

Zur Bestimmung der Reaktionsgeschwindigkeit der Umsetzung von Zink mit Salzsäure werden in einer geschlossenen Apparatur (Erlenmeyerkolben mit angeschlossenem Kolbenprober) 2 g Zinkpulver mit 5 ml Salzsäure ($c = 2 \text{ mol/l}$) zur Reaktion gebracht. Das Volumen des entstehenden Wasserstoffs wird in Abhängigkeit von der Zeit gemessen:

$t(\text{s})$	0	60	120	180	240	300	360
$V(\text{ml})$	0	25	36	44	49	53	55

1. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung.
2. Berechnen Sie die jeweiligen Stoffmengenkonzentrationen $c_t(\text{H}_3\text{O}^+)$ und $c_t(\text{Zn}^{2+})$ zu den angegebenen Zeiten in der Lösung. Das Volumen des Zinkpulvers spielt keine Rolle.
3. Zeichnen Sie in ein Koordinatensystem die Konzentration-Zeit-Diagramme für die Zn^{2+} - und die H_3O^+ -Ionen.



Ein wichtiges Anliegen der Chemie ist es, chemische Reaktionen in der Geschwindigkeit ihres Ablaufs zu beeinflussen, z. B. um ein gewünschtes Produkt bei einer Synthesereaktion im technischen Maßstab möglichst rasch zu gewinnen.

1. Nennen Sie alle Möglichkeiten, die prinzipiell geeignet sind, chemische Reaktionen zu beschleunigen.
2. Geben Sie eine Erklärung dafür, wie sich die genannten Veränderungen im Bereich der kleinsten Teilchen auswirken.



Phosphortrichlorid reagiert mit Chlor zu Phosphor-pentachlorid. Dabei stellt sich ein chemisches Gleichgewicht ein:



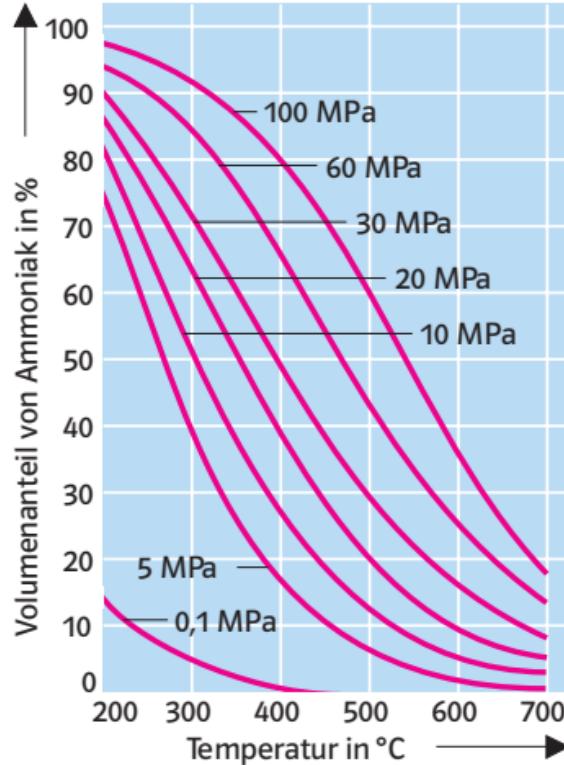
In einem Behälter mit dem Volumen $V = 50\text{ l}$ wird eine Stoffportion Phosphortrichlorid mit der Stoffmenge $n = 20\text{ mol}$ und eine Stoffportion Chlor mit der Stoffmenge $n = 30\text{ mol}$ auf eine Temperatur von $300\text{ }^\circ\text{C}$ erhitzt. Nach der Gleichgewichtseinstellung findet man im Behälter eine Stoffmenge Phosphorpentachlorid von $n(\text{PCl}_5) = 8\text{ mol}$.

1. Geben Sie die Stoffmengen von Phosphortrichlorid und Chlor im Gleichgewichtszustand an.
2. Formulieren Sie das Massenwirkungsgesetz dieser Reaktion und berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante.
3. Erläutern Sie folgenden Sachverhalt: Wird der Behälter auf $180\text{ }^\circ\text{C}$ abgekühlt, so liegt im Gleichgewichtszustand eine Stoffmenge Phosphorpentachlorid von $n = 12\text{ mol}$ vor.
4. Legen Sie dar, wie sich die Stoffmenge an Phosphortrichlorid verändert, wenn man das Volumen des Reaktionsgefäßes vergrößert.



Ammoniak ist eine der bedeutendsten anorganischen Grundchemikalien und wird in großen Mengen industriell aus Stickstoff und Wasserstoff erzeugt.

1. Geben Sie die Reaktionsgleichung für die Bildung von Ammoniak aus den Elementen an.
2. Erläutern Sie die Einflüsse von Temperatur und Druck auf die Ammoniakausbeute. Beziehen Sie die Abbildung in Ihre Argumentation ein.
3. Erläutern Sie den Einfluss des Katalysators auf die Ammoniaksynthese.



Ammoniakausbeute in Abhängigkeit von Druck und Temperatur



Wenn man Luft in sog. „Generatoröfen“ durch eine 1–3 m mächtige Koksschicht leitet und den Koks von unten her entzündet, verbrennt der Kohlenstoff im unteren Bereich zu Kohlenstoffdioxid, da hier ein Luftüberschuss vorhanden ist. Im oberen Teil erhält man ein Gasgemisch, das außer Kohlenstoffdioxid und den nicht reagierenden Bestandteilen der Luft Kohlenstoffmonooxid enthält. Untersuchungen ergaben folgende Volumenverhältnisse:

Temperatur (°C)	400	500	600	700	800	900	1000
Volumenanteil φ (Kohlenstoffdioxid) (%)	99	95	77	42	10	3	1
Volumenanteil φ (Kohlenstoffmonooxid) (%)	1	5	23	58	90	97	99

1. Formulieren Sie jeweils die Reaktionsgleichung für die Bildung von Kohlenstoffdioxid und Kohlenstoffmonooxid.
2. Zeichnen Sie mit Hilfe der Tabellenwerte ein Diagramm, das die Temperaturabhängigkeit des Volumenverhältnisses von Kohlenstoffmono- und -dioxid zeigt (x-Achse als Temperaturkoordinate).
3. Formulieren Sie das Massenwirkungsgesetz für die Gleichgewichtsreaktion zur Bildung von Kohlenstoffmonooxid.
4. Erläutern Sie die Veränderung der Gleichgewichtskonstanten mit steigender Temperatur.
5. Lässt sich die Lage des Gleichgewichts durch Druckveränderungen beeinflussen? Begründen Sie.
6. Welche Aussage kann man über die Reaktionsenthalpie bei der Bildung von Kohlenstoffmonooxid machen? Begründen Sie.



In Landschaften, deren Untergrund aus Kalkstein besteht, gibt es häufig Spalten und Höhlen im Gestein. Sie entstehen durch die Wirkung des kohlenstoffdioxidhaltigen Wassers, das durch Ritzen und Fugen im Gestein versickert und dabei mit dem schwer löslichen Calciumcarbonat reagiert. Dabei bildet sich ein chemisches Gleichgewicht aus.

1. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für das „Auflösen“ des Kalks.
2. In Höhlen bilden sich Tropfsteine aus Kalk, an Quellen und Bächen scheidet sich Kalktuff ab. Erläutern Sie die ablaufenden Vorgänge.
3. Wasser aus kalkhaltigem Untergrund wird als hartes Wasser bezeichnet. Erläutern Sie an zwei Beispielen, mit welchen Problemen die Verwendung von hartem Wasser in Industrie und Haushalt verbunden sind, und formulieren Sie ggf. eine Reaktionsgleichung.



Zahlreiche chemische Reaktionen werden ausschließlich zur Nutzung der dabei frei werdenden thermischen Energie durchgeführt, wie z.B. die Verbrennung von gasförmigen und flüssigen Kohlenwasserstoffen, Kohle oder Holz. Hierauf basiert ein sehr großer Teil unserer gesamten Energieversorgung.

Welche Stoffportion setzt bei ihrer vollständigen Verbrennung mehr thermische Energie frei, $m(\text{Methan}) = 1\text{ kg}$ oder $m(\text{Propan}) = 1\text{ kg}$? Berechnen Sie die Verbrennungsenthalpien.

Angabe:

Die molaren Standard-Bildungsenthalpien sind:

$$\Delta_f H^\circ_m (\text{H}_2\text{O(g)}) = -242 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta_f H^\circ_m (\text{CO}_2) = -393 \text{ kJ/mol};$$

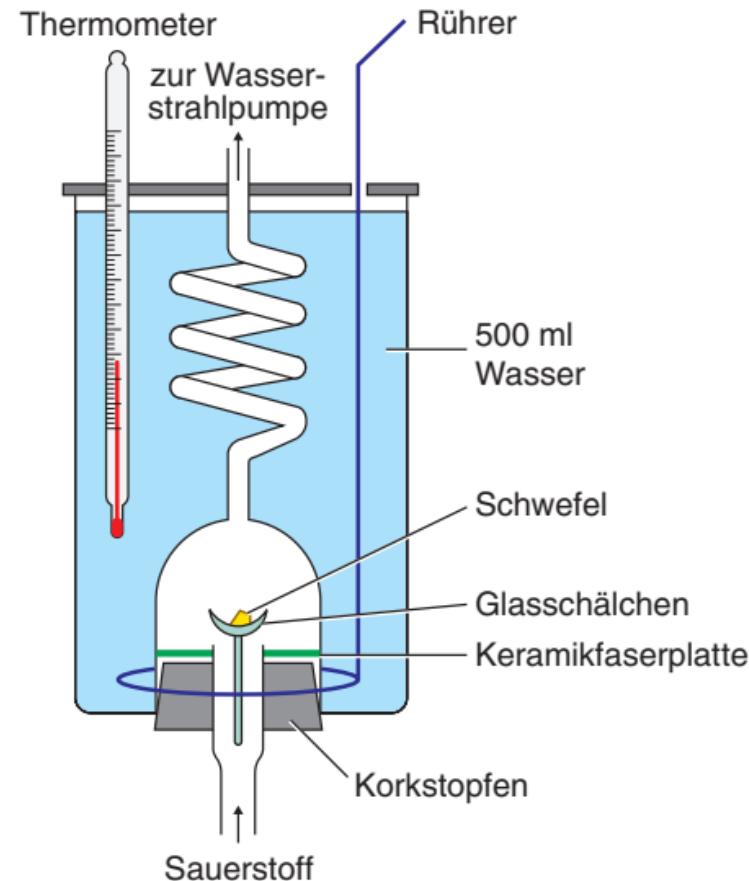
$$\Delta_f H^\circ_m (\text{CH}_4) = -75 \text{ kJ/mol} \text{ und}$$

$$\Delta_f H^\circ_m (\text{C}_3\text{H}_8) = -104 \text{ kJ/mol}.$$



In einem Verbrennungskalorimeter wird eine Stoffportion Schwefel der Masse m (Schwefel) = 2 g verbrannt. Zur Aufnahme der Reaktionsenthalpie ist das Kalorimeter mit einer Wasserportion von $m = 500 \text{ g}$ gefüllt. Es wird eine Temperaturerhöhung von $\Delta T = 7,1 \text{ K}$ gemessen. Die Wärmekapazität der Kalorimeteranordnung beträgt $C_K = 510 \text{ J/K}$; die spezifische Wärmekapazität des Wassers $c_w = 4,19 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$.

Berechnen Sie die molare Bildungsenthalpie für Schwefeldioxid aus dem Versuchsergebnis.



Die Standard-Bildungsenthalpie für Methan ist experimentell nicht bestimmbar, da die Bildungsreaktion aus den Elementen nicht vollständig abläuft. Dagegen kann die Reaktionsenthalpie für die vollständige Verbrennung von $n = 1$ mol Methan gemessen werden, sie beträgt $\Delta_r H^\circ = -890 \text{ kJ}$.

1. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für diese Reaktion.
2. Diese Gleichung lässt sich in geeigneter Weise mit den Bildungsgleichungen von Kohlenstoffdioxid und Wasser kombinieren, so dass daraus die Bildungsgleichung für Methan resultiert. Berechnen Sie die molare Standard-Bildungsenthalpie von Methan.

Angaben:

Molare Standard-Bildungsenthalpien in kJ/mol:

$$\Delta_f H_m^\circ (\text{H}_2\text{O(l)}) = -286 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta_f H_m^\circ (\text{CO}_2) = -393 \text{ kJ/mol}.$$



Eine Stoffportion Ethanol mit der Stoffmenge $n = 1 \text{ mol}$ wird verbrannt. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung und berechnen Sie die Änderung der Enthalpie, Entropie und der freien Reaktionsenthalpie bei Standardbedingungen.

