

## Versuch 5: Radikalische Substitution

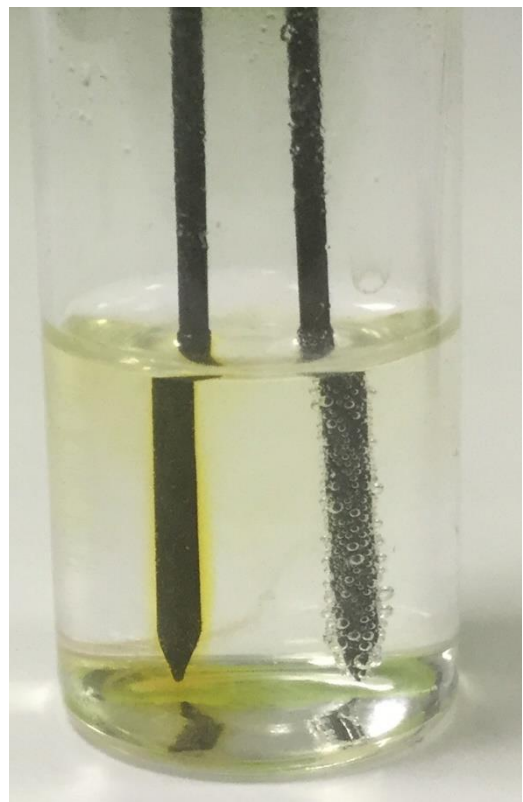
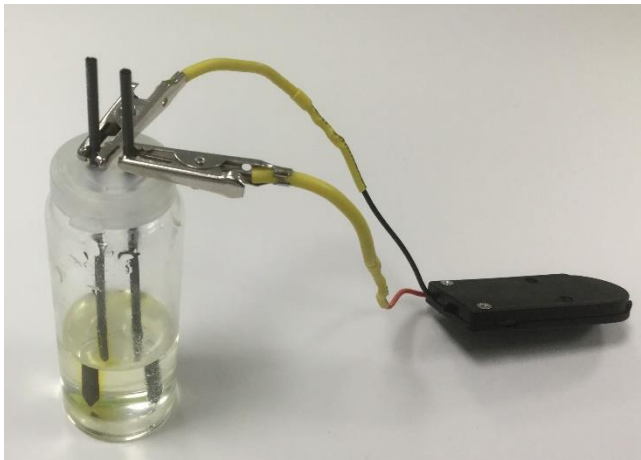
Die radikalische Substitution von Alkanen ist eines der Standardexperimente im Chemieunterricht. Die hier vorgestellte Variante erlaubt eine besonders risikolose Durchführung des Experimentes.

### 1. Gefahrlose Erzeugung von Bromwasser

Bisher galt als gefahrloses Verfahren die Gewinnung von Bromwasser durch Ansäuern einer Bromid-Bromat-Lösung. Inzwischen ist das in der Lösung enthaltene Natriumbromat als krebserzeugende Substanz eingestuft. Eine Ersatzstoffprüfung führt dazu, dass die Erzeugung von Bromwasser aus Bromid-Bromat-Lösung nicht mehr durchgeführt werden sollte, weil es gefährlichere Alternativen gibt.

#### 1.1 Bromwasser durch Elektrolyse einer Kaliumbromidlösung

Diese Variante kommt ganz ohne Oxidationsmittel aus. Ein Schnappdeckelglas wird zur Hälfte mit 1-molarer Kaliumbromidlösung gefüllt. In den Deckel sind zwei Bleistiftminen eingelasen. Diese werden mit den Polen einer Spannungsquelle verbunden. In Hier wird ein Knopfzellenhalter verwendet, der mit zwei Krokodilklemmen verbunden wurden. Nach wenigen Minuten entsteht eine ausreichende Brommenge.

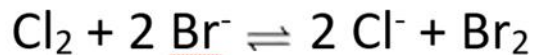
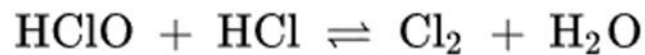


## 1.2 Bromwasser durch Reduktion von Bromidionen mit ©DanKlorix

Ein Schnappdeckelglas wird zur Hälfte mit 1-molarer Kaliumbromidlösung gefüllt. Dazu gibt man einige Tropfen einer 1-molaren Schwefelsäure. Dazu gibt man wenige Tropfen des Hygienereinigers DanKlorix. Augenblicklich nimmt die Lösung durch die Bildung von Brom eine gelbe Farbe an.



**Information:** ©DanKlorix enthält Hypochloritionen, die in saurer Lösung Chloridionen unter Bildung von Chlormolekülen reduzieren. Chlormoleküle reduzieren ihrerseits Bromidionen zu Brommolekülen. Tatsächlich wird die Reduktion der Brommoleküle direkt durch die Hypochloritionen erfolgen.

