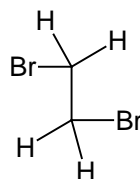
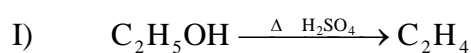


Gruppe 2 – vorgegebener Versuch
Darstellung und Bromierung von Ethen

Reaktion:



Zeitbedarf:

Vorbereitung:	45 min
Versuchsdurchführung:	30 min
Nachbereitung	45 min

Chemikalien:

Chemikalien	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schuleinsatz (HessGiss)
Ethanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}$	30 mL	11	(2)-7-16	F	S 1, S 2
konz. Schwefelsäure	$\text{H}_2\text{SO}_{4(l)}$	50 mL	35	(1/2)-26-30-45	C	S 1, S 2
Brom	$\text{Br}_{2(l)}$	ca. 3 Tropfen	26-35-50	(1/2)-7/9-26-45-61	T ⁺ , C, N	L V
Bromwasser	$\text{Br}_{2(aq)}$	35 mL	26-35-50	(1/2)-7/9-26-45-61	T ⁺ , C, N	S 1, S 2
Tetrachlorethen (PER)	$\text{C}_2\text{Cl}_{4(l)}$	26 mL	40-51/53	(2)-23-36/37-61	Xn, N	S 1, S 2
Cyclohexen	$\text{C}_6\text{H}_{10(l)}$	1 mL	11-21/22	16-23-33-36/37	F, Xn	S 1, S 2

Natriumthiosulfat Lösung	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}$	200 mL	-	-	-	S 1, S 2
Silbernitrat Lösung	$\text{AgNO}_3_{(\text{aq})}$	wenige Tropfen	8-34-50/53	(1/2)-26-36/37/39-45-60-61	O, C, N	S 1, S 2 Wenn möglich, Ersatzstoff einsetzen
Molekularsieb-Perlen	-	-	-	-	-	-

Geräte und Materialien:

- 250 mL Rundkolben NS 29
- Schliffhahn NS 29
- Magnetrührer mit Rührfisch
- 4 x Gaswaschflaschen
- Wasserschlauch
- 6 x Schlauchschellen
- 2 x Reagenzgläser
- Tropfpipette
- pH Papier

Versuchsaufbau:



Abb. 1: Versuchsaufbau

Versuchsdurchführung:

Darstellung des Ethens

Es werden 30 mL Ethanol mit 50 mL konzentrierter Schwefelsäure im Eisbad gemischt. Das Gemisch wird mit einer katalytischen Menge an Molsieb-Perlen in einen 250 mL Rundkolben gegeben und auf etwa 140°C erhitzt. Es bildet sich gasförmiges Ethen.

Bromierung des Ethens

In je eine Gaswaschflasche werden 25 mL Bromwasser und 25 ml einer Brom-Lösung in Tetrachlorethen (PER) gegeben. Dabei wird gerade so viel elementares Brom zum Tetrachlorethen getropft, bis die entstehende Lösung dieselbe Farbe aufweist wie das verwendete Bromwasser. Um das entweichende Bromgas zu neutralisieren schaltet man eine Gaswaschflasche mit gesättigter Natriumthiosulfat-Lösung nach.