Angaben:

Molare Standard-Bildungsenthalpien:

$$\Delta_f H^\circ_m (\text{CO}_2) = -393 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta_f H^\circ_m (\text{H}_2\text{O(l)}) = -286 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta_f H^\circ_m (\text{C}_2\text{H}_5\text{OH(l)}) = -277 \text{ kJ/mol};$$

Molare Standard-Entropien:

$$S^\circ_m (\text{C}_2\text{H}_5\text{OH(l)}) = +161 \text{ J/(K} \cdot \text{mol});$$

$$S^\circ_m (\text{O}_2) = +205 \text{ J/(K} \cdot \text{mol});$$

$$S^\circ_m (\text{H}_2\text{O(l)}) = +70 \text{ J/(K} \cdot \text{mol});$$

$$S^\circ_m (\text{CO}_2) = +214 \text{ J/(K} \cdot \text{mol}).$$



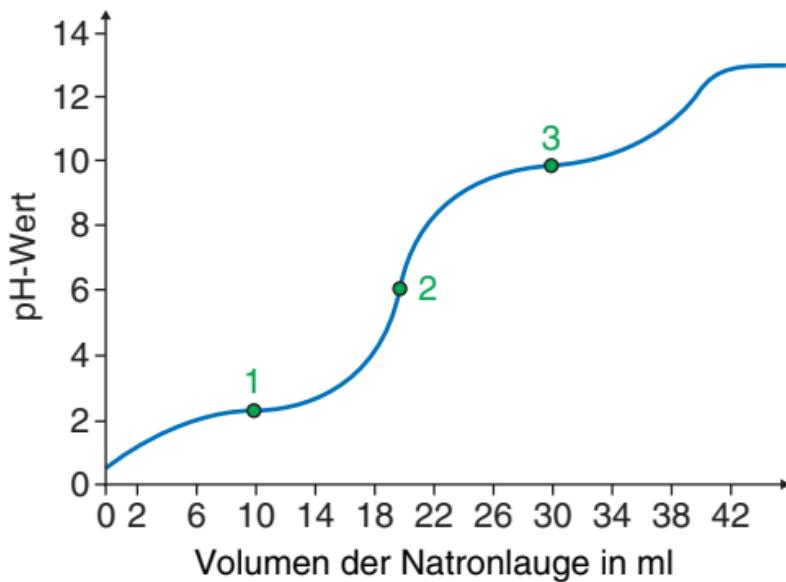
Zur Bestimmung des Kalkgehalts, z. B. von Eierschalen, nutzt man die Reaktion des Kalks mit Salzsäure. Aus dem Verbrauch an Salzsäure kann dann der Kalkgehalt der Probe berechnet werden. Damit eine vollständige Reaktion des Kalks gewährleistet ist, wird die Probe mit einem Überschuss an Salzsäure bekannter Konzentration umgesetzt. Um festzustellen, wie viel Salzsäure für die Reaktion verbraucht wurde, wird der noch verbleibende Rest mit Natronlauge titriert. Dieses Verfahren wird allgemein als Rücktitration bezeichnet.

Hierzu wird eine Stoffportion pulverisierter Eierschalen mit der Masse $m = 1\text{ g}$ mit $V_1 = 20\text{ ml}$ Salzsäure ($c = 1\text{ mol/l}$) übergossen. Nach Beendigung der Gasentwicklung wird die verbleibende Salzsäure mit Natronlauge ($c = 1\text{ mol/l}$) titriert. Bis zum Äquivalenzpunkt werden $V_2 = 1,8\text{ ml}$ Natronlauge verbraucht.

1. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung und geben Sie eine Erklärung für die auftretende Gasentwicklung.
2. Berechnen Sie den Massenanteil $w(\text{Kalk})$ in den Eierschalen.



20 ml einer Lösung von Glycin in Salzsäure ($c(\text{Glycin}) = 0,1 \text{ mol/l}$, $c(\text{Salzsäure}) = 0,1 \text{ mol/l}$) werden mit Natronlauge titriert. Aus den Wertepaaren Volumen der Natronlauge und pH-Wert der Lösung wird die folgende Graphik erstellt:



1. Geben Sie an, welche Reaktion abläuft, wenn Glycin in Salzsäure gelöst wird. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung.
2. Beschreiben Sie mit Reaktionsgleichungen die bei Zugabe von Natronlauge ablaufenden Reaktionen. Ordnen sie den Reaktionen Kurvenabschnitte zu.
3. Welche Aussagen lassen sich zur Konzentration der verschiedenen Glyciniumionen bei Erreichen der Wendepunkte machen?



Zur Ermittlung des pH-Wertes von sauren und alkalischen Lösungen und Salzlösungen muss man sicher mit K_S -, K_B -, pK_S - und pK_B -Werten umgehen können.

1. Berechnen Sie den K_S -Wert der Ameisensäure und den K_B -Wert der korrespondierenden Base der Ameisensäure.
2. Erklären Sie, warum eine Natriumhydrogensulfat-Lösung der Konzentration $c(\text{NaHSO}_4) = 1 \text{ mol/l}$ sauer und eine Natriumhydrogencarbonat-Lösung der Konzentration $c(\text{NaHCO}_3) = 1 \text{ mol/l}$ alkalisch ist.

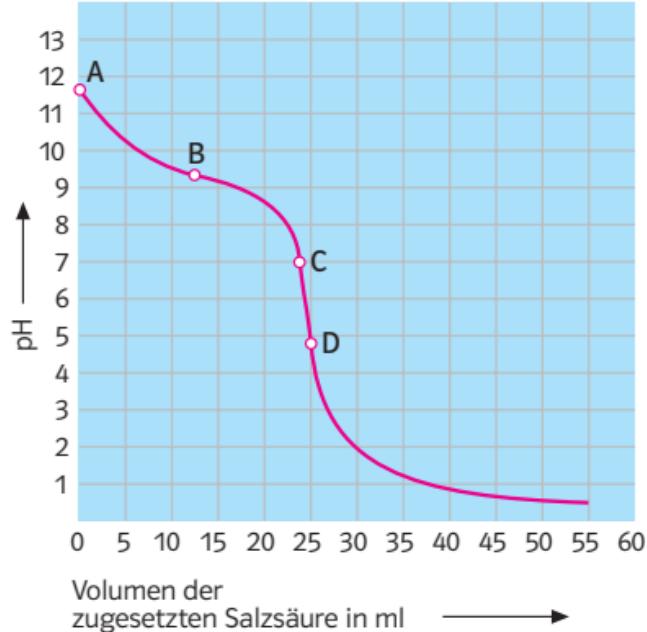
pK_S - und pK_B -Werte in wässrigen Lösungen

pK_S	Säure	korrespondierende Base	pK_B
1,92	HSO_4^-	SO_4^{2-}	12,08
3,75	HCOOH	HCOO^-	10,25
10,40	HCO_3^-	CO_3^{2-}	3,60



In der Grafik ist die Titrationskurve für die Titration von 25 ml Ammoniaklösung mit Salzsäure der Konzentration $c_0(\text{HCl}) = 1 \text{ mol/l}$ dargestellt.

1. Ordnen Sie den Punkten A bis D die Begriffe „Äquivalenzpunkt“ und „Neutralpunkt“ zu.
2. Erläutern Sie den Kurvenverlauf im Bereich des Punktes B.



Titrationskurve
(Ammoniaklösung mit Salzsäure)



Außer zum Würzen von Speisen findet Essig auch in anderen Bereichen des Alltags Verwendung, z.B. als Bestandteil von Essigreinigern zum Entkalken. Die saure Lösung der Essigsäure entfernt Kalkflecken und wirkt desinfizierend. Zur Entfernung von Schmutz enthalten Reiniger zusätzlich waschaktive Substanzen.

Die Konzentration der Essigsäure im Reiniger lässt sich durch eine potentiometrische Titration bestimmen. Dazu werden genau 10 ml Essigreiniger mit dest. Wasser auf 100 ml Lösung aufgefüllt. Zu diesen 100 ml verd. Essigreiniger wird portionsweise Natronlauge der Konzentration $c(\text{NaOH}) = 1 \text{ mol/l}$ zugegeben. Es wird jeweils der pH-Wert der Lösung bestimmt.

Versuchsergebnis

$V(\text{NaOH})$	0	1ml	2ml	3ml	4ml	5ml	6ml	7ml
pH-Wert	2,8	3,8	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1

$V(\text{NaOH})$	8 ml	9 ml	10 ml	11 ml	12 ml	13 ml	14 ml
pH-Wert	5,3	5,7	8,8	11,8	12,2	12,4	12,5

Zusatzinformationen

Essigsäure: CH_3COOH , vereinfacht HAc
Masse von 10 ml Essigreiniger: 10,12 g

1. Stellen Sie die Messwerte grafisch dar.
2. Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration $c(\text{HAc})$ und den Massenanteil $w(\text{HAc})$ der Essigsäure im Essigreiniger.



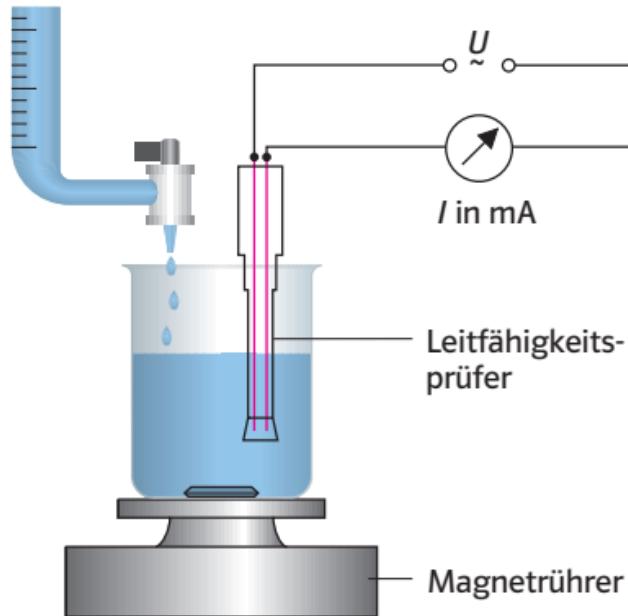
Essig leitet wie jede saure Lösung den elektrischen Strom. Die Konzentration der Essigsäure im Essig kann im Schulversuch bestimmt werden. Dazu werden 10 ml Essig mit dest. Wasser auf genau 100 ml verdünnt. Der verdünnte Essig wird mit Natronlauge der Konzentration $c(\text{NaOH}) = 1 \text{ mol/l}$ titriert. Während der Titration wird die Stromstärke verfolgt.

Versuchsergebnis

$V(\text{NaOH})$	0	1ml	2ml	3ml	4ml	5ml	6ml	7ml
I (in mA)	1	2,1	3,0	4,3	5,4	6,6	7,6	8,8
$V(\text{NaOH})$	8 ml	9 ml	10 ml	11 ml	12 ml	13 ml	14 ml	
I (in mA)	9,8	11,0	14,1	17,1	20,2	23,0	26,1	

Zusatzinformationen

Essigsäure: CH_3COOH , vereinfacht HAc



1. Stellen Sie die Messwerte grafisch dar.
2. Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration $c(\text{HAc})$ und die Massenkonzentration $\beta(\text{HAc})$ der Essigsäure im Essig.



Phosphorsäure (H_3PO_4) ist in vielen Cola-Getränken enthalten. Die Massenkonzentration β (Phosphorsäure) in einem Cola-Getränk kann durch ein Experiment bestimmt werden.

Dazu werden ca. 250 ml Cola in ein Becherglas gegeben. Anschließend wird die Kohlensäure bzw. das Kohlenstoffdioxid durch kräftiges Rühren mit einem Mixer „ausgetrieben“.

Danach werden genau 200 ml „Cola ohne Kohlensäure“ in ein Becherglas gefüllt. Der pH-Wert der „Cola ohne Kohlensäure“ wird bestimmt.

Anschließend lässt man portionsweise Natronlauge der Konzentration $c(NaOH) = 0,25 \text{ mol/l}$ zu der Cola fließen, röhrt um und bestimmt nach jeder Zugabe den pH-Wert.

Versuchsergebnis

$V(NaOH)$	0	1ml	2ml	3ml	4ml	5ml	6ml	7ml	8ml
pH-Wert	2,5	2,7	2,9	3,2	4,5	6,3	6,7	7,1	7,5
$V(NaOH)$	9 ml	10 ml	11 ml	12 ml	13 ml	14 ml	15 ml	20 ml	
pH-Wert	8,4	9,3	9,7	10,0	10,1	10,2	10,3	10,6	

1. Stellen Sie die Messwerte grafisch dar. Erläutern Sie den Kurvenverlauf unter besonderer Berücksichtigung charakteristischer Punkte.
2. Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration $c(H_3PO_4)$ und die Massenkonzentration $\beta(H_3PO_4)$ in der Cola.



Das bekannteste Salz, Natriumchlorid, bildet in Wasser neutrale Lösungen. Lakritz darf bis zu 2% Ammoniumchlorid enthalten. Dieses Salz schmeckt salzig-säuerlich. Natriumacetat, das als Säureregulator und Konservierungsmittel für Obst und Gemüse in Dosen und Gläsern, Brot, Fisch in vielen Variationen, Feinkostsalaten, Mayonnaisen und Salatsaucen verwendet wird, bildet alkalische Lösungen.

1. Erklären Sie, warum eine Natriumchloridlösung neutral, eine Ammoniumchloridlösung sauer und eine Natriumacetatlösung alkalisch ist.
2. Berechnen Sie die pH-Werte einer Natriumacetatlösung der Konzentration $c(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,01 \text{ mol/l}$ und einer Ammoniumchloridlösung der Konzentration $c(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,5 \text{ mol/l}$.

Zusatzinformation:

$$pK_S(\text{CH}_3\text{COOH}) = 4,75$$

$$pK_S(\text{NH}_4^+) = 9,25$$



Puffersysteme spielen in vielen Bereichen der Umwelt und der Biochemie eine große Rolle. Der pH-Bereich, in dem ein Säure-Base-System den pH-Wert abpuffert, hängt vom pK_s -Wert der Säure und den Konzentrationen der Säure und der korrespondierenden Base im Gleichgewicht ab.

1. Erläutern Sie die Wirkungsweise einer Pufferlösung am Beispiel des Dihydrogenphosphat-Hydrogenphosphat-Systems.
2. In welchem pH-Bereich puffert eine Essigsäure-Acetat-Lösung?
3. Tragen Sie für die in der Tabelle angegebenen Säure-Base-Systeme den pH-Wert als Funktion von $\lg \{c(A^-)/c(HA)\}$ für die Konzentrationsverhältnisse zwischen $c(A^-):c(HA) = 10:1$ und $c(A^-):c(HA) = 1:10$ in ein geeignetes Diagramm ein.

pK_s	Säure	korrespondierende Base	pK_B
4,75	CH_3COOH	CH_3COO^-	9,25
6,52	$\text{H}_2\text{CO}_3/(\text{CO}_2)$	HCO_3^-	7,48
7,20	H_2PO_4^-	HPO_4^{2-}	6,80
9,25	NH_4^+	NH_3	4,75
10,40	HCO_3^-	CO_3^{2-}	3,60



Der pH-Wert des Blutes ($\text{pH} = 7,4$) darf nur wenig schwanken. Sinkt der pH-Wert des Blutes auf 6,8 oder sogar darunter, so führt dieses zu irreparablen Zellschäden und schließlich zum Tod. Das Blut wird zum Teil durch das Kohlenstoffdioxid-Hydrogencarbonat-System gepuffert. Für dieses System lassen sich die folgende Gleichgewichtsreaktion und das Massenwirkungsgesetz formulieren, wobei die Konzentration des Wassers als konstant anzusehen ist.



$$K_S = \frac{c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{CO}_2)} = 10^{-6,52} \text{ mol/l}$$

1. Erklären Sie, was unter einem Puffersystem zu verstehen ist.
2. Erklären Sie, wie sich eine Erhöhung der Oxoniumionenkonzentration auf das Kohlenstoffdioxid-Hydrogencarbonat-System auswirkt.
3. Berechnen Sie den pH-Wert des Kohlenstoffdioxid-Hydrogencarbonat-Systems, wenn das Konzentrationsverhältnis $c(\text{HCO}_3^-) : c(\text{CO}_2) = 7:1$ ist.



