

Thema G 1: Löten

Material:

Leiterplatten, die sich in nahezu jedem elektronischen Gerät befinden, sind essenziell für dessen Funktion. An ihnen werden meist durch Löten elektronische Bauteile aus Metall befestigt. Über kupferhaltige Leiterbahnen sind diese miteinander verbunden.

Das Löten ist ein thermisches Verfahren zum dauerhaften Verbinden von Metallen. Dabei wird eine Metalllegierung, das Lot (Hauptbestandteil: Zinn), mithilfe eines LötKolbens geschmolzen und zwischen die zu verbindenden Metalle gebracht. Nach dem Abkühlen und Erstarren des Lotes sind beide Metalle fest miteinander verbunden.

Die LötKolbenspitze besteht aus Kupfer, das beim Erhitzen zu Kupfer(II)-oxid reagiert. Dieses behindert das Löten, sodass die LötKolbenspitze regelmäßig gereinigt werden muss. Dazu wird die heiße LötKolbenspitze mit Ammoniumchlorid versetzt, das sich thermisch zersetzt. Es entsteht u. a. ein sauer reagierendes Zersetzungsprodukt. Dieses setzt sich mit dem Kupfer(II)-oxid um und das u. a. gebildete Chlorid verdampft.

Rückstände von Ammoniumchlorid an der LötKolbenspitze führen jedoch in Verbindung mit Luftfeuchtigkeit zu Problemen beim Löten, da Ammoniumchlorid gut in Wasser löslich ist und Folgereaktionen fehlerhafte Lötstellen hervorrufen.

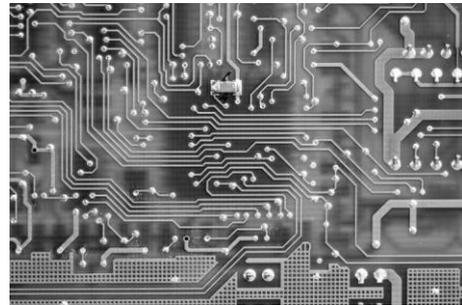


Abb. 1: Leiterplatte

(Foto: "Platine" von Paul Lindner,
<https://ccnull.de/foto/platine/1002962>)

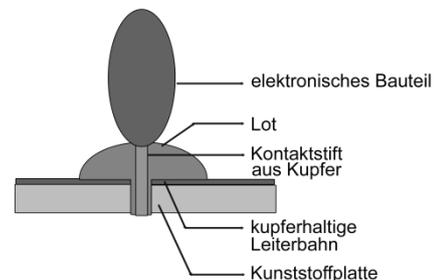


Abb. 2: Schnitt durch eine Leiterplatte mit einem befestigten elektronischen Bauteil