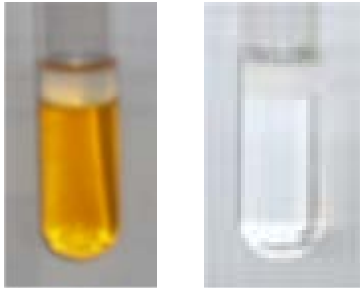
- a) Das dargestellte Ethen wird in einem gleichmäßigen Gasstrom durch das Bromwasser geleitet. Es wird die Zeit bis zur Entfärbung des Bromwassers gemessen. Nach der Entfärbung wird der pH-Wert der Lösung ermittelt. Anschließend versetzt man die Lösung mit wenigen Tropfen Silbernitrat Lösung. Alle Beobachtungen sind zu notieren.
- b) Das dargestellte Ethen wird in einem gleichmäßigen Gasstrom durch die Tetrachlorethen-Brom-Lösung geleitet. Es wird die Zeit bis zur Entfärbung der Lösung gemessen.
- c) In zwei Reagenzgläser wird jeweils 5 mL Bromwasser gegeben. In das Erste Reagenzglas gibt man zudem 1 mL Cyclohexen, verschließt es mit einem Stopfen und schüttelt. In das Zweite 1 mL Tetrachlorethen (PER), verschließt ebenfalls mit einem Stopfen und schüttelt. Der pH-Wert der wässrigen Lösung des Ersten Reagenzglases wird anschließend mit pH-Papier überprüft. Danach wird dieselbe Lösung mit wenigen Tropfen Silbernitrat Lösung versetzt. Alle Beobachtungen sind zu notieren.

Beobachtungen:

- a) In der Gaswaschflasche war ein braunes Gas erkennbar. Es dauerte 9 min bis die Lösung vollständig entfärbt war. Die pH-Wert Bestimmung ergab einen pH-Wert von 1. Nach Zugabe der Silbernitrat Lösung fiel ein schwerlöslicher, gelb-weißer Niederschlag aus.

b) In der Gaswaschflasche war kein gasförmiges Brom erkennbar. Es dauerte 4 min und 20 sec, bis die Lösung vollständig entfärbt war. Nach Durchleiten des Gases war die Lösung getrübt.

c) Bromwasser mit Cyclohexen:

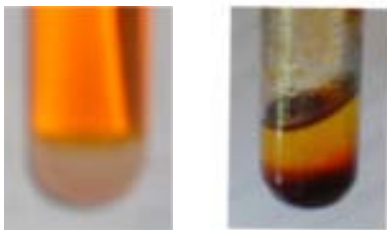


Es bildeten sich zwei Phasen. Dabei setzte sich die wässrige Phase am Boden des Reagenzglases ab. Nach dem Schütteln war das Bromwasser vollständig entfärbt und damit beide Phasen farblos.

Es wurde der pH-Wert $\text{pH} = 1$ ermittelt. Nach Zugabe der Silbernitrat Lösung fiel ein schwerlöslicher, gelbweißer Niederschlag aus.

Abb. 2: Bromwasser mit Cyclohexen vor und nach dem Schütteln.

Bromwasser mit PER:

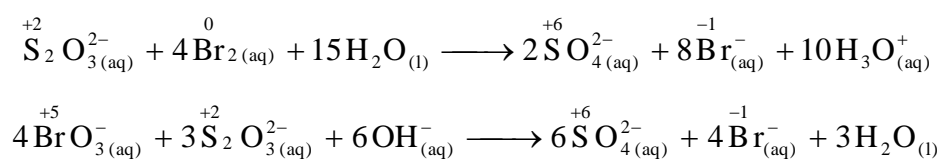


Es bildeten sich zwei Phasen. Dabei setzte sich die farblose organische Phase am Boden ab. Durch das Ausschütteln wurde ein großer Teil des Broms in die organische Phase gezogen. Diese war nun braun, während die wässrige Phase sich von orange nach gelb verfärbte.

Abb.3: Bromwasser mit PER vor und nach dem Schütteln.

Entsorgung:

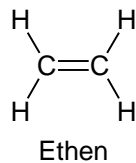
Das Schwefelsäure-Ethanol-Gemisch wurde von den Molsieb-Perlen abgetrennt und neutral in den Abfluss gegeben. Alle Lösungen, die in Kontakt mit Brom waren wurden mit etwas Natriumthiosulfat Lösung versetzt um Bromrückstände zu neutralisieren.



