

## 11.2 Die Reaktionsgeschwindigkeit wird von äusseren Faktoren beeinflusst

### Vorbemerkungen / Hinweis

Zu Beginn des Abschnitts 11.2 lässt sich die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit den Schülerinnen und Schülern (S+S) anhand einfacher Reagenzglasexperimente auf anschauliche Weise rasch und unkompliziert nahebringen. Anschliessend zeigt man die im Lehrbuch aufgeführten Experimente.

**Die Versuche werden durch die Lehrperson ausgeführt.**

### Arbeitsmaterialien für die Versuche V1 und V2

Brenner; Reagenzgläser (RG); Reagenzglashalter; Reagenzglasständer; Tropfpipette; Vortex; Wasserkocher

### Chemikalien

Die H-Sätze findet man unter [www.hep-verlag.ch/chemie-zusatzmaterial-lehrpersonen](http://www.hep-verlag.ch/chemie-zusatzmaterial-lehrpersonen): «Sicherer Umgang mit Chemikalien, Mikroorganismen und Strahlenquellen an Schulen», Anhang C S. 58ff

Magnesiumpulver, Mg(s)

Magnesiumband, Mg(s)

H228



Salzsäure verd. und konz., HCl(aq)

H290 H315 H319 H335



Eisen(III)-chlorid Hexahydrat, FeCl<sub>3</sub>·6 H<sub>2</sub>O(aq)

*c* = 0.05 mol/l

H290 H302 H315 H318



Kupfersulfat, CuSO<sub>4</sub>(aq)

*ω* = ca. 5 %

H302 H315 H319 H411



Natriumthiosulfat, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(aq); *c* = 0.1 mol/l

[Die Konzentrationsangaben stellen Richtwerte dar, die aber nicht exakt eingehalten werden müssen. Auch mit anderen konzentrierten Lösungen lassen sich die Experimente gut durchführen.]

### V1 Magnesium + Salzsäure

#### Sicherheitsvorschriften

Labormantel und Schutzbrille tragen; Schutzscheibe gegen die Klasse hin verwenden

#### Versuchsbeschreibung

In einem RG lässt man ein kurzes Stück Magnesiumband mit verd. Salzsäure reagieren und macht die Knallgasprobe. Dazu verschliesst man mit einem Daumen das Reagenzglas so lange, bis ein Gasdruck spürbar ist. Man nimmt dann den Daumen bei schräg gehaltenem RG weg und wartet ca. 3 bis 5 Sekunden. Anschliessend hält man die RG-Öffnung direkt in die Flamme des Brenners.

[Information an die S+S, dass Salzsäure  $[\text{HCl}(\text{aq})]$   $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen enthält; diese Ionen reagieren mit dem Metall.]

Die weiteren RG-Experimente:

- Mg-Pulver + Salzsäure verd.
- Mg-Band + Salzsäure konz.
- [Mg-Pulver + Salzsäure konz.: nur unter äusserster Vorsicht (wenig Pulver, Zugabe von wenig konz. Salzsäure mit ausgestrecktem Arm ins RG)]

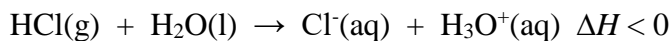
### Entsorgung

Die Lösungen kommen zu den sauren/basischen Abfällen.

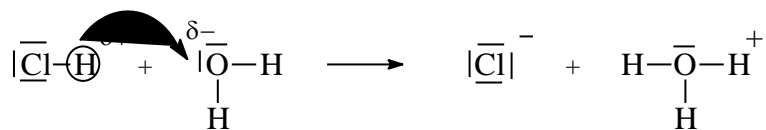
### Beobachtung und Interpretation

Die Reaktionsgeschwindigkeit (Abnahme der Eduktkonzentration pro Zeiteinheit) nimmt in der Reihenfolge Mg-Band + Salzsäure verd., Mg-Pulver + Salzsäure verd., Mg-Band und Mg-Pulver + Salzsäure konz. zu. Bei allen Reaktionen bildet sich u. a. Wasserstoff (Knallgasprobe).