Nach der erweiterten Definition ist eine Redoxreaktion durch die Übertragung von Elektronen gekennzeichnet. Um diese Definition auch bei Molekülreaktionen anwenden zu können, wurde der Begriff der Oxidationszahl eingeführt.

1. Was versteht man unter der Oxidationszahl eines Atoms?
2. Wie ist nach der erweiterten Definition eine Oxidation gekennzeichnet, wie eine Reduktion? Wie verändert sich dabei die Oxidationszahl?
3. Geben Sie die Oxidationszahlen der Atome in folgenden Teilchen an: C_2H_6 ; CCl_4 ; SO_2 ; N_2O_5 ; CH_3COCH_3 ; HCOOH ; CO_3^{2-} ; HSO_3^- ; H_3PO_4 ; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
4. Welche der folgenden Reaktionen sind Redoxreaktionen? Geben Sie bei den Reaktionen an, welche Teilchen oxidiert und welche reduziert werden.
 - a) $\text{Cu} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$
 - b) $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
 - c) $\text{Zn} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$
 - d) $2 \text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{HCl}$
 - e) $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{CuO} \rightarrow \text{Cu} + \text{CH}_3\text{COOH}$



1. Für den Einsatz von Brom bei chemischen Reaktionen kann dieses zuvor im Reaktionsgemisch erzeugt werden. Diese Möglichkeit ist dann besonders von Vorteil, wenn man nur geringe Mengen Brom benötigt und aus Sicherheitsgründen keine Vorräte an Brom anlegen möchte. Hierzu bringt man Lösungen von Kaliumbromat ($KBrO_3$) und Kaliumbromid in einer sauren Lösung zur Reaktion.
Formulieren Sie die Redoxgleichung.
2. Propan-2-ol reagiert mit einer alkalischen Permanganatlösung, dabei entsteht Braunstein (MnO_2). Formulieren Sie die Redoxreaktion.



Die in Fleckensalzen bzw. Vollwaschmitteln enthaltenen Bleichmittel haben die Aufgabe, im Verlauf des Waschvorgangs nicht ausgewaschenen Schmutz oder Verfärbungen, z.B. durch Obstsaft- oder Weinflecken, oxidativ zu zerstören und so zu entfernen. Heute wird hierfür v.a. Natriumpercarbonat ($2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$) verwendet. Der wirksame Bestandteil ist Wasserstoffperoxid (H_2O_2), das in Wasser freigesetzt wird.

Wasserstoffperoxid kann in einer Redoxtitration mit Kaliumpermanganat bestimmt werden. Hierzu wird eine Fleckensalzprobe genau abgewogen in einen 100-ml-Messkolben gebracht. Anschließend wird mit Wasser aufgeschlämmt, mit verd. Schwefelsäure versetzt und schließlich mit Wasser auf 100 ml aufgefüllt. Daraus werden 10-ml-Proben entnommen und titriert.

1. Formulieren Sie die Gleichung für die Redoxreaktion zwischen Wasserstoffperoxidmolekülen und Permanganationen.
2. Berechnen Sie den Massenanteil des Percarbonats im Fleckensalz, wenn die Masse der Probe m (Probe) = 0,992 g und der Verbrauch an Permanganatlösung ($c(\text{KMnO}_4)$ = 0,02 mol/l) pro 10-ml-Probe V = 3,9 ml beträgt.
3. Warum benötigt man bei der Titration keinen zusätzlichen Indikator? Erläutern Sie.



Deutschland ist ein Iodmangelgebiet. Zu einer verbesserten Iodversorgung empfehlen Wissenschaftler die Verwendung von Iodsalz. Iodsalz enthält in der Regel Kaliumiodat (z. B. 0,0025%). Kaliumiodat im Iodsalz lässt sich im Schulversuch nachweisen.

Dazu löst man 20 g Iodsalz in 70 ml dest. Wasser und fügt 30 ml verdünnte Schwefelsäure ($c(H_2SO_4) = 1 \text{ mol/l}$) zu. Die klare Lösung versetzt man mit 15 mg Kaliumiodid.

Zu der nun braunen Lösung tropft man Stärkelösung. Die gesamte Lösung wird blau.

1. Stellen Sie für die Reaktion von Iodat mit Iodid zu Iod die Reaktionsgleichung auf.
2. Deuten Sie die Vorgehensweise zum Iodatnachweis.



Der Verschmutzungsgrad eines Gewässers wird häufig durch den „Permanganatverbrauch“ gekennzeichnet. Damit werden die leicht oxidierbaren organischen Stoffe in verschmutztem Wasser erfasst.

1. Stellen Sie für die Reaktion von Ethanol mit Kaliumpermanganat in saurer Lösung die Redoxgleichung auf. Die Permanganationen (MnO_4^-) reagieren zu Mangan(II)-Ionen. Das Ethanol soll zur Essigsäure oxidiert werden.
2. Berechnen Sie die Masse Kaliumpermanganat, die zur Oxidation von 5 g Ethanol notwendig ist.



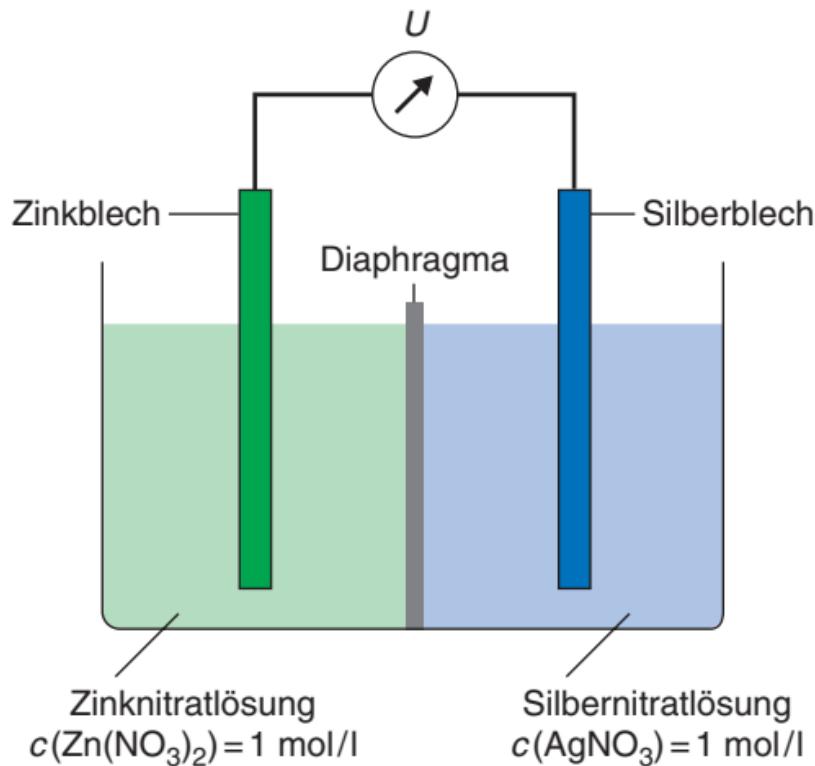
Zur Untersuchung der organischen Verschmutzung eines Schulteichs ist eine 100-ml-Wasserprobe mit 5 ml Schwefelsäure ($w = 30\%$) versetzt, zum Sieden erhitzt und mit 15 ml Kaliumpermanganat-Lösung ($c(\text{KMnO}_4) = 0,002 \text{ mol/l}$) 10 min bei leichtem Sieden erhitzt worden. Anschließend ist die noch nicht vollständig entfärbte Lösung mit 15 ml Oxalsäure ($c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 0,005 \text{ mol/l}$) versetzt worden. Die im Überschuss vorhandene Oxalsäure ist mit Kaliumpermanganat-Lösung ($c(\text{KMnO}_4) = 0,002 \text{ mol/l}$) bis zur ersten 30 Sekunden bestehen bleibenden schwachen Rotfärbung titriert worden. Es sind 12 ml Kaliumpermanganat-Lösung verbraucht worden.

1. Erläutern Sie die experimentelle Vorgehensweise zur Bestimmung der organischen Verschmutzung des Schulteichs.
2. Berechnen Sie den Permanganatverbrauch in mg für eine Wasserprobe mit dem Volumen 1l.

Hinweis: Die Reaktionsgleichung für die Reaktion von Oxalationen mit Permanganationen lautet:



Gegeben sei folgendes galvanisches Element:



1. Erklären Sie das Zustandekommen der Spannung des galvanischen Elements.
2. Berechnen Sie die Spannung (Standardbedingungen). Verwenden Sie hierzu die Karte 28 „Elektrochemische Standardpotentiale“.
3. Beschreiben und erläutern Sie, was geschieht, wenn das Spannungsmessgerät durch einen Verbraucher (z.B. einen leichtgängigen Motor) ersetzt wird.
4. Tropft man in die rechte Halbzelle der dargestellten galvanischen Zelle einige Tropfen Kaliumiodidlösung, so bildet sich ein gelber Niederschlag und die Spannung wird kleiner. Deuten Sie diese Versuchsbeobachtungen.



1. Analysieren Sie die folgenden Versuche unter Standardbedingungen.

Stellen Sie für die Reaktionen, die ablaufen können, die Reaktionsgleichungen auf.

- Chlor wird in eine wässrige Lösung von Natriumbromid eingeleitet.
- Brom wird in eine wässrige Lösung von Natriumchlorid getropft.
- Iod wird zu einer wässrigen Natriumfluoridlösung gegeben.
- Ein Eisennagel taucht in eine wässrige Zinkchloridlösung.
- Ein Eisennagel taucht in eine wässrige Kupfer(II)-sulfat-Lösung.
- Eine Eisen(II)-nitrat-Lösung wird zu einer Silbernitratlösung getropft.

Red \rightleftharpoons Ox	Standardpotential E^0 (in Volt)
$2 F^- \rightleftharpoons F_2 + 2 e^-$	+ 2,87
$Mn^{2+} + 12 H_2O \rightleftharpoons MnO_4^- + 8 H_3O^+ + 5 e^-$	+ 1,49
$Au \rightleftharpoons Au^{3+} + 3 e^-$	+ 1,42
$2 Cl^- \rightleftharpoons Cl_2 + 2 e^-$	+ 1,36
$2 Br^- \rightleftharpoons Br_2 + 2 e^-$	+ 1,07
$Ag \rightleftharpoons Ag^+ + e^-$	+ 0,80
$Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+} + e^-$	+ 0,77
$2 I^- \rightleftharpoons I_2 + 2 e^-$	+ 0,54
$4 OH^- \rightleftharpoons O_2 + 2 H_2O + 4 e^-$	+ 0,40
$Cu \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2 e^-$	+ 0,34
$H_2 + 2 H_2O \rightleftharpoons 2 H_3O^+ + 2 e^-$	0
$Pb \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2 e^-$	- 0,13
$Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2 e^-$	- 0,41
$Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2 e^-$	- 0,76
$Al \rightleftharpoons Al^{3+} + 3 e^-$	- 1,66
$Na \rightleftharpoons Na^+ + e^-$	- 2,71
$Li \rightleftharpoons Li^+ + e^-$	- 3,02

Zunahme der Stärke des Reduktionsmittels

Ausschnitt aus der Spannungsreihe

2. Berechnen Sie die Spannungen folgender galvanischer Elemente im Standardzustand:

- Pb/Pb²⁺//Ag⁺/Ag
- Zn/Zn²⁺//Fe²⁺/Fe³⁺/Pt
- Zn/Zn²⁺//Au³⁺/Au



Zur Bestimmung von Potentialdifferenzen werden drei Experimente gemacht.

Experiment 1: s. Abbildung

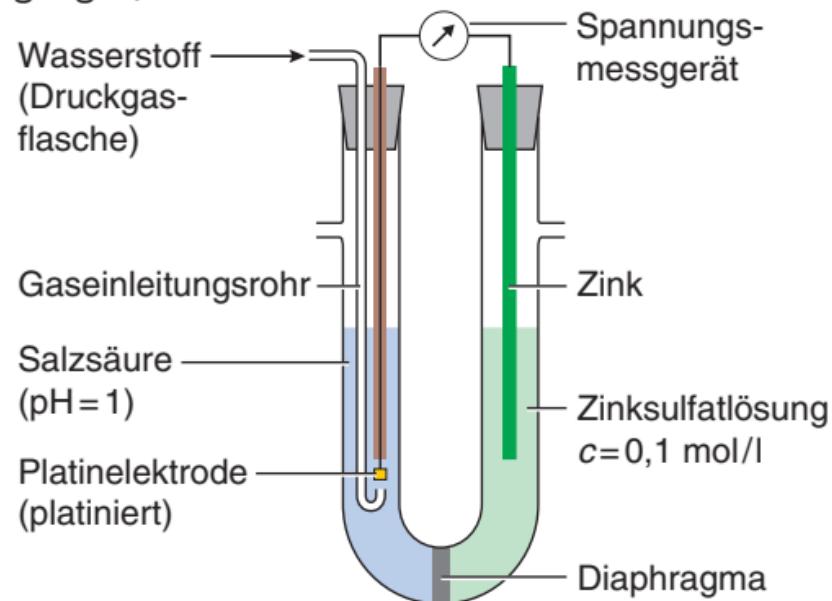
Für zwei weitere Experimente wird das rechte Halbelement ausgetauscht.

Experiment 2: Der rechte Schenkel des U-Rohres enthält Natronlauge ($\text{pH} = 12$), in die ein mit Sauerstoff umspültes Platinblech eintaucht.