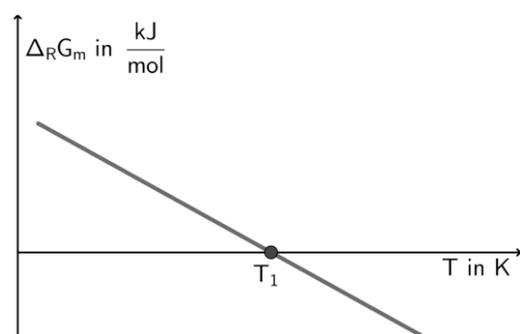


Abb. 3: Temperaturabhängigkeit der Zersetzung von Ammoniumchlorid

	BE
1 Beschreiben Sie den Bau und die chemische Bindung im Kupfer. Begründen Sie die Eignung von Kupfer als LötKolbenspitze anhand von zwei Eigenschaften und deren Auswirkung auf das Löten. Erläutern Sie das Wesen der vorliegenden Reaktionsart am Beispiel der Bildung von Kupfer(II)-oxid an der LötKolbenspitze.	14
2 Berechnen Sie die molare Standardreaktionsenthalpie sowie die molare Standardreaktionsentropie für die thermische Zersetzung von Ammoniumchlorid. Interpretieren Sie die Abbildung 3 auch durch Deuten der GIBBS-HELMHOLTZ-Gleichung: $\Delta_R G_m = \Delta_R H_m - T \cdot \Delta_R S_m$. Erläutern Sie den im Material beschriebenen Reinigungsprozess einer LötKolbenspitze.	14
3 Berechnen Sie den pH-Wert eines Wassertropfens ($V = 0,1 \mu\text{L}$), in dem sich $2,6 \mu\text{g}$ Ammoniumchlorid ($\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) gelöst haben. Hinweis: Nutzen Sie die Größengleichung zur Berechnung des pH-Werts schwacher Säuren. Erklären Sie die Korrosion an Lötstellen durch Ammoniumchlorid-Rückstände.	8

Experiment:

Sie erhalten drei mit A, B und C gekennzeichnete weiße Feststoffproben. Bei einer der drei Feststoffproben handelt es sich um Ammoniumchlorid.

	BE
4 Führen Sie Experimente zum Identifizieren der Ammoniumchlorid-Probe mithilfe eindeutiger Ionennachweise durch, indem Sie <ul style="list-style-type: none"> - die benötigten Chemikalien für den Ammonium- und den Chlorid-Ionen-Nachweis anfordern, - die Experimente durchführen und - die Beobachtungen der Experimente auswerten. 	14

Thema G 2: Schwefelverbindungen

Material:

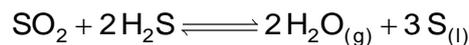
Schwefeldioxid und Schwefelwasserstoff sind gasförmige Schwefelverbindungen, die sowohl umwelt- als auch gesundheitsschädlich sind.

Schwefeldioxid entsteht z. B. als Nebenprodukt bei der Verbrennung fossiler Energieträger und ist somit in großen Mengen im Rauchgas enthalten.

Schwefelwasserstoff ist ein übelriechendes, sauer reagierendes Gas, das durch biogenen Abbau organischer und anorganischer Stoffe unter anaeroben Bedingungen (Fäulnis) z. B. in Abwasserrohren entsteht und diese zerstört. Es ist außerdem im Erdgas enthalten, das vor der Weiterverwendung davon befreit werden muss.

Aus Schwefelwasserstoff des Erdgases und Schwefeldioxid des Rauchgases kann reiner Schwefel gewonnen werden.

Vereinfacht stellt sich bei ca. 250 °C das folgende chemische Gleichgewicht ein:



Im Jahr 2021 wurden so ca. 385.000 t Schwefel in Deutschland produziert. Dieser dient z. B. zur Herstellung von Schwefelsäure.

1 Ermitteln Sie jeweils die Oxidationszahl des Schwefelteilchens in einem Schwefelwasserstoff- sowie in einem Schwefeldioxidmolekül.

Begründen Sie eine der Oxidationszahlen anhand der Elektronenkonfiguration des Schwefelatoms.

2 Erklären Sie den Unterschied im Aggregatzustand von Wasser und Schwefelwasserstoff (bei $T = 298,15 \text{ K}$ und $p = 101,325 \text{ kPa}$) anhand von Struktur-betrachtungen.

Erläutern Sie das Donator-Akzeptor-Prinzip anhand der Reaktion von Schwefelwasserstoff mit Wasser.

Berechnen Sie den pH-Wert und die Ausgangskonzentration $c_0(\text{H}_2\text{S})$ einer Schwefelwasserstoff-Lösung mit $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 1,58 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$.

Hinweis: Die zweite Protolysestufe ist zu vernachlässigen.

Erklären Sie zwei ökologisch unbedenkliche Möglichkeiten, die Konzentration an Schwefelwasserstoff in Abwasserrohren zu senken.