Salzsäure = wässrige Lösung von  $\text{HCl}(\text{g})$ :



Anziehende Kräfte zwischen dem schwach gebundenen Proton in der polaren Bindung  $\text{Cl}-\text{H}$  und einem nicht bindenden Elektronenpaar im Wasser-Molekül führen zu einem Protonenübergang:



Der Vorgang ist exotherm, da erstens die Bindungsenthalpie  $\text{O}-\text{H}$  (463 kJ/mol) grösser ist als die von  $\text{H}-\text{Cl}$  (431 kJ/mol) und zweitens die bei der Reaktion entstehenden Ionen hydratisiert werden; Hydrationsenthalpie wird dadurch frei.

Die Reaktionsgeschwindigkeit lässt sich beschleunigen, indem man die Oberfläche eines Feststoffs vergrössert (Mg-Band  $\rightarrow$  Mg-Pulver) oder die Konzentration eines Edukts erhöht (Salzsäure verd.  $\rightarrow$  Salzsäure konz.). Damit steigt die Anzahl der wirksamen Zusammenstösse.

## V2 Eisen(III)-chlorid(aq) + Natriumthiosulfat(aq)

### Sicherheitsvorschriften

Labormantel und Schutzbrille tragen

### Versuchsbeschreibung

Man füllt drei Reagenzgläser zu je einem Drittel mit Eisen(III)-chlorid-Lösung und ebenfalls drei Reagenzgläser zu je einem Drittel mit Natriumthiosulfat-Lösung. Die beiden Lösungen werden jeweils unter folgenden Bedingungen zusammengeschüttet und mit einer Stoppuhr wird die Zeit gemessen, bis die sich bildende rotviolette Farbe wieder verschwunden ist (eventuell Vortex zur raschen Mischung der Edukte verwenden):

- a) bei Raumtemperatur
- b) nachdem beide Reagenzgläser in heissem Wasser erwärmt wurden

c) nachdem in eines der beiden Reagenzgläser ein Tropfen Kupfersulfat-Lösung gegeben wurde

### Entsorgung

Die Lösungen werden zu den Schwermetallabfällen gegeben.

### Beobachtung und Interpretation

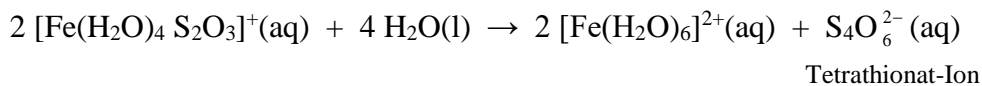
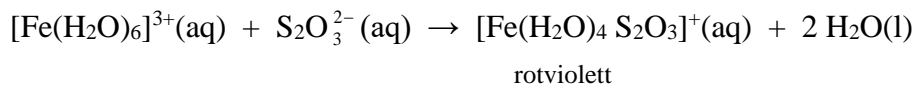
Beim Zusammengiessen der beiden Lösungen bildet sich eine rotviolette Farbe. Dabei handelt es sich um einen gut löslichen Thiosulfat-Eisenkomplex, der nicht beständig ist und je nach Bedingungen mehr oder weniger rasch zerfällt. Die Lösung entfärbt sich dabei.

- Es vergeht einige Zeit, bis die Farbe verschwunden ist.
- Nur für sehr kurze Zeit ist die Farbe des Komplexes sichtbar.
- Die Komplexfarbe ist fast nicht erkennbar, da die Reaktion sehr schnell abläuft.

→ Eine Reaktion läuft umso schneller ab, je höher die Temperatur ist.

→ Ein Katalysator erniedrigt die Aktivierungsenergie, in diesem Fall die geringe Menge Kupfersulfat.

Reaktionsgleichungen zu V2:



[Beim Zerfall des Komplexes wird das  $\text{Fe}^{3+}$  zu  $\text{Fe}^{2+}$  reduziert und 2 S-Atome werden von IV auf V oxidiert, Kapitel 15; im Tetrathionat-Ion haben zwei S-Atome die Oxidationszahl 0 und zwei die Oxidationszahl 5]

Nach diesen «Reagenzglasversuchen» diskutiert man anhand der Experimente und Grafiken des Abschnitts 11.2. mit der Klasse die einzelnen Faktoren, die die Reaktionsgeschwindigkeit beschleunigt haben.