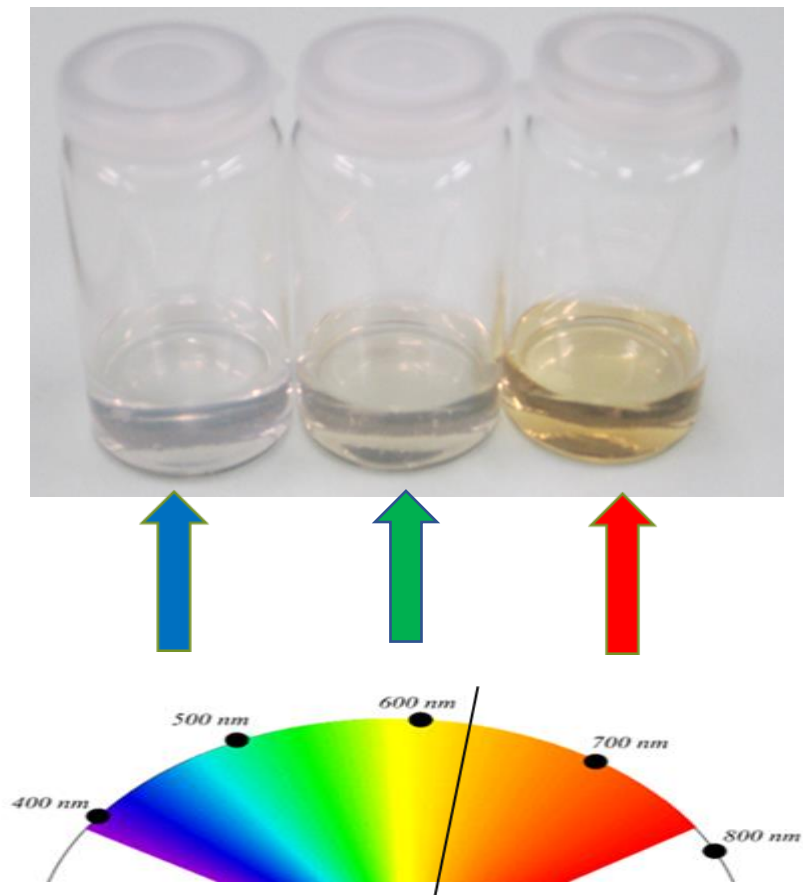


## 2. Radikalische Substitution

Die wässrige Bromlösung im Schnappdeckelglas wird mit einigen Millilitern n-Decan überschichtet. Das Schnappdeckelglas wird verschlossen und kurz geschüttelt. Man erhält eine durch gelöstes Brom bräunliche m-Decanschicht über der fast farblosen wässrigen Phase. Man entnimmt mit einer Pipette eine Probe der braunen n-Decanphase und verteilt diese auf drei Schnappdeckelgläser. Die Schnappdeckelgläser werden verschlossen. Dabei klemmt man jeweils einen kleinen Streifen Universalindikatorpapier unter den Deckel. Eines der Schnappdeckelgläser stellt man im abgedunkelten Raum auf eine rot leuchtende, eines auf eine blau leuchtende und eines auf eine grün leuchtende Farbwechsellampe. Nach wenigen Minuten ist das Experiment beendet.

**Beobachtung:** Die mit blauem Licht bestrahlte Lösung ist vollständig entfärbt. Das Indikatorpapier unter dem Deckel ist rot verfärbt. Die mit grünem Licht bestrahlte Lösung ist teilweise entfärbt, das Indikatorpapier ist ebenfalls rot verfärbt, aber weniger intensiv. Die mit rotem Licht bestrahlte Lösung ist nicht entfärbt. Das Indikatorpapier ist unverändert.

**Deutung:** Die Reaktion beginnt mit der homolytischen Spaltung von Brommolekülen. Die Energieportionen der Photonen des roten Lichtes reichen nicht aus, die Brom-Brom-Bindung zu spalten.



Eine theoretische Betrachtung der Ergebnisse ist möglich:

- Die durchschnittliche Bindungsenthalpie für eine Br-Br-Bindung beträgt 193 kJ/mol.
- Das entspricht pro Br-Br-Bindung einer Bindungsenthalpie von  
 $193000 \text{ J/mol} = 193000 \text{ J} : 6.023 \times 10^{23} = 3.2 \times 10^{-19} \text{ J}$
- Damit ein Photon die Spaltung dieser Bindung auslösen kann, muss es mindestens diesen Energiegehalt besitzen.
- $E = h \cdot f = h \cdot c / \lambda$
- $\lambda = h \cdot c / E$
- $\lambda = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} / 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
- $\lambda = 6.21 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 621 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 621 \text{ nm}$

Nur Licht mit einer Wellenlänge kleiner als 621 nm kann Brom-Brom-Bindungen spalten.

**Chemikalien:**

**Decan:** Signalwort: „Gefahr“ H226, H304  
EUH066  
P210, P301+P330+P331



**Kaliumbromid:** Signalwort: „Achtung“ H319  
P305+P351+P338



**©DanKlorix :** Signalwort: „Gefahr“ H314, H411  
EUH206  
P305+P351+P338, P310, P303+P311+P353, P301+P330+P331, P501