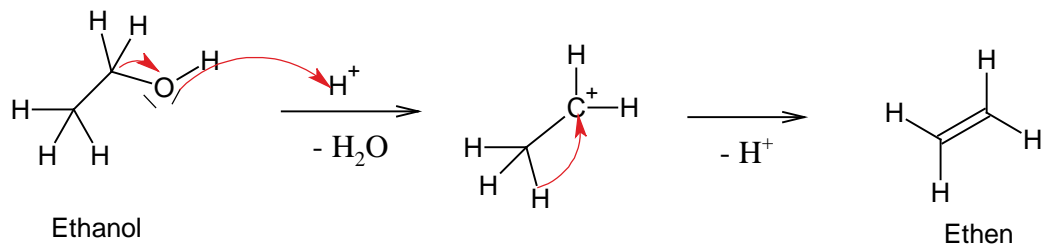
Da alle diese Lösungen in Kontakt mit organischen Verbindungen waren wurden sie neutral in den Sammelbehälter für organische Lösungsmittelabfälle gegeben.

Fachliche Analyse:

Ethen besitzt eine C-C Doppelbindung und gehört damit zur Gruppe der Alkene.

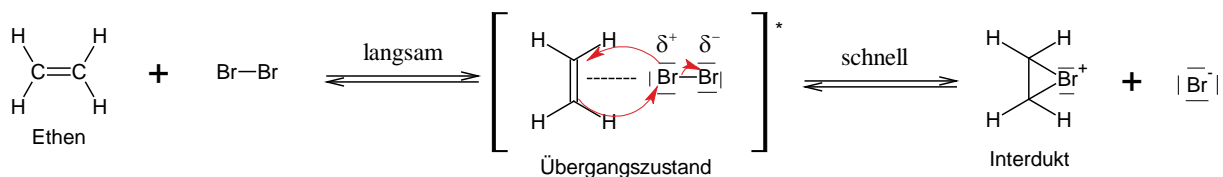


Ethen kann durch Erhitzen eines Ethanol-Schwefelsäure-Gemisches auf etwa 140-150°C dargestellt werden. Dabei zerfällt das Ethanol unter Abspaltung eines Protons zu H₂O und Ethen.

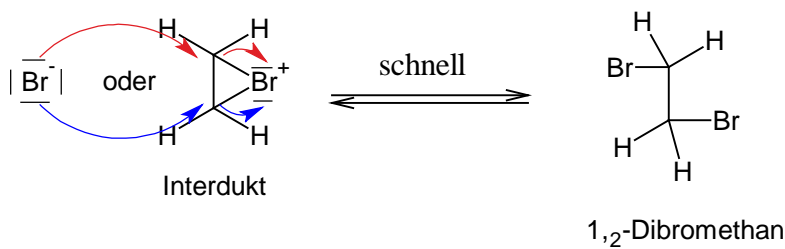


Gibt man Ethen und Brom zusammen, so wird an die C-Atome der Doppelbindung formal jeweils ein Brom-Atom addiert. Der Reaktionsmechanismus funktioniert nach dem Prinzip einer elektrophilen Addition und besteht aus zwei Schritten.

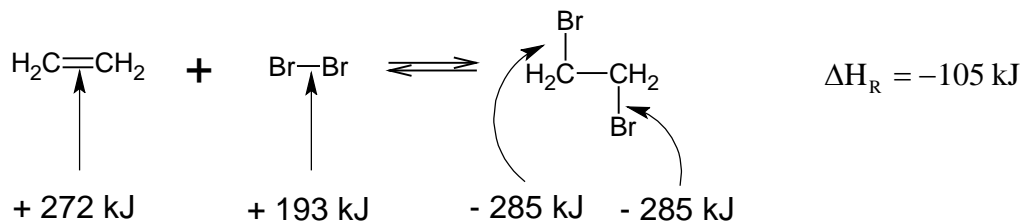
Im ersten Schritt findet in der Br-Br-Bindung eine Polarisierung statt. Das Bromatom mit positiver Partialladung fungiert als Elektrophil und nähert sich der C-C-Doppelbindung. Es kommt zur Ausbildung einer Wechselwirkung zwischen einem Elektronenpaar aus der Doppelbindung und dem positivierten Bromatom im Brom-Molekül. Dieses Produkt kann in einem Übergangszustand beschrieben werden. Es zerfällt entweder zurück in seine Edukte oder reagiert zu einem Bromid-Ion und einem cyclischen Bromonium-Ion weiter.