Experiment 3: Im rechten Schenkel des U-Rohres befindet sich eine Lösung, die Fe^{3+} - und Fe^{2+} -Ionen enthält ($c(\text{Fe}^{3+}) = 0,01 \text{ mol/l}$; $c(\text{Fe}^{2+}) = 0,1 \text{ mol/l}$). In die Lösung taucht ebenfalls ein Platinblech ein.

1. Stellen Sie für die Halbelemente die Teilgleichungen auf und formulieren Sie die entsprechenden Nernst-Gleichungen.

2. Berechnen Sie für die drei Versuchsanordnungen die Potentialdifferenzen (Normbedingungen).



Standardpotentiale:

$$E^0(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) = -0,76 \text{ V};$$

$$E^0(\text{OH}^-/\text{O}_2) = +0,40 \text{ V}; \quad E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}) = +0,77 \text{ V}$$

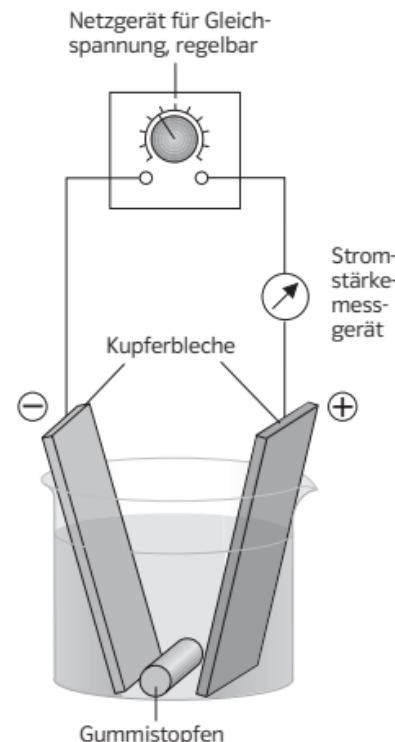


Bei der Elektrolyse einer Salzlösung werden die positiv geladenen Metallionen durch Elektronen aus dem Stromkreis an der Kathode entladen, das entstehende Metall scheidet sich an der Kathode ab. Kennt man die geflossene Ladung Q_{el} (das ist die Ladung, die zur Entladung einer bestimmten Anzahl bzw. einer bestimmten Stoffmenge von Metallkat-
ionen benötigt wird), die Anzahl bzw. die Stoffmen-
ge der entstehenden Metallatome und die Ladung
eines Elektrons bzw. einer bestimmten Stoffmenge Elektronen, so kann man daraus die Ladung der in der Lösung vorliegenden Kupferionen berechnen.

Die Elektrolyse einer Kupfersulfatlösung bringt folgendes Ergebnis:

Bei einer Elektrolysedauer von $t = 316 \text{ s}$ und einer konstanten Stromstärke von $I = 2 \text{ A}$ hat sich eine Kupferportion mit $m = 0,21 \text{ g}$ an der Kathode abgeschieden.

1. Berechnen Sie aus diesen Angaben die Ladung eines Kupferions.



Bei Eisenmangel werden Patienten häufig „Eisenpräparate“ verschrieben. Als Wirkstoff enthalten diese Präparate, die als Kapseln oder Tropfen im Handel sind, Eisen(II)-sulfat.

Der Eisengehalt lässt sich mithilfe einer galvanischen Zelle bestimmen.

1. Planen Sie ein Experiment, mit dem Sie die Masse der Eisen(II)-Ionen, die in einer Kapsel enthalten sind, bestimmen können.

Beschreiben Sie die Versuchsdurchführung und zeichnen Sie die galvanische Zelle.

Für das Experiment stehen Ihnen die folgenden Materialien zur Verfügung: 1 Silberelektrode, 1 Eisenelektrode, 1 U-Rohr mit Diaphragma, Spannungsmessgerät, 100-ml-Messkolben, dest. Wasser, Kapsel des Eisenpräparates (enthält 50 mg Eisen(II)-Ionen), Silbernitratlösung der Konzentration $c(\text{Ag}^+) = 0,1 \text{ mol/l}$.

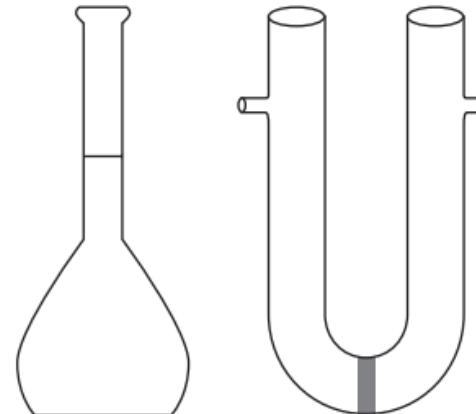
2. Berechnen Sie die Spannung der galvanischen Zelle. Gehen Sie aus Vereinfachungsgründen davon aus, dass die Kapsel 55,85 mg Eisen(II)-Ionen enthält.

Zusatzinformationen:

$$E^\circ(\text{Ag}/\text{Ag}^+) = +0,8 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{Fe}/\text{Fe}^{2+}) = -0,41 \text{ V}$$

$$M(\text{Fe}^{2+}) = 55,85 \text{ g/mol}$$

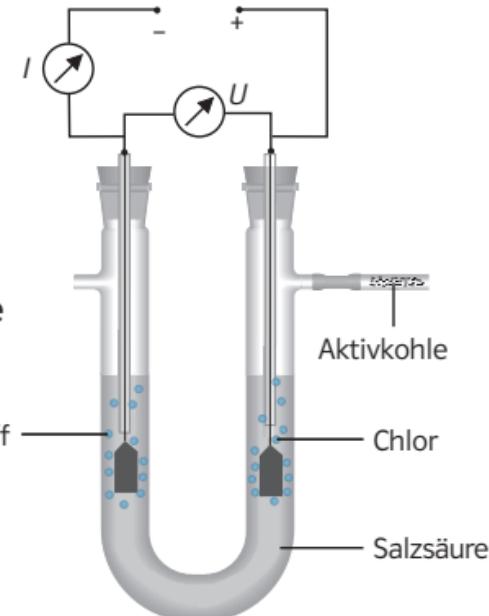


Bei der Elektrolyse von Salzsäure der Konzentration $c = 1 \text{ mol/l}$ an Platinelektroden wird die Spannung in Schritten von 0,2V langsam von 0 auf 2,4V gesteigert und jeweils die zugehörige Stromstärke notiert:

$U \text{ in V}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
$I \text{ in mA}$	0	0	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	1	3	7	13	19,5	26	32

Nach Unterbrechung der Verbindung zur Spannungsquelle zeigt das Spannungsmessgerät eine Spannung von 1,37 V an.

1. Zeichnen Sie die Strom-Spannungskurve $I = f(U)$ und bestimmen Sie die Zersetzungsspannung. Vergleichen Sie die aus dem Diagramm ermittelte Spannung mit der Spannung, die nach der Trennung von der Spannungsquelle angezeigt wurde.
2. Erklären Sie das Vorliegen einer Spannung nach Trennung der Verbindung zur Spannungsquelle.
3. Führt man dieselbe Elektrolyse mit einer Graphitkathode durch, beträgt die Zersetzungsspannung $U_z \approx 2 \text{ V}$. Erläutern Sie.



1. Eine verdünnte wässrige Lösung von Natriumsulfat wird an blanken Platinelektroden elektrolysiert. Welcher Stoff scheidet sich an der Kathode, welcher an der Anode ab?
2. Erklären Sie: Tropft man während der Elektrolyse etwas Bromthymolblaulösung in den Anodenraum, tritt dort eine Gelbfärbung auf, tropft man etwas Bromthymolblaulösung in den Kathodenraum, so zeigt sich dort eine Blaufärbung.



Saure und alkalische Lösungen leiten ebenso wie Salzlösungen den elektrischen Strom. Die verschiedenen Ionen tragen in unterschiedlichem Maße zur Leitfähigkeit bei. Dies wird durch ihre Äquivalentleitfähigkeit ausgedrückt. Besonders große Ionenbeweglichkeiten und damit auch besonders große Ionenäquivalentleitfähigkeiten weisen Oxonium- und Hydroxidionen auf. Diese Unterschiede in den Äquivalentleitfähigkeiten können zur Bestimmung des Äquivalenzpunkts bei Säure-Base-Titrationen genutzt werden.

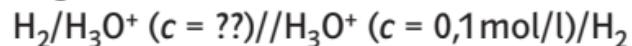
Die Leitfähigkeitsttitration von 100 ml Salzsäure unbekannter Konzentration mit Natronlauge, $c(\text{OH}^-) = 1 \text{ mol/l}$ brachte folgende Messwerte:

V (Natronlauge) in ml	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I in mA	60	55	51	47	42,5	39	35,5	30	25,5	21	21	25	29	32	34	37

1. Zeichnen Sie die Titrationskurve.
2. Bestimmen Sie den Verbrauch an Maßlösung bis zum Äquivalenzpunkt und berechnen Sie die Konzentration der eingesetzten Salzsäure
3. Begründen Sie den Verlauf der Titrationskurve, auch unter Zuhilfenahme der Reaktionsgleichung.



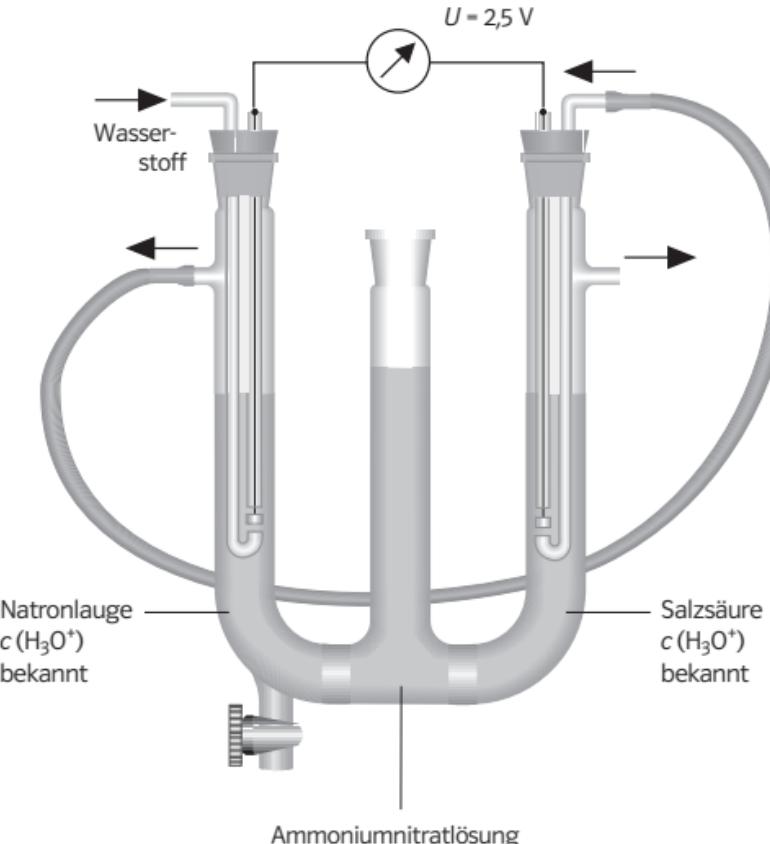
Durch die Autoprotolyse des Wassers liegen in wässrigen Lösungen bei jedem pH-Wert Oxonium- und Hydroxidionen vor. Die teilweise sehr kleinen Konzentrationen können (z.B. von Oxoniumionen in alkalischen Lösungen) mit Hilfe eines $\text{H}_2/\text{H}_3\text{O}^+$ -Konzentrationselementes bestimmt werden. Die Messung erfolgt in Salzsäure, $c = 0,1 \text{ mol/l}$ und in Natronlauge, $c = 0,01 \text{ mol/l}$, sodass folgendes Konzentrationselement vorliegt:



Messergebnis (bei $\vartheta = 24^\circ\text{C}$): $\Delta E = 0,635 \text{ V}$

Berechnen Sie

1. die unbekannte Konzentration der Oxoniumionen in der „Natronlauge-Halbzelle“ und
2. das Ionenprodukt des Wassers.



?

Bei der Elektrolyse von Salzsäure, $c = 10^{-3}$ mol/l, an Platinelektroden entwickelt sich an der Anode zunächst Chlor, nach kurzer Zeit jedoch ein Gemisch aus Chlor und Sauerstoff.

Geben Sie hierfür eine Erklärung.

Berücksichtigen Sie dabei die bei diesen Bedingungen auftretenden Überpotentiale von Sauerstoff ($E_{\text{Ü}}(\text{O}_2) = +0,78\text{ V}$) und von Chlor ($E_{\text{Ü}}(\text{Cl}_2) = +0,02\text{ V}$).

Die Standardpotentiale betragen

$E^0(6 \text{ H}_2\text{O}/\text{O}_2 + 4 \text{ H}_3\text{O}^+) = 1,23\text{ V}$ (verkürzt: $E^0(\text{H}_2\text{O}/\text{O}_2)$) und $E^0(2\text{Cl}^-/\text{Cl}_2) = 1,36\text{ V}$ (verkürzt: $E^0(\text{Cl}^-/\text{Cl}_2)$).



Aluminium ist heute nach Eisen (Stahl) das wichtigste Gebrauchsmetall. Aluminium wird aus Bauxit gewonnen. Dazu muss zunächst aus dem Bauxit Aluminiumoxid hergestellt werden. Anschließend wird Aluminium durch Schmelz-flusselektrolyse aus Aluminiumoxid gewonnen. Als Elektrolyt dient eine Schmelze aus Aluminium-oxid in Kryolith (Natrium-hexafluoroaluminat(III)), $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$.

Zusatzinformationen:

Faraday-Konstante: $F = 96485 \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{mol}^{-1}$

$W = U \cdot I \cdot t$

$M(\text{Al}) = 26,98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

1. Stellen Sie die Reaktionsgleichungen für den Anoden- und Kathodenvorgang auf. Geben Sie auch die Definitionen für die Anode und Kathode an.
2. Berechnen Sie, wie viele Tonnen Aluminium in einer Elektrolysezelle bei einer konstanten Stromstärke von 300 000 A und einer Stromausbeute von 95 % täglich erzeugt werden. Berechnen Sie auch die elektrische Energie (in $\text{kW} \cdot \text{h}$), die bei einer konstanten Elektrolysespannung von 4,5 V dazu erforderlich ist.