BE

5

17

- | | |
|---|----|
| | BE |
| <p>3 Begründen Sie die Reaktionsart der Reaktion der im Material beschriebenen Schwefelgewinnung.</p> <p>Berechnen Sie die molare Standardreaktionsenthalpie für diese Reaktion.</p> <p>Hinweis: Nutzen Sie vereinfachend $\Delta_f H_m^0(\text{S}_{(l)}) = 0 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.</p> <p>Skizzieren Sie ein Energiediagramm auf Grundlage dieser Berechnung.</p> <p>Erklären Sie vier theoretische Möglichkeiten, die im Material beschriebene Schwefelgewinnung zu optimieren.</p> <p>Berechnen Sie das Volumen an Schwefelwasserstoff, das 2021 in Deutschland aus Erdgas entfernt wurde.</p> <p>Hinweise: Gehen Sie aufgrund der Optimierung von einem vollständigen Stoffumsatz aus.</p> $V_m^0 = 24,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}$ <p>Bewerten Sie die im Material beschriebene Schwefelgewinnung aus ökonomischer und ökologischer Sicht.</p> | 20 |

dokumentierte Experimente:

In einem Labor wird aus Natriumsulfid Schwefelwasserstoff hergestellt, der für folgende Experimente zur Verfügung steht.

- A Schwefelwasserstoff wird in eine Eisen(II)-salz-Lösung geleitet.
Es bildet sich ein schwarzer Niederschlag.
- B Schwefelwasserstoff wird in eine Eisen(II)-salz-Lösung geleitet, die vorher mit Kaliumcyanid-Lösung im Überschuss versetzt wurde.
Es bildet sich kein Niederschlag.

- | | |
|--|----|
| | BE |
| <p>4 Entwickeln Sie eine Reaktionsgleichung zur Herstellung von Schwefelwasserstoff im Labor.</p> <p>Werten Sie die Beobachtungen der dokumentierten Experimente A und B aus.</p> <p>Hinweis: Eisen(II)-Ionen bilden Komplex-Ionen mit der Koordinationszahl 6.</p> | 8 |

Thema V 1: Autoxidation

Material:

Das Verderben von Frittierölen (Autoxidation) ist ein Problem für die Lebensmittelindustrie. Die Frittieröle werden dadurch meist übelriechend, ungenießbar und dickflüssiger. Teilweise bildet sich eine feste Frittierölschicht.

Bei der Autoxidation reagieren ungesättigte Fettsäuren wie z. B. Octadeca-9,12-diensäure (Linolsäure) mit dem Sauerstoff der Luft. Ein Abschnitt des Mechanismus der Autoxidation von Octadeca-9,12-diensäuremolekülen kann in folgenden Schritten beschrieben werden:

1. Ein Fettsäuremolekül (R-H) reagiert zu einem Fettsäure- und einem Wasserstoffradikal.
2. Das gebildete Fettsäureradikal reagiert mit einem Linolsäuremolekül u. a. zu einem Linolsäureradikal (Abb. 1, A).
3. Dieses Linolsäureradikal reagiert mit einem Sauerstoffmolekül u. a. zu dem Linolsäure-Peroxyradikal (Abb. 1, B).

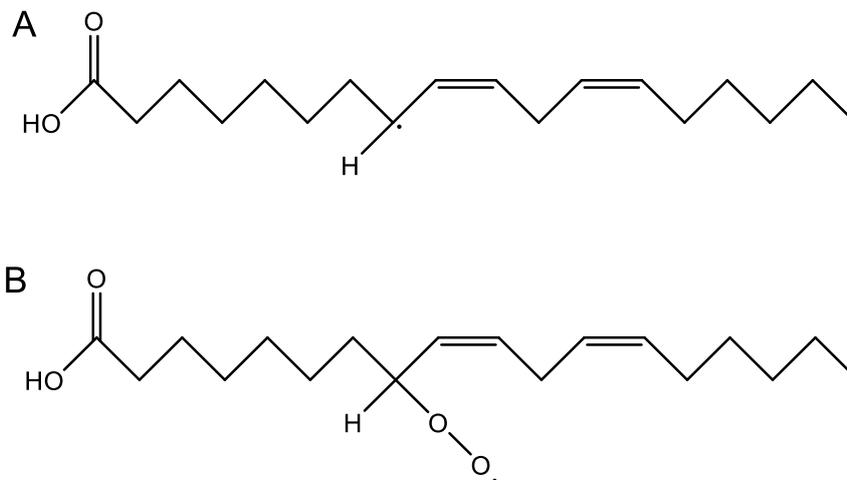


Abb. 1: Strukturformeln vom Linolsäureradikal und vom Linolsäure-Peroxyradikal

Die Schritte 1 bis 3 können wiederholt ablaufen, bis es zu Abbruchreaktionen kommt. So reagiert z. B. ein Linolsäureradikal mit einem Linolsäure-Peroxyradikal. Dabei bildet sich ein Makromolekül.

Um eine Autoxidation von Frittieröl zu reduzieren, wird in der Lebensmittelindustrie das Fett kühl und dunkel gelagert.

Eine weitere Möglichkeit, die Autoxidation zu reduzieren, ist die Zugabe von Antioxidantien wie z. B. BHT (vereinfacht: Butylhydroxytoluol).

Die Wirkungsweise ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

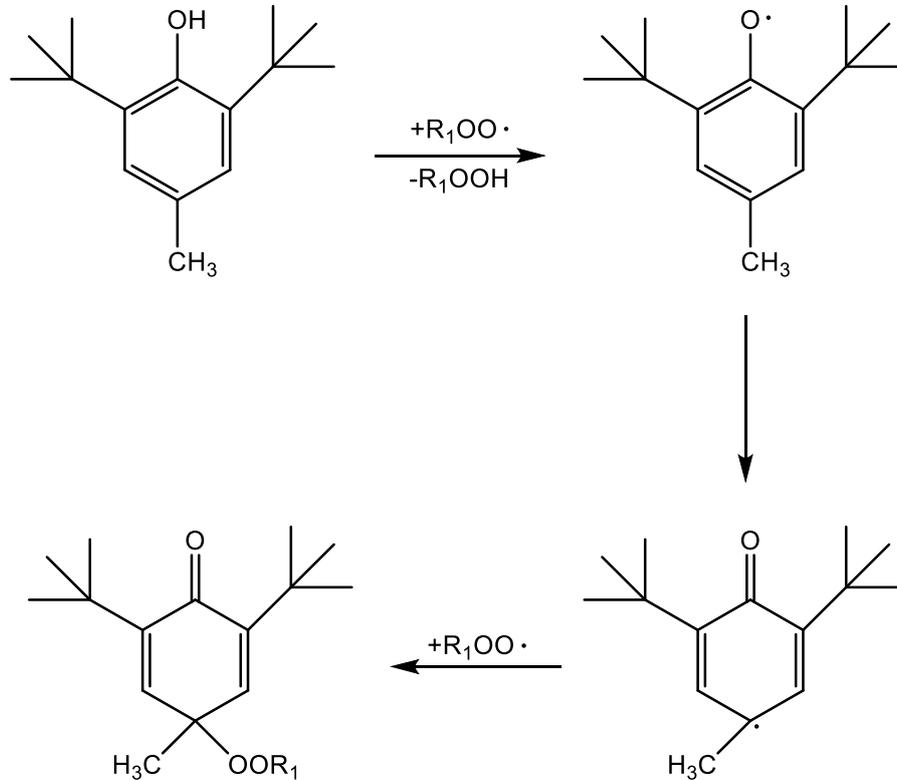


Abb. 2: Wirkungsweise eines BHT-Moleküls gegenüber Linolsäure-Peroxyradikalen ($R_1OO\cdot$)

- 1 Geben Sie die LEWIS-Formel von einem Octadeca-9,12-diensäuremolekül an.

Ordnen Sie Octadeca-9,12-diensäure einer Stoffklasse zu.

Entwickeln Sie die chemischen Gleichungen für den Reaktionsmechanismus zur Bildung des Linolsäure-Peroxyradikals (Abb. 1) durch Autoxidation.

Beschreiben Sie die Bindungsspaltung sowie die Bindungsknüpfung für die Schritte des Mechanismus.

Begründen Sie die Bildung einer festen Frittierölschicht mithilfe von Strukturbetrachtungen.

- 2 Erklären Sie die Wirkungsweise von BHT-Molekülen als Antioxidantien mithilfe der Abbildung 2.

Beurteilen Sie die Maßnahme der Lebensmittelindustrie zum Reduzieren der Autoxidation.

BE

14

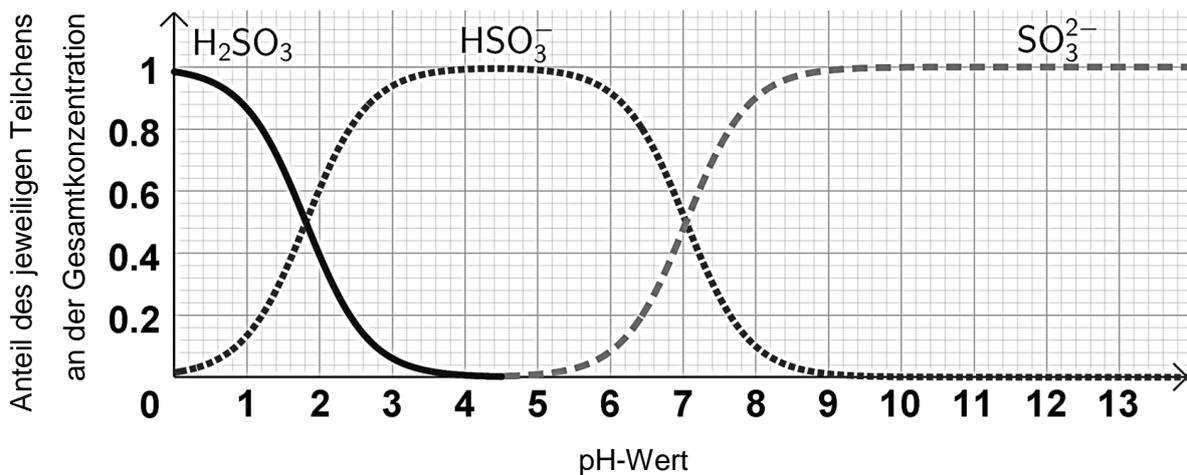
6

Thema V 2: Trockenobst

Material:

In der Obst- und Weinbehandlung soll durch das Konservieren das Braunwerden der Früchte verhindert und das Wachstum schädlicher Mikroorganismen gehemmt werden.

Schwefeldioxid dient schon seit vielen Jahren als Konservierungsmittel. Es reagiert mit dem Wasser der Lebensmittel. Je nach pH-Wert bilden sich verschiedene Gleichgewichtszustände aus.



Die noch im konservierten Trockenobst enthaltenen Stoffe Schwefeldioxid, schweflige Säure, Hydrogensulfite und Sulfite werden als „freie schweflige Säure“ bezeichnet.

Aus toxikologischer Sicht ist die Anwendung von Schwefeldioxid zur Konservierung von Lebensmitteln für empfindliche Personen nicht unumstritten. Es wird empfohlen, die Aufnahme von mehr als 0,7 mg Schwefeldioxid pro Kilogramm Körpermasse nicht zu überschreiten.

Zur Bestimmung des Gehalts an „freier schwefliger Säure“ in einer Probe von 60 g Trockenobst wird folgende Analyse durchgeführt:

Schritt 1: Trockenobst wird mit Chlorwasserstoffsäure im Überschuss versetzt und anschließend gekocht. Dabei bildet sich z. B. aus Sulfiten Schwefeldioxid.

Schritt 2: Das so gebildete Schwefeldioxid wird in Wasserstoffperoxid-Lösung eingeleitet. Es entsteht schlussendlich Schwefelsäure.

Schritt 3: Die Analyse der so entstandenen Schwefelsäure erfolgt anschließend durch Titration mit Natriumhydroxid-Lösung ($c = 0,25 \text{ mol/L}$). Der Verbrauch an Natriumhydroxid-Lösung bis zum Äquivalenzpunkt beträgt bei der Probe 7 mL.

	BE
<p>1 Entwickeln Sie für die Schritte 1 bis 3 der Analyse des Trockenobstes die Reaktionsgleichungen.</p> <p>Erklären Sie auch mithilfe des Diagramms die Möglichkeit, durch die beschriebenen Schritte 1 bis 3 den Gehalt der gesamten „freien schwefligen Säure“ im Trockenobst zu ermitteln.</p>	12
<p>2 Berechnen Sie die Masse an freigesetztem Schwefeldioxid der untersuchten Trockenobstprobe (Material).</p> <p>Hinweis: Aus einem Schwefeldioxidmolekül entsteht genau ein Schwefelsäuremolekül.</p> <p>Diskutieren Sie den Verzehr von 60 g Trockenobst ($m(\text{SO}_2) = 0,06 \text{ g}$) in einer Mahlzeit einer Person ($m = 70 \text{ kg}$) aus physiologischer Sicht unter Berücksichtigen des Grenzwerts für Schwefeldioxid.</p>	8

Thema V 3: Halogenierte Kohlenwasserstoffe

Material:

Unter dem Stichwort Tetrachlorethen steht in einem Chemielexikon:

„Tetrachlorethen (Perchlorethylen, PER) $\text{Cl}_2\text{C} = \text{CCl}_2$, C_2Cl_4 , farblose, chloroformartig riechende, nicht brennbare Flüssigkeit, Dichte: 1,624 g/mL, Schmelztemperatur: -23 °C , Siedetemperatur: 121 °C , in Wasser unlöslich, mit den meisten organischen Lösungsmitteln gut mischbar.“

Zur Untersuchung der Reaktivität halogener Kohlenwasserstoffe werden folgende Experimente beschrieben:

dokumentierte Experimente 1:

- Hex-1-en wird mit Bromwasser (molekulares Brom in Wasser) versetzt und geschüttelt. Die wässrige Phase entfärbt sich sofort.
- Analog wird das Experiment mit Tetrachlorethen und Bromwasser durchgeführt. Die wässrige Phase hellt sich auf und die organische Phase färbt sich allmählich braun.

dokumentiertes Experiment 2:

2-Brom-2-methylpropan wird mit Wasser versetzt.

Die Phasengrenze verschwindet allmählich unter Schütteln.

Hinweis: Es entstehen Oxonium- sowie Bromid-Ionen.

dokumentiertes Experiment 3:

Ein Erlenmeyerkolben enthält PER in einem unpolaren Lösungsmittel in der oberen Phase und eine Kaliumiodid-Lösung in der unteren Phase. Die obere Phase wird mehrere Minuten mit UV-Licht bestrahlt.

Hinweise: Es entstehen Iodmoleküle und Chlorid-Ionen.

Die Kohlenstoffatom-Kohlenstoffatom-Doppelbindung bleibt erhalten.

Werten Sie die dokumentierten Experimente 1 bis 3 in einem sachlogischen Zusammenhang aus, indem Sie

- die Beobachtungsergebnisse der dokumentierten Experimente 1 deuten,
- das dokumentierte Experiment 1 b) und das dokumentierte Experiment 2 hinsichtlich der Reaktivität der organischen Eduktmoleküle mithilfe von I-Effekten (induktiven Effekten) analysieren und
- Reaktionsgleichungen entwickeln.

BE

20