren Gasmengen zu arbeiten – v.a. da nicht ausreichend 50 mL-Einwegspritzen zur Verfügung standen. Ein häufiger Wechsel der kleineren Spritzen hätte ggf. einen Verlust von Gas provoziert. Im gegebenen Fall jedoch sollten möglichst mindestens 10 mL, besser 20 mL (je nach verwendetem Kohlenwasserstoff) verwendet werden, da hiermit auch eine größere und damit besser sichtbare Ausdehnung des Ballons einhergeht.

Um die Reaktion vollständig ablaufen zu lassen, ist es unabdingbar, das verwendete Gas vielfach durch die Apparatur zu spülen. Eine nicht vollständig abgelaufene Reaktion würde das Ergebnis sehr stark verfälschen. Erst, wenn auch nach mehrmaligem Durchspülen des Gases keine Volumenveränderung mehr feststellbar ist, kann die Reaktion als beendet angesehen werden.

Der Versuch stellt eine Methode dar, das entstehende Kohlendioxid durch volumetrische Veränderung zu messen. Damit kann die zugrunde liegende Reaktion sehr schön verdeutlicht werden und weitere Rückschlüsse erlauben – jedoch wird vorausgesetzt, dass sich tatsächlich Kohlendioxid bildet. Alternativ oder ergänzend könnte das entstehende Kohlendioxid auch durchaus über Einleitung in Baryt- oder Kalkwasser qualitativ (ggf. auch quantitativ) nachgewiesen werden.

Um Rückschlüsse auf die vollständige Summenformel des verwendeten Gases zu erhalten, wäre es ebenfalls interessant, eine entsprechende Bestimmung des Wasserstoffs durchzuführen<sup>5</sup> bzw. das entstehende (kondensierte) Wasser aufzufangen. Dies könnte bspw. dadurch erfolgen, dass man nach erfolgter Abkühlung der (gasdichten) Apparatur das (kondensierte) Wasser in den Ballon abtropfen lässt und anschließend eine Mengenbestimmung vornimmt. Wie derartige Messungen im Detail praktisch durchgeführt werden könnten, müsste eine entsprechende Versuchsvariante klären.

## ***Literatur***

---

<sup>5</sup> Vgl. Folgeartikel in der Versuchsvorschrift

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

Mortimer CE: Chemie; 4. Auflage 1983, 1. Nachdruck 1986, Georg Thieme Verlag, Stuttgart

*Idee aus:*

Full R: „Spritzige“ chemische Experimente: Chemie mit Einwegspritzen; in: Praxis der Naturwissenschaften, 1999, 5/48, S. 38-39

*Weitere Quellen:*

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

Hessischer Lehrplan Chemie G8; unter <http://www.kultusministerium.hessen.de/>; Zugriff am 21.11.08

[http://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0003Bestimmung\\_des\\_C-Anteils.pdf](http://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0003Bestimmung_des_C-Anteils.pdf); Zugriff am 22.11.08