Das Verkupfern eines Gegenstandes kann im Schulversuch nachgestellt werden. Dazu gibt man in ein Becherglas ca. 80 ml Kupfer(II)-sulfat-Lösung der Konzentration $c(\text{CuSO}_4) = 1 \text{ mol/l}$ und 20 ml Schwefelsäure der Konzentration $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ mol/l}$. In die Lösung hängt man ein entfettetes Messingblech, das mit dem Minuspol einer Gleichspannungsquelle verbunden wird. Den Pluspol der Spannungsquelle schließt man an ein Kupferblech an, das ebenfalls in die angesäuerte Kupfer(II)-sulfat-Lösung gestellt wird. Die beiden Bleche dürfen sich nicht berühren. In den Stromkreis wird ein Stromstärkemessgerät geschaltet. Dann wird bei einer Spannung von 3 bis 4 V elektrolysiert. Das Messingblech überzieht sich mit einem lachsroten Belag. Das Kupferblech wird allmählich zerfressen.

1. Zeichnen Sie eine Versuchsskizze und deuten Sie die beschriebenen Beobachtungen. Stellen Sie dazu auch die Reaktionsgleichungen auf.
2. Berechnen Sie die Masse des Kupferbelags auf dem Messingblech, wenn die Elektrolyse mit einer Stromstärke von 0,1 A 10 Stunden abläuft.

Zusatzinformationen

Faraday-Konstante: $F = 96485 \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{mol}^{-1}$
Molare Masse: $M(\text{Cu}) = 63,55 \text{ g/mol}$



Kupfer für elektrische Leitungen muss besonders rein sein. Fremdmetalle erniedrigen die elektrische Leitfähigkeit des Metalls. Hoch reines Kupfer wird elektrolytisch gewonnen. In der Technik erfolgt diese elektrolytische Raffination (von frz. raffiner, verfeinern) mit einer schwefelsäurehaltigen Kupfer(II)-sulfat-Lösung. Als Anode dient eine Rohkupferelektrode, die noch durch andere Metalle (z. B. Zink, Eisen, Blei, Silber, Gold, Platin) verunreinigt ist. Die Elektrolyse wird bei einer Spannung von ca. 0,3V und einer Stromstärke von bis zu 36 000 A durchgeführt. Nach ca. einem Monat hat sich die Anode aufgelöst. An der Kathode wird ausschließlich Elektrolytkupfer (Massenanteil $w(\text{Cu}) = 99,98\%$) abgeschieden. Im Anodenschlamm befinden sich Blei(II)-sulfat, Silber, Gold und Platin. Der Anodenschlamm wird zur Gewinnung der Edelmetalle verwertet.

Zusatzinformationen

$$\begin{aligned}E^0(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) &= -0,76 \text{ V}, E^0(\text{Fe}/\text{Fe}^{2+}) = -0,41 \text{ V}, \\E^0(\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}) &= -0,13 \text{ V}, E^0(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) = +0,34 \text{ V}, \\E^0(\text{Ag}/\text{Ag}^{+}) &= +0,80 \text{ V}, E^0(\text{Pt}/\text{Pt}^{2+}) = +1,20 \text{ V}, \\E^0(\text{Au}/\text{Au}^{3+}) &= +1,42 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\text{Faraday-Konstante: } F = 96\,485 \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{mol}^{-1}$$

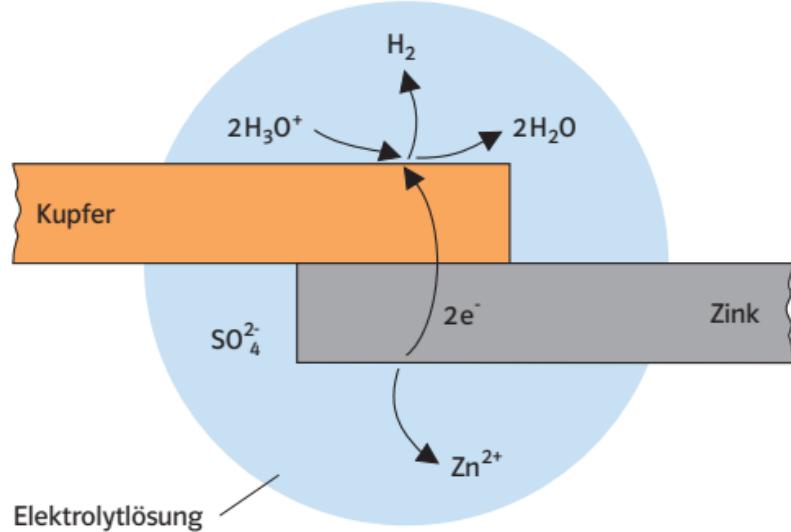
$$\text{Molare Masse: } M(\text{Cu}) = 63,55 \text{ g/mol}$$

1. Stellen Sie die Reaktionsgleichungen für die Anodenvorgänge und den Kathodenvorgang auf. Erläutern Sie die Vorgänge der Kupferraffination.
2. Berechnen Sie die Masse des Kupferbelags auf der Kathode, wenn der Elektrolysestrom mit 36 000 A 24 Stunden fließt.



In der Abbildung ist ein Beispiel für eine elektrochemische Korrosion dargestellt.

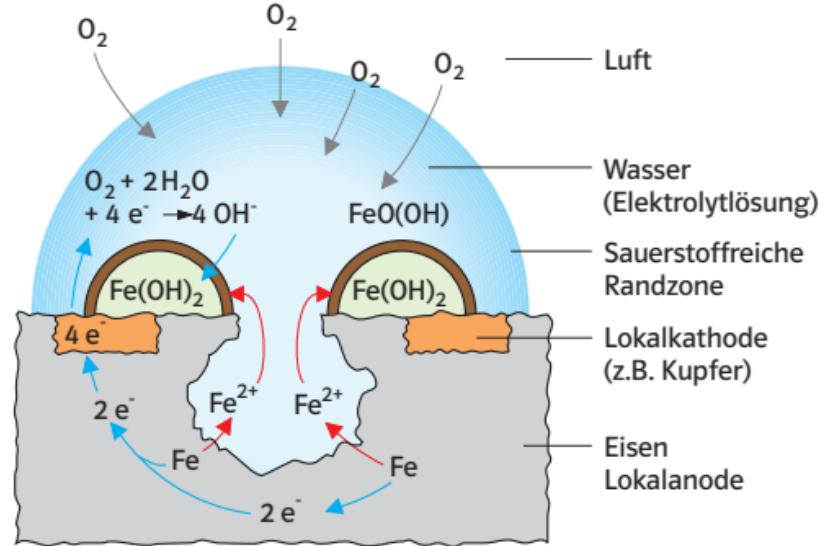
1. Erläutern Sie die Reaktionen, die bei der abgebildeten elektrochemischen Korrosion ablaufen. Verwenden Sie auch die Fachbegriffe.
2. Erklären Sie, was unter einer elektrochemischen Korrosion zu verstehen ist, und geben Sie die Bedingungen an, unter der diese stattfindet.



?

Das Rosten des Eisens ist durch die Bildung von Lokalelementen gekennzeichnet. Neben Beimengungen edlerer Metalle (Legierungsbestandteile) können dabei auch oxidbedeckte Stellen der Metalloberfläche als elektronenleitende Lokalkathoden wirken. Eine Säurekorrosion erfolgt dabei überwiegend in sauren Lösungen bei Sauerstoffmangel, die Sauerstoffkorrosion läuft bevorzugt in neutralen oder alkalischen Lösungen bei Sauerstoffzutritt ab.

1. Erläutern Sie die Säurekorrosion und Sauerstoffkorrosion von Eisen (Rosten) bei Lokalelementbildung mit einem edleren Metall.
2. Rost besteht überwiegend aus Eisen(III)-hydroxidoxid. Erklären Sie die Bildung des Rostes.



Unter den wiederaufladbaren Batterien kommt dem Bleiakkumulator als Starterbatterie für Kraftfahrzeuge eine besondere Bedeutung zu. Ein 12V-Akku besteht aus sechs Zellen, die hintereinander geschaltet sind und jeweils eine Spannung von ca. 2V aufweisen. Die Zellen eines aufgeladenen Akkumulators enthalten eine Elektrode aus Blei und eine aus Bleidioxid (PbO_2). Der Akkumulator ist mit Schwefelsäure gefüllt. Beim Entladevorgang überziehen sich beide Elektroden mit Bleisulat (PbSO_4).

1. Geben Sie für die Entladung und die Aufladung des Akkumulators für die beiden Elektroden die Reaktionsgleichungen mit Oxidationszahlen an und formulieren sie die Gesamtgleichung.
2. Kommentieren Sie kritisch mit Bezug zu den Standardpotentialen die Aufladung des Akkumulators.

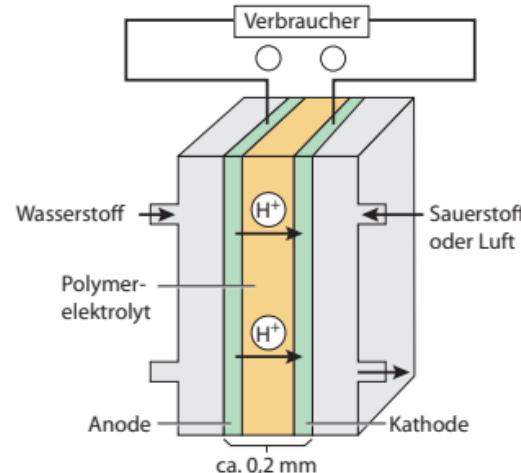
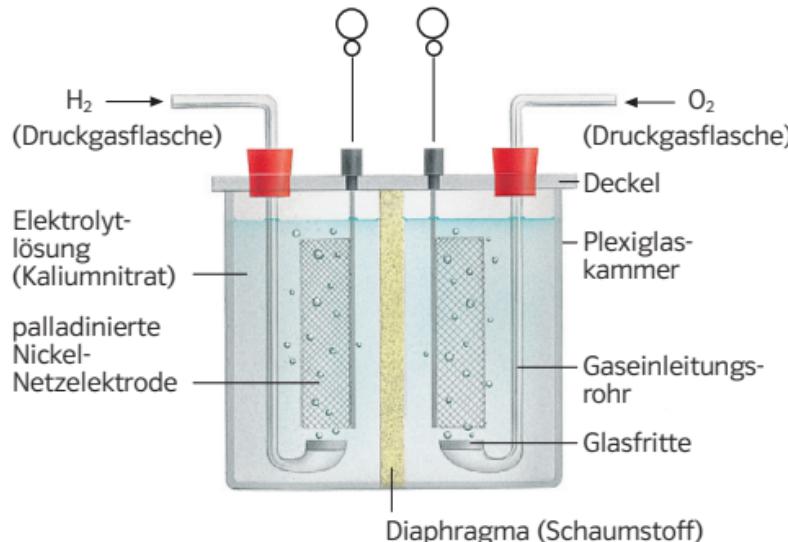
Zusatzangaben:

$$E^0(\text{Pb}/\text{PbSO}_4) = -0,356 \text{ V}$$

$$E^0(\text{PbSO}_4/\text{PbO}_2) = +1,68 \text{ V}$$



Abgebildet sind eine Brennstoffzelle als Demonstrationsmodell für den Schulgebrauch (li) und eine vereinfachte Darstellung einer PEM-Brennstoffzelle (re) mit einer nur für Protonen durchlässigen Polymer-Elektrolyt-Membran bzw. Proton-Exchange-Membran (PEM)



1. Stellen Sie Teilgleichungen für Reduktion und Oxidation auf und markieren Sie den Plus- und den Minuspol. Welche maximale Spannung ist zu erwarten?
2. Vergleichen Sie die PEM-Brennstoffzelle mit dem Unterrichtsmodell, indem Sie zu den folgenden Fragen Stellung nehmen:
 - a) Wie wirkt sich die sehr geringe Dicke der Elektroden/Membran-Einheit aus?
 - b) Welchen Vorteil bietet die PEM gegenüber dem Schaumstoff-Diaphragma?



Halogenalkane spielen als Zwischenprodukte für chemische Synthesen eine große Rolle.
Man erhält sie z. B. durch Umsetzung von Chlor oder Brom mit Alkanen unter Belichtung.

1. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Reaktion von Methan mit Chlor.
2. Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus. Um welchen Reaktionstyp handelt es sich?



In einer Halogenierungsreaktion werden Brom und Ethen eingesetzt. Dabei sind folgende Beobachtungen zu machen:

1. Beim Einsatz von gasförmigem Brom oder von Brom in einem inerten Lösungsmittel entsteht ein in Wasser unlösliches Reaktionsprodukt.
2. Beim Einsatz von Brom in Form von Bromwasser (Lösung von Brom in Wasser) entsteht sowohl ein in Wasser lösliches als auch ein in Wasser unlösliches Reaktionsprodukt.

Formulieren und erläutern Sie die Reaktionsmechanismen dieser Reaktionen und erklären Sie die vorliegenden Beobachtungen anhand des Reaktionsablaufs.



Außer mit Chlor und Brom können Alkene mit einer Vielzahl anderer Stoffe, z. B. den Halogenwasserstoffen, Additionsreaktionen eingehen. So entsteht bei der Reaktion von Propen mit Chlorwasserstoff neben geringen Anteilen 1-Chlorpropan im Überschuss 2-Chlorpropan.

Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus für die Bildung der beiden Produkte und geben Sie eine Erklärung für die unterschiedlichen Anteile der Reaktionsprodukte.



Halogenalkane, gewonnen durch die radikalische Substitution von Alkanen, stellen interessante und wichtige Zwischenverbindungen dar. Mit zwei Vertretern der Halogenalkane wurden folgende Experimente durchgeführt:

1. Bromethan wird mit Natronlauge erhitzt, dabei verschwindet die organische Schicht (Phase) und nach dem Ansäuern mit Salpetersäure und Zusatz von Silbernitratlösung bildet sich ein weißgelber Niederschlag.
2. 2-Iod-2-methylpropan wird mit Wasser und einigen Tropfen Universalindikator geschützt. Anschließend können mit Silbernitratlösung Iodidionen nachgewiesen werden, zudem zeigt der Indikator eine saure Lösung an.