Im zweiten Schritt greift das abgespaltene Bromid-Ion als Nucleophil eines der beiden C-Atome des Bromonium-Ions an. Dabei wird das angreifende Bromid-Ion kovalent an das C-Atom gebunden. Der Angriff erfolgt aus sterischen Gründen ausschließlich von der Rückseite. Gleichzeitig zu dieser neuen Bindung wird der bestehende Drei-Ring geöffnet. Als Produkt erhält man 1,2-Dibromethan.



Diese Bromierung ist energetisch begünstigt, da die zur Auftrennung der Bindungen erforderliche Energie geringer ist als die bei der Ausbildung neuer Bindungen freigesetzte Energie.



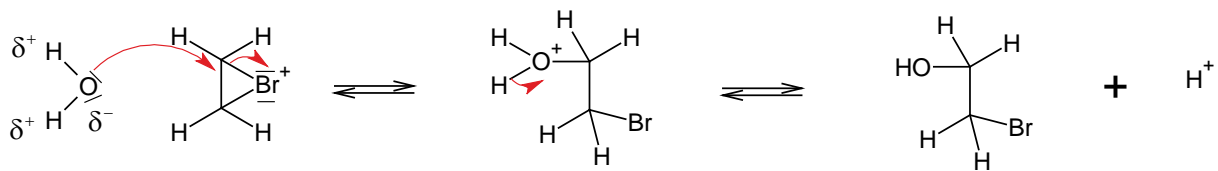
Ebenfalls energetisch begünstigt ist die in Versuchsabschnitt c) durchgeführte Bromierung von Cyclohexen zu 1,2-Dibromcyclohexan. Der Reaktionsmechanismus verläuft analog zur Bromierung von Ethen.

Die oben beschriebene Reaktion verläuft in einem polaren Lösungsmittel wie Wasser schneller, da ein polares Lösungsmittel die Bildung des ionischen Interdukts fördert. Das einfach positiv geladene Interdukt, sowie das einfach negativ geladene Bromid-Ion werden im Wasser stabilisiert.

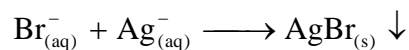
Das ebenfalls im Versuch verwendete Lösungsmittel Tetrachlorethen ist ein unpolares Lösungsmittel. Es kommt nicht zur Stabilisierung des Interdukts durch das Lösungsmittel. Dadurch verläuft die Reaktion langsamer.

Dennoch wurde im Versuch eine kürzere Reaktionszeit für die Bromierung in PER gemessen. Eine Erklärung für dieses abweichende Ergebnis kann durch einen nicht gleichmäßigen Ethen-Gasstrom gegeben werden. Möglicherweise wurde der Gasstrom im Versuchsverlauf stärker und blieb nicht konstant. Zudem lösen sich sowohl Brom als auch Ethen bedeutend besser im unpolaren Tetrachlorethen. Durch die bessere Löslichkeit können die Reagenzien in größerer Konzentration angereichert werden, was ebenfalls zu einer erhöhten Reaktionsgeschwindigkeit führt. Belege für die bessere Löslichkeit von Brom in PER wurden in Versuchsabschnitt c) gegeben. Das im Bromwasser enthaltene Brom wurde beim Ausschütteln fast vollständig in die Phase des PER gezogen.

Als Nebenreaktion zur Bromierung kann das Interdukt mit dem Lösungsmittel Wasser zu einem Bromalkohol reagieren. Dabei fungiert das Sauerstoffatom des Wasser-Moleküls als Nucleophil. Bei dieser Hydratisierung des Interdukts wird ein Proton freigesetzt.



Somit wurde im Versuch festgestellt, dass alle wässrigen Lösungen in denen eine Bromierung durchgeführt wurde sauer waren. Durch diese Nebenreaktion werden nicht alle Bromid-Ionen umgesetzt. Versetzt man die wässrigen Lösungen mit Silbernitrat, so fällt das schwerlösliche Silberbromid als gelb-weißer Niederschlag aus.



Methodisch-didaktische Analyse:

1. Einordnung

Der Versuch kann wie folgt in die Themengebiete des hessischen Lehrplans (G8) eingebettet werden.

Jahrgangsstufe u. Unterrichtseinheit	Themengebiet
7G.2	<u>Chemische Reaktionen und Energieumsatz:</u> Merkmale chemischer Reaktionen kennzeichnen. Erstellen von Reaktionsschemata (Wortgleichungen). Energiediagramme zu exothermen und endothermen Reaktionen aufstellen, Aktivierungsenergie erläutern.
8G.2	<u>Halogene:</u> Informationen über Eigenschaften und Verwendung verschiedener Halogene – auch in Alltag und Technik – gegenüberstellen und vergleichen.
10G	<u>Ungesättigte Kohlenwasserstoffe:</u> Ethen, Ethin; Herstellung durch Eliminierung; Chemische Reaktionen: Reaktionstyp der Addition von X ₂ und Nachweis der C-C-Mehrfachbindung (Addition von Brom) Bedeutung im Alltag und der Industrie
11G.1	<u>Alkene, Alkine, Polyene:</u> Herstellung ungesättigter Kohlenwasserstoffe (auch als Crack-Produkte langkettiger Alkane); sowie fakultativ Mechanismus der Addition von Molekülen des Typs X ₂ .

2. Aufwand

Alle für den Versuch verwendeten Chemikalien und Geräte zählen zur Standardausrüstung einer Chemischen Sammlung. Die eigentliche Bromierung ist ohne Probleme in der Schule durchführbar. Alle Effekte sind deutlich erkennbar. Dennoch ist zu beachten, dass durch den Aufbau einer größeren, gasdichten Apparatur, sowie der Darstellung von Ethen viel Zeit benötigt wird. Insbesondere die Gasdarstellung und die anschließende Neutralisation der Schwefelsäure verursachen einen großen Zeitaufwand. Zudem ist der Gasstrom des erzeugten Ethens nicht kontrollierbar, was zu verfälschten Versuchsergebnissen führt. Um zuverlässige Versuchsergebnisse zu erhalten und den Zeitaufwand zu reduzieren wird dringend empfohlen das Ethen aus einer Druckgasflasche zu entnehmen.

3. Durchführung

Wie oben beschrieben sollte der Versuch derart modifiziert werden, dass das Ethen aus einer Druckgasflasche entnommen wird. Dadurch kann die Zuverlässigkeit des Versuchs gesteigert werden. Auf Grund der Gefährlichkeit des verwendeten Broms und Tetrachlorethens ist dieser Versuch nach der HessGiss nicht als Schülerversuch zugelassen. Das Experiment muss als Lehrerversuch unter dem Abzug durchgeführt werden.

Literatur:

- Versuchsvorschrift aus: Tausch/ Wachtendonk, Chemie S II, S. 229ff.
- K. P. C. Vollhardt, N. E. Schore, **Organische Chemie, Dritte Auflage**, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2000.
- **Organikum, 21. Auflage**, WILEY-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2001.
- A. F. Holleman, E. Wiberg, N. Wiberg, **Lehrbuch der Anorganischen Chemie, 102. Auflage**, Walter de Gruyter & Co., Berlin, 2007.
- **www.dguv.de, GESTIS-Stoffdatenbank**, 2009, Zugriff: 13.05.09.