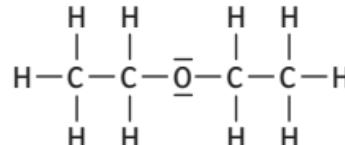
Formulieren und erläutern Sie die Reaktionsgleichungen sowie den Reaktionsmechanismus der jeweiligen Reaktion.



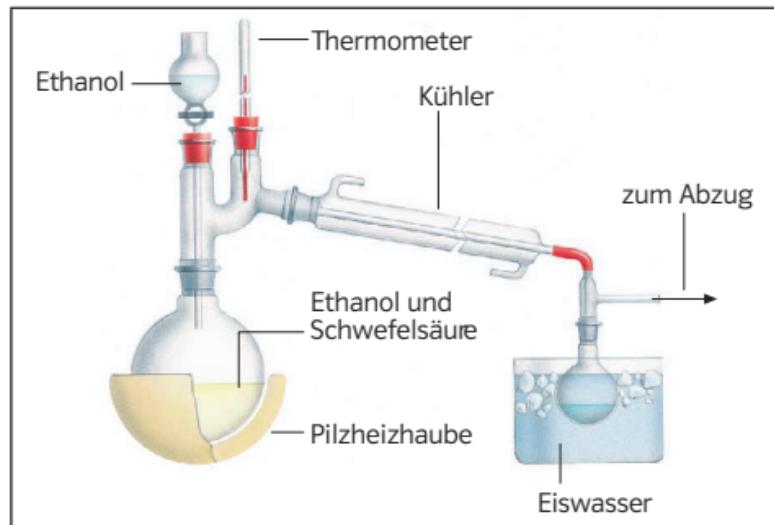
Gibt man Ethanol und konzentrierte Schwefelsäure zusammen und destilliert, so erhält man eine Flüssigkeit mit geringer Siedetemperatur und charakteristischem Geruch, den Diethylether. Diethylether diente als eines der ersten Narkosemittel. Aufgrund der starken Nebenwirkungen (ausgeprägte Erregungsphase, Übelkeit) wird er jedoch in der Anästhesie nicht mehr eingesetzt. Diethylether und andere Stoffe der Stoffgruppe der Ether werden hauptsächlich als Lösungsmittel eingesetzt.

1. Stellen Sie die Reaktionsgleichungen für die Bildung von Diethylether auf.
2. Erläutern Sie, warum Diethylether ($\vartheta_{\text{sd}} = 35^\circ\text{C}$) eine wesentlich niedrigere Siedetemperatur aufweist als ein Alkohol, dessen Moleküle eine vergleichbare Molekülgröße haben.

Zusatzinformation:



Diethylether



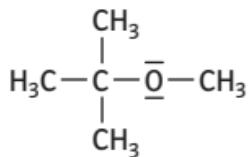
Apparatur zur Herstellung von Diethylether aus Ethanol und Schwefelsäure



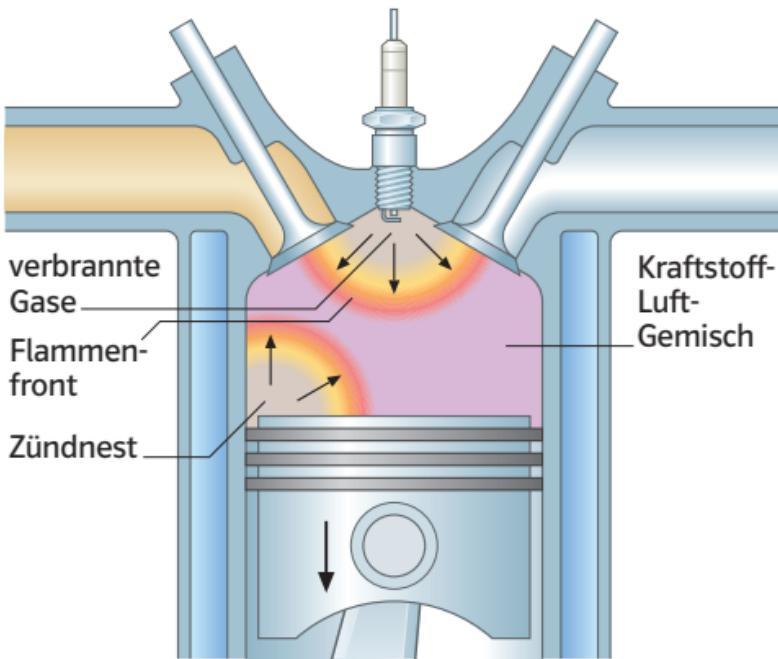
Die großtechnische Herstellung des Kraftstoffs „Super plus bleifrei“ wurde erst möglich durch die gestiegene Verfügbarkeit des hochwirksamen Antiklopfmittels MTBE, Methyl-tertiär-butylether (richtiger: tertiar-Butyl-methylether).

1. Beschreiben Sie die in einem einfachen Ottomotor ablaufende reguläre Verbrennung und die klopfende Verbrennung.
2. Erläutern Sie die Wirkungsweise des Antiklopfmittels MTBE. Stellen Sie dazu auch Reaktionsgleichungen auf.

Zusatzinformation:



Methyl-tertiär-butylether



Klopfende Verbrennung



Das hochwirksame Antiklopfmittel MTBE, Methyl-tertiär-butylether (richtiger: tertiar-Butyl-methylether) wird säurekatalysiert aus Methylpropen und Methanol synthetisiert.

Nach einer EU-Richtlinie soll der Bioanteil in Kraftstoffen bis 2010 auf mindestens 5,75 Prozent steigen. Deshalb wird zunehmend Ethyl-tertiär-butyl-ether, kurz ETBE, hergestellt, ein ebenso wirkungsvolles Additiv mit einer noch etwas besseren Oktanzahl.

1. Erläutern Sie die Reaktionsschritte zur säurekatalysierten Bildung von MTBE aus Methylpropen und Methanol. Geben Sie den Reaktionstyp an.
Stellen Sie auch die Reaktionsgleichung für ETBE auf.
2. Begründen Sie, welchen Vorteil aus ökologischer Sicht der Einsatz von Ethyl-tertiär-butylether (ETBE) gegenüber MTBE hat.



Ester können durch saure oder alkalische Hydrolyse gespalten werden. Die alkalische Hydrolyse bezeichnet man als Verseifung, da mit dieser Methode Seifen aus Fetten hergestellt werden können.

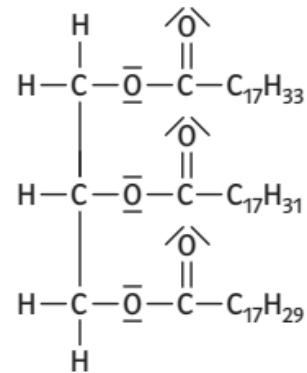
1. Formulieren Sie die Mechanismen dieser Spaltungsreaktionen am Beispiel des Essigsäureethylesters und machen Sie eine begründete Aussage darüber, welche der beiden Reaktionen im Hinblick auf die Vollständigkeit des Reaktionsumsatzes die günstigere Reaktion ist.



Dieselkraftstoff kann durch einen aus Rapsöl gewonnenen Kraftstoff, den Rapsölmethylester (RME), ersetzt werden. Zur Gewinnung von Rapsölmethylester lässt man Rapsöl mit Methanol in Gegenwart katalytischer Mengen von Natron- oder Kalilauge reagieren. Rohstoffe für die Methanolherstellung sind Erdgas und Erdöl.

1. Stellen Sie die Reaktionsschritte für die Bildung von Rapsölmethylester aus Rapsöl und Methanol auf. Begründen Sie, warum die Herstellung von Rapsölmethylester aus Rapsöl und Methanol unter der katalysierenden Wirkung von Natronlauge vorgenommen wird.
2. Beurteilen Sie, ob es sinnvoll sein kann, anstelle von Rapsölmethylester Rapsölethylester einzusetzen.

Zusatzinformation:



Strukturformel für ein Beispiel eines Rapsölmoleküls



Es werden vollständig hydriert:

- a) Eine Stoffportion Benzol mit der Stoffmenge
 $n = 2 \text{ mol}$,
- b) eine Stoffportion 1,3-Cyclohexadien mit der Stoffmenge $n = 3 \text{ mol}$,
- c) eine Stoffportion Cyclohexen mit der Stoffmenge $n = 6 \text{ mol}$.

Für diese Reaktionen benötigt man jeweils eine Portion Wasserstoff mit der Stoffmenge $n(H_2) = 6 \text{ mol}$. Trotzdem unterscheiden sich die bei den Reaktionen jeweils frei werdenden Enthalpiebeträge voneinander:

$$\Delta_r H^\circ(1) = -418 \text{ kJ};$$

$$\Delta_r H^\circ(2) = -720 \text{ kJ};$$

$$\Delta_r H^\circ(3) = -696 \text{ kJ}.$$

1. Stellen Sie die Reaktionsgleichungen mit den reagierenden Stoffmengen auf.
2. Ordnen Sie den einzelnen Reaktionen die entsprechende Reaktionsenthalpie zu und begründen Sie ihre Entscheidung.



Phenol (Hydroxybenzol) und Cyclohexanol unterscheiden sich in ihren pK_S -Werten beträchtlich:

Phenol: $pK_S = 10$

Cyclohexanol: $pK_S = 18$

Formulieren Sie die Strukturformeln und erklären Sie diese Sachverhalte, auch mit Hilfe mesomerer Grenzformeln (Grenzstrukturen).

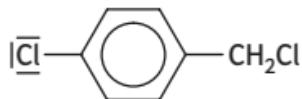


Die Synthese von Alkylbenzolen zählt zu den Friedel-Crafts-Alkylierungsreaktionen. So wird z.B. als Zwischenprodukt zur Synthese von Styrol (Phenylethen), dem Ausgangsprodukt für Polystyrol, in großen Mengen Ethylbenzol durch Alkylierung von Benzol mit Ethen hergestellt.

1. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung.
2. Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus für diese Reaktion.



Die Substanz p-Chlorbenzylchlorid ((4-Chlorphenyl)-chlormethan) kann als Ausgangsverbindung für die Herstellung von Flüssigkristallen eingesetzt werden:



Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die stufenweise Synthese von p-Chlorbenzylchlorid, ausgehend von Toluol (Methylbenzol), und geben Sie die erforderlichen Reaktionsbedingungen an.



Ethen und Benzol reagieren mit Brom.

1. Formulieren Sie jeweils die Reaktionsgleichung und benennen Sie den jeweiligen Reaktionstyp.
2. Formulieren Sie die Reaktionsmechanismen beider Reaktionen und untersuchen Sie diese auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede.



Phenol und Nitrobenzol sind wichtige Derivate des Benzols. Durch weitere Substitutionsreaktionen können daraus neue Verbindungen gewonnen werden. Da diese Moleküle gegenüber dem Benzolmolekül bereits einen Substituenten besitzen, bezeichnet man die Substitutionsreaktion zur Einführung eines weiteren Substituenten als Zweitsubstitution.

Dabei verläuft z. B. die Nitrierung von Phenol schon bei niedrigen Konzentrationen der Nitriersäure äußerst rasch, während die Nitrierung von Nitrobenzol konzentrierte Nitriersäure erfordert und relativ langsam abläuft.

1. Geben Sie für das unterschiedliche Reaktionsverhalten eine Erklärung, auch unter Zuhilfenahme von mesomeren Grenzformeln.



Bei der Bromierung von Phenol können drei isomere Verbindungen entstehen.

1. Formulieren Sie deren Strukturformeln und geben Sie die Namen an.
2. Entscheiden Sie, welche(s) Produkt(e) bevorzugt entsteht/entstehen und begründen Sie ihre Entscheidung, auch mit Hilfe mesomerer Grenzformeln (Grenzstrukturen).

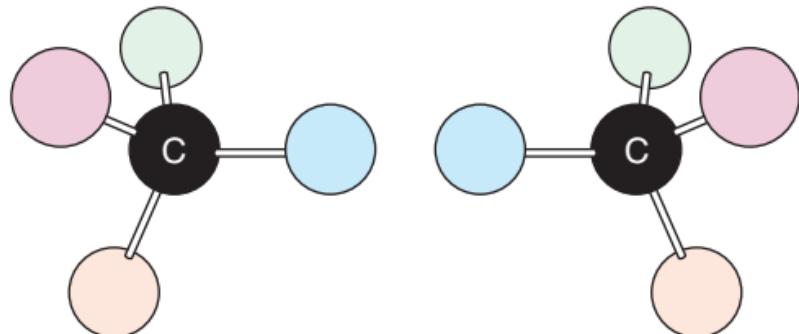


Fette werden mit systematischem Namen als Triacylglycerine bezeichnet. Es sind keine nur aus einer Molekülart aufgebauten Stoffe, sondern Gemische verschiedener Triacylglycerinmoleküle. Fette können bei Zimmertemperatur fest, halbfest oder flüssig sein. Durch Fetthärtung können flüssige in feste Fette umgewandelt werden, die z. B. zur Margarineherstellung eingesetzt werden.

1. Zeichnen Sie in einer vereinfachten Darstellung, die die wichtigen funktionellen Gruppen zeigt, das Bauprinzip eines Triacylglycerinmoleküls.
2. Von welchen Faktoren kann es abhängen, ob ein Fett bei Zimmertemperatur fest oder flüssig ist?
3. Geben Sie an, wie die Fetthärtung geschieht, und äußern Sie sich zur Fetthärtung aus ernährungsphysiologischer Sicht.



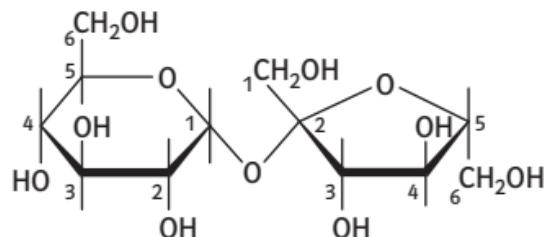
Es gibt zahlreiche Stoffe, denen sich zwei Moleküle zuordnen lassen, die spiegelbildlich gebaut sind, sie sind chiral.



1. Wählen Sie unter den angegebenen Molekülen diejenigen aus, die die obengenannte Bedingung erfüllen und zeichnen Sie auf einem besonderen Blatt die Enantiomeren so wie in der Vorlage angedeutet: Milchsäure (2-Hydroxypropansäure), Glycin (Aminoessigsäure), Glycerinaldehyd (2-Hydroxypropanal), Alanin (2-Aminopropansäure).
2. Nennen Sie am Beispiel der Milchsäure die Vorgaben der Fischer-Projektion, stellen Sie von den in Aufg. 1 ausgewählten Molekülen die Fischer-Projektionsformeln auf und kennzeichnen Sie L- und D-Konfiguration.



Saccharose ist ein Disaccharid. Die Moleküle entsprechen der Summenformel C₁₂H₂₂O₁₁.

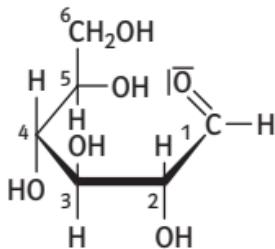


Saccharose wirkt gegenüber dem Fehling-Reagenz nicht reduzierend.

Eine Lösung von Saccharose ist rechtsdrehend.
Nach Zugabe von z.B. Salzsäure verringert sich
der Drehwinkel und geht in den negativen Bereich
(„Inversion“). Diese Lösung wirkt reduzierend.

1. Geben Sie eine Begründung dafür an, dass Saccharose-Lösungen nicht reduzierend wirken.
2. Deuten Sie die im beschriebenen Experiment ablaufenden Veränderungen (Drehwinkel, reduzierende Wirkung).





Für D-Glucose werden verschiedene Moleküle angegeben: Ein kettenförmiges und zwei ringförmige Moleküle (α -D-Glucose, β -D-Glucose). Die Abbildung zeigt das kettenförmige Molekül in einer Konformation, die die Ringbildung erkennen lässt.

Mit einem Polarimeter wurde der Drehwinkel einer frisch hergestellten Glucoselösung (Massenkonzentration $\beta = 0,1\text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$, Länge des Probenrohres $l = 2\text{ dm}$) untersucht. Er betrug $\alpha_1 = +22,4^\circ$.

Nach einigen Tagen zeigte die gleiche Lösung einen Drehwinkel $\alpha_2 = +10,6^\circ$.

1. Skizzieren Sie den Aufbau eines Polarimeters, beschreiben Sie die Funktion der Bauelemente und berechnen Sie die spezifische Drehung für beide Fälle.
2. Deuten Sie die festgestellte Veränderung des Drehwinkels.

Zusatzangaben:

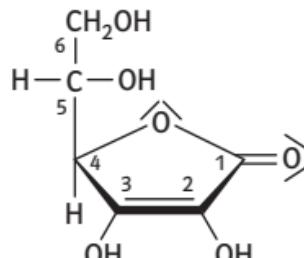
$$\alpha_{sp}(\alpha\text{-D-Glucose}) = 112^\circ \cdot \text{ml} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$$

$$\alpha_{sp}(\beta\text{-D-Glucose}) = 19^\circ \cdot \text{ml} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$$



Ascorbinsäure wird auch als Vitamin C bezeichnet. Damit wird es als eine Substanz gekennzeichnet, die lebenswichtig ist und regelmäßig mit der Nahrung aufgenommen werden muss. Ein Überschuss wird nicht gespeichert, sondern ausgeschieden.

In chemischer Sicht ist Ascorbinsäure eine stärkere Säure als Essigsäure. Außerdem wirkt sie reduzierend und wird als Antioxidationsmittel eingesetzt.



L(+)-Ascorbinsäure

Das Molekül enthält neben vier OH-Gruppen einen Ring, gebildet aus vier Kohlenstoff- und einem O-Atom (vergl. Fructose) und eine Endiolgruppe in der cis-Konfiguration. Außerdem gibt es zwei asymmetrische C-Atome. Die Konfiguration am C-Atom 5 führt zur Einordnung in die L-Reihe.

1. Geben Sie eine Erklärung für den Säurecharakter der Verbindung und formulieren Sie entsprechende Protolyse-Gleichungen.
2. Formulieren Sie Redoxreaktionen der Ascorbinsäuremoleküle mit Permanganat-Ionen.



Stärke und Cellulose sind Polysaccharide, die beide aus Glucose-Einheiten aufgebaut sind, aber unterschiedliche Eigenschaften und biologische Funktionen besitzen.

Stärke lässt sich in zwei Fraktionen zerlegen:

Amylose (unverzweigte Moleküle) und Amylopektin (Moleküle mit größerer Kettenlänge und Verzweigungen)

1. Stellen Sie mit Strukturformeln einen Ausschnitt von je vier Einheiten a) eines Amylose- und b) eines Cellulosemoleküls dar. Beziffern Sie die C-Atome und benennen sie die Art der Verknüpfung der Glucose-Einheiten.
2. Erweitern Sie die Zeichnung des Amylose-Moleküls so, dass der Beginn einer Verzweigung erscheint ($1,6\text{-}\alpha$ -glycosidische Bindung).
3. Geben Sie an, wie Amylose und Amylopektin getrennt und identifiziert werden können.
4. Berechnen Sie für eine Amylose-Art mit der mittleren molaren Masse $M(\text{Amylose}) = 48\,000 \text{ g/mol}$ die durchschnittliche Anzahl der Glucose-Einheiten pro Molekül.

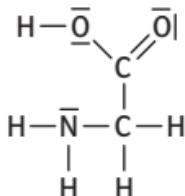


Die zunehmende Nutzung von Bioethanol als Treibstoffzusatz macht ein Verfahren wieder interessant, bei dem bis in die 60iger Jahre des vorigen Jahrhunderts in Deutschland Holz, das zu ca. 40 bis 50 % aus Cellulose besteht, eingesetzt wurde.

1. Stellen Sie einen aussagekräftigen Strukturformelausschnitt aus einem Cellulosemolekül dar und benennen Sie die Bausteine sowie ihre Art der Verknüpfung.
2. Beschreiben Sie eine Möglichkeit, wie man Cellulose in vergärbare Zucker überführen kann.
3. Wie könnte man die in 2. entstandenen Bausteine spezifisch nachweisen?
4. Schildern Sie ein Verfahren, wie man die erhaltene Zuckerlösung zu Ethanol weiter verarbeiten kann und formulieren Sie eine Reaktionsgleichung.
5. Als Vorteil der Verwendung von Bioethanol als Treibstoff wird die ausgeglichene Kohlenstoffdioxidbilanz herausgestellt. Nehmen Sie hierzu Stellung.



Für Glycin (Aminoessigsäure) ist häufig die folgende Strukturformel zu finden:



Trotz der Ähnlichkeit im Molekülbau besitzt Glycin Eigenschaften, die stark von denen der Essigsäure abweichen:

- Glycin ist ein kristalliner Feststoff, der sich beim Erhitzen auf ca. 230 °C zersetzt, ohne zu schmelzen. Zum Vergleich: Essigsäure ist eine Flüssigkeit, die bei 118 °C siedet.
- Glycinlösungen sind nur sehr schwach sauer ($\text{pH} \approx 6$, $c = 0,1 \text{ mol/l}$). Lösungen von Essigsäure gleicher Konzentration sind stärker sauer ($\text{pH} \approx 3$).

- Formulieren Sie eine angemessene Strukturformel der kleinsten Teilchen des Glycins, mit der Sie die unter a) genannten Eigenschaften des Glycins erklären.
- Geben Sie für Essigsäure und Glycin je eine Reaktionsgleichung an, die die in b) beschriebene Bildung einer sauren Lösung belegt.
- Wie erklären Sie, dass eine wässrige Lösung von Glycin nur eine äußerst geringe Leitfähigkeit besitzt?



Die Lösung dieser Aufgabe soll das Verständnis für Molekülstrukturen der Proteine erleichtern. Die Abfolge der Aminosäuren, ihre Sequenz, ist bei Organismen genetisch festgelegt und wird in einem komplizierten Verfahren realisiert. In wässriger Lösung reagieren Aminosäuren ohne eine chemische Aktivierung nicht miteinander. Die Lösung der Aufgabe 1 hat also nur formalen Charakter.

1. Erstellen Sie eine Reaktionsgleichung mit Strukturformeln für die Bildung eines Dipeptides aus zwei Molekülen Glycin.
2. Machen Sie begründete Angaben zur räumlichen Gestalt des Dipeptidmoleküls.
Beziehen Sie in Ihre Lösung die folgenden Angaben zu Bindungslängen ein.

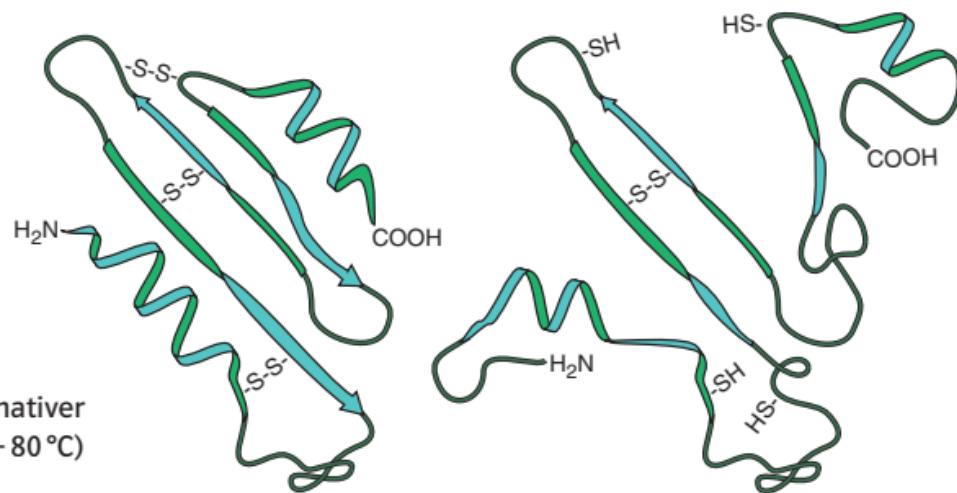
Bindungslänge	
C – N-Bindung z. B. in Aminen	147 pm
C – N-Bindung in der Peptidgruppe	132 pm



Die Aminosäuresequenz der Proteinmoleküle ist durch die genetische Information festgelegt. Die Molekülgestalt bildet sich – bedingt durch Bau und Eigenschaften der Aminosäure-Einheiten – dann von alleine aus.

Allerdings kann durch Veränderungen des Milieus, z. B. der Temperatur, die Molekülgestalt verändert, denaturiert werden.

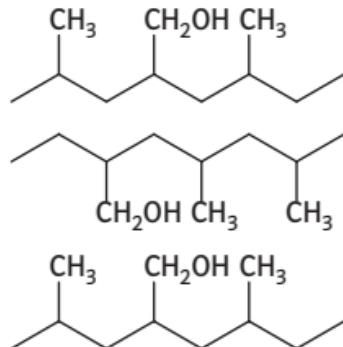
Modell eines globulären Proteinmoleküls. links: nativer Zustand; rechts: nach Temperatureinwirkung ($70 - 80^\circ\text{C}$)



1. Geben Sie mit Bezug zum oben abgebildeten Molekül an, was unter Primär-, Sekundär- und Tertiärstruktur eines Proteinmoleküls verstanden wird. Geben Sie an, welche Bindungsarten jeweils daran beteiligt sind bzw. sein können.
2. Vergleichen Sie die beiden Abbildungen und stellen Sie fest, wie sich die Wärmeeinwirkung auf die Bindungsverhältnisse ausgewirkt hat.

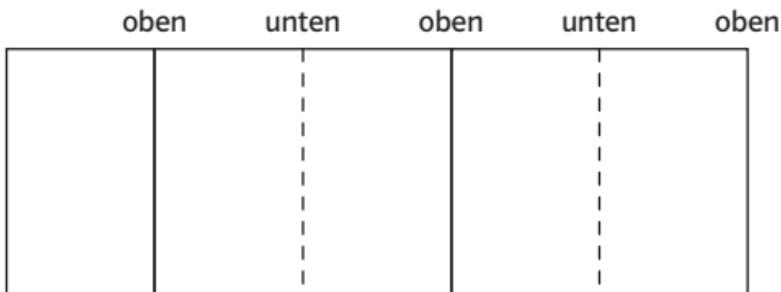


Fibroin, das Protein der Seide, ist aus zum großen Teil parallel zur Faserachse verlaufenden Proteinketten in einer gegenläufigen Faltblattstruktur aufgebaut. Dort wiederholt sich die Sequenz: Gly—Ser—Gly—Ala—Gly—Ala. Es gibt auch amorphe Zonen, in denen auch andere Aminosäuren gebunden sind, allerdings fehlt Cystein. Die einzelnen Faltblattschichten sind so übereinander gestapelt, dass sich abwechselnd Glycin- bzw. Alanin-Serin-Einheiten gegenüberliegen.



Schichtung der Faltblätter des Fibroins

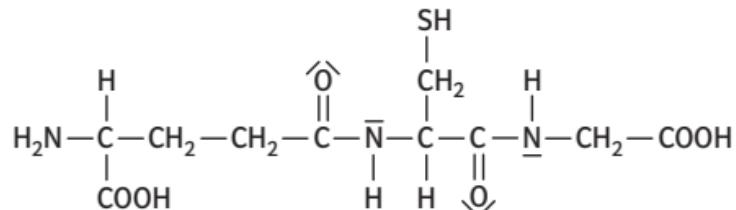
1. Zeichnen Sie nach vorgegebenem Muster einen Ausschnitt aus einem Faltblatt mit der für Fibroin typischen Aminosäuresequenz.



2. Erklären Sie, warum Seide außerordentlich reißfest, aber auch elastisch ist, indem Sie a) den Zusammenhalt der Proteinketten innerhalb eines Faltblattes und b) den Zusammenhalt der Schichten untereinander berücksichtigen.

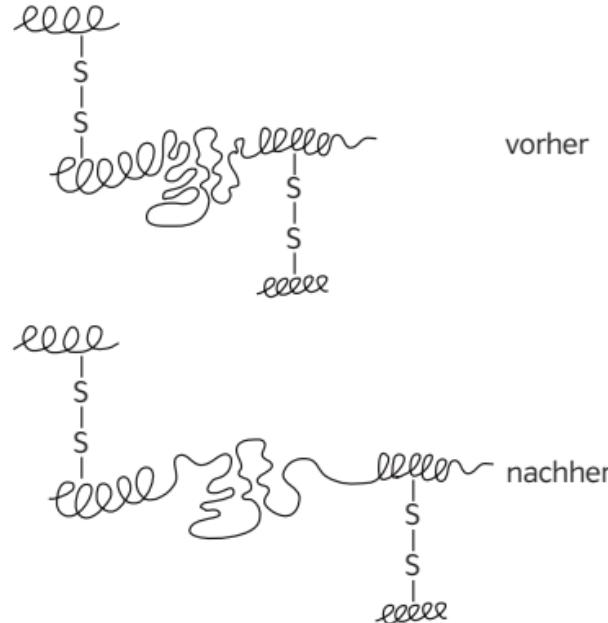


Bei der Zubereitung eines Teiges werden die miteinander vernetzten Moleküle des Weizeneiweißes (Gluten) mechanisch gedehnt. Das im Mehl enthaltene Tripeptid Glutathion wirkt auf die Moleküle des Weizeneiweißes ein und erleichtert den Knetprozess. Glutathionmoleküle können sich paarweise unter Bildung einer Disulfidbrücke –S–S– vereinigen.

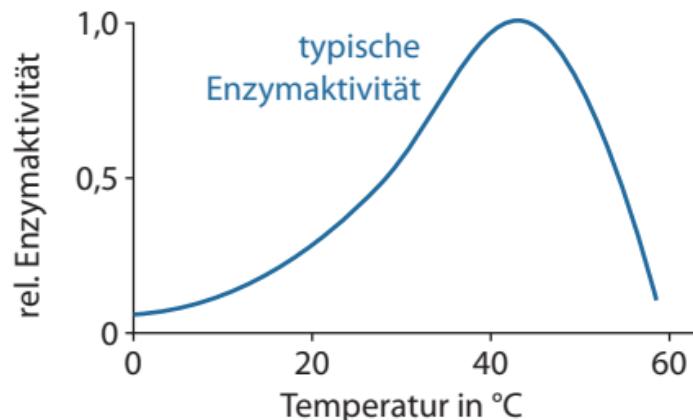
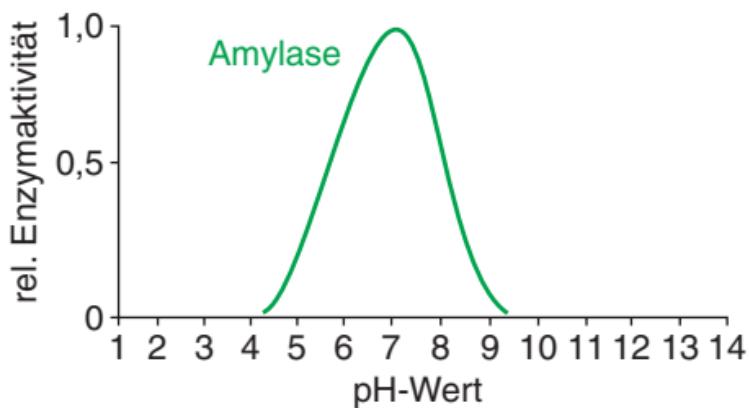


Molekül von Glutathion

1. Erläutern Sie durch Auswertung der Abbildungen zu Gluten, welche Veränderungen das Gluten durch Kneten erfährt. Begründen Sie, warum nur bestimmte Stellen des Moleküls betroffen sind.
2. Erstellen Sie für Glutathion das Redox-Gleichgewicht, das die Bildung von Disulfidbrücken zwischen zwei Glutathiomolekülen belegt, und entwickeln Sie eine Vorstellung davon, wie Glutathion den Kraftaufwand beim Knetprozess beeinflusst.



An dem Enzym Amylase lässt sich gut die Abhängigkeit der Enzymwirkung von pH-Wert und Temperatur darstellen.

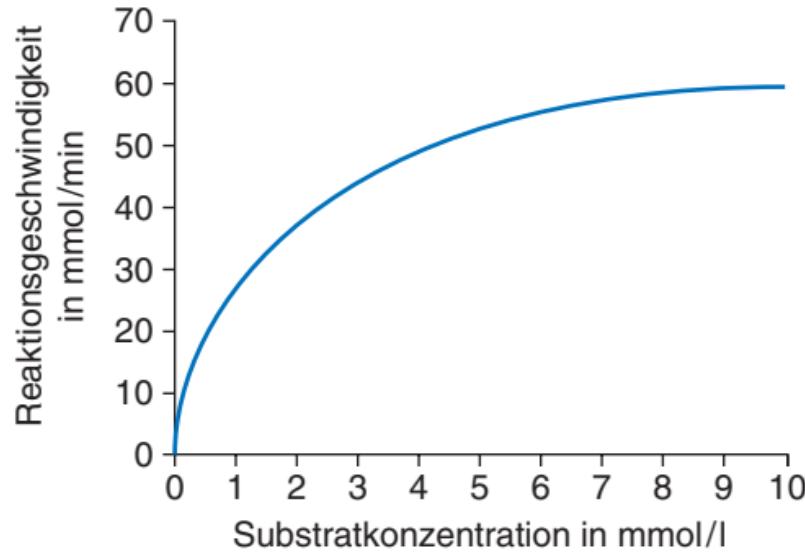


Für andere Enzyme lassen sich entsprechende Graphiken erstellen, wobei die jeweiligen Maxima verschoben sein können.

1. Deuten Sie die pH-Abhängigkeit der Amylasetätigkeit mit Bezügen zu den Bindungen, die die Tertiärstruktur des Enzymproteins beeinflussen.
2. Werten Sie die Kurve aus, die die Abhängigkeit von der Temperatur zeigt, indem Sie zum aufsteigenden bzw. absteigenden Ast der Kurve Stellung nehmen.



Mit der Methode von Michaelis und Menten lassen sich Vergleichswerte für die katalytische Effizienz verschiedener Enzyme oder von einem Enzym bei unterschiedlichen äußeren Bedingungen erhalten.



Für Laborexperimente gut geeignet ist die Amylase-Reaktion, die es gestattet, exakte Angaben zur Reaktionsgeschwindigkeit zu machen.

1. Interpretieren Sie den Kurvenverlauf und bestimmen sie zeichnerisch die Michaelis-Menten-Konstante k_m .
2. Geben Sie an, welche Bedeutung der Konstanten k_m zukommt. Was bedeutet es für eine Enzymreaktion im Vergleich, wenn die Konstante größer bzw. kleiner ist?



Ein handelsübliches Zwei-Komponenten-Kunstharz, das zur Reparatur von Kfz-Karosserien eingesetzt werden kann, besteht aus einer dreiteiligen Verkaufseinheit: Dose mit vorproduziertem Kunstharz, Tube mit Härter und Matte aus Glasfasern.

Verarbeitungshinweise: Das dickflüssige Kunstharz wird mit Härterpaste vermischt. Eine passend zurechtgeschnittene Glasfasermatte wird mit der Mischung getränkt und auf die Schadstelle aufgebracht. Die Verarbeitung muss innerhalb von 15 min erfolgen.

Inhaltsstoffe:

Kunstharz: ungesättigtes Polyesterharz, Styrol

Härterpaste: Dibenzoylperoxid

1. Geben Sie für einen Molekülausschnitt eine Reaktionsgleichung für die Herstellung des Polyesters an. Gehen sie von cis-Butendisäure, (Maleinsäure) und Ethandiol aus.
2. Geben Sie mit einer übersichtlichen Darstellung an, welche Reaktionen nach Zugabe des Härters ablaufen.

Zusatzinformationen:

Molekülformel von Styrol: $C_6H_5-CH=CH_2$

Molekülformel
von Dibenzoylperoxid: $C_6H_5-C(=O)-O-O-C(=O)-C_6H_5$



Naturkautschuk besitzt die Verhältnisformel C_5H_8 . Durch vorsichtiges Erhitzen lässt sich daraus eine bei 36 °C siedende Flüssigkeit gewinnen, Isopren (2-Methyl-buta-1,3-dien), mit der gleichen Verhältnisformel. Durch Vulkanisation mit Schwefel entsteht aus Kautschuk Gummi. Wird eine Probe Kautschuk gestreckt und einige Minuten festgehalten, zieht sie sich – auch im Laufe mehrerer Stunden – nur teilweise auf ihr altes Maß zurück. Ein Stück Gummi dagegen erreicht unter den gleichen Bedingungen sehr schnell wieder die Ausgangslänge.

1. Stellen Sie zwischen Kautschuk und Isopren eine Beziehung her. Zeichnen Sie einen Ausschnitt aus einem Kautschukmolekül.
2. Geben Sie an, welche Eigenschaften und molekulare Voraussetzungen Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere besitzen. Ordnen Sie Gummi und Naturkautschuk zu und nehmen Sie Bezug zu den molekularen Strukturen.
3. Wie unterscheiden sich Hart- bzw. Weichgummi in Herstellung und Molekülbau?

Hinweis:

Alle C=C-Doppelbindungen liegen in der cis-Form vor.

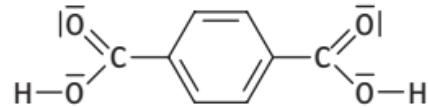


Fasern aus aromatischen Polyamiden (Aramidfasern) wie z.B. Poly-1,4-phenylenterephthalamid (Kevlar®) sind extrem reißfest.

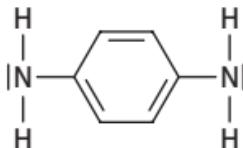
1. Geben Sie die Reaktionsgleichung für die Bildung des Polymers durch Reaktion von 1,4-Diaminobenzol (Phenyldiamin) mit 1,4-Benzoedicarbonsäure (Terephthalsäure) und den Reaktionstyp an.
2. Erklären Sie die Kettensteifheit der Aramidmoleküle und die große Festigkeit der Aramidfasern anhand einer Formelzeichnung.

Zusatzinformationen

Terephthalsäure

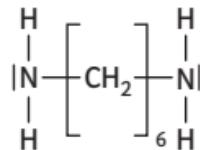
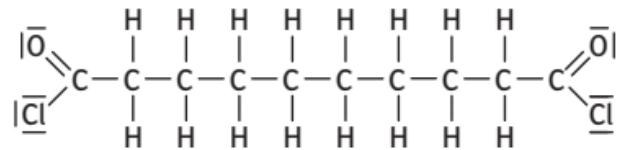
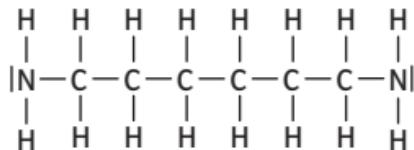


1,4-Diaminobenzol

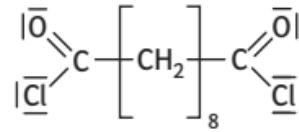


Bevor Synthesefasern versponnen und z.B. für Strumpfhosen, Seile und Kleidungsstücke eingesetzt werden können, müssen die Fasern gewonnen werden. In einem Schulversuch kann die erste Stufe der Nylonherstellung, die Synthese des Polymers, nachgestellt werden. Dazu wird eine Lösung aus 1g 1,6-Diaminohexan in 10 ml verdünnter Natronlauge mit einer Lösung aus 1ml Sebacinsäuredichlorid (Decandisäuredichlorid) in 10 ml Heptan überschichtet.

Zusatzinformationen



Hexamethylendiamin
1,6-Diaminohexan



Sebacinsäuredichlorid
Decandisäuredichlorid

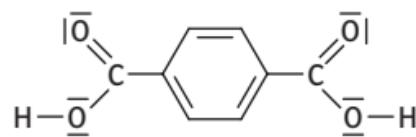
1. Stellen Sie die Reaktionsgleichung zur Bildung des Polymers auf. Benennen Sie den Reaktionstyp und die Bindung, durch die die Monomere miteinander verknüpft sind.
2. Handelt es sich bei Nylon um einen Thermoplast, Duroplast oder Elastoplast (Elastomer)? Begründen Sie Ihre Entscheidung.



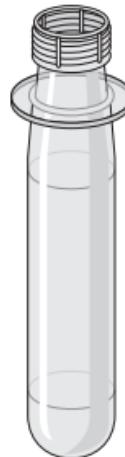
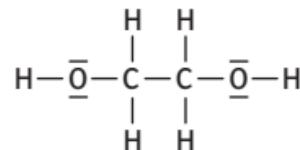
Einer der wichtigsten und mengenmäßig bedeutendsten Kunststoffe ist das Polyethylenterephthalat (kurz PET genannt), aus dem außer Flaschen auch Chemiefasern hergestellt werden. Polyethylenterephthalat kann aus Terephthalsäure und Ethandiol (Ethylenglykol) synthetisiert werden.

Zusatzinformationen

Terephthalsäure



Ethandiol (Ethylenglykol)



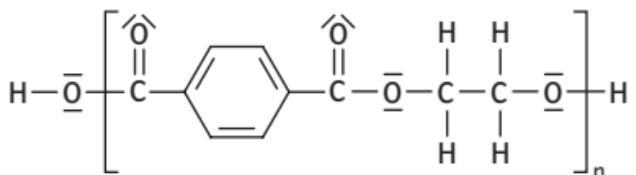
1. Geben Sie die Reaktionsgleichung zur Synthese der Moleküle des Polyethylenterephthalats an und benennen Sie den Reaktionstyp. Erläutern Sie auch die grundlegenden Voraussetzungen, die die Moleküle der Ausgangsstoffe aufweisen müssen, damit eine solche Synthese durchgeführt werden kann. Deuten Sie die beschriebenen Beobachtungen.
2. Erklären und erläutern Sie die beschriebenen Eigenschaften des Polyethylenterephthalats. Ordnen Sie den Kunststoff unter dem Gesichtspunkt der Struktur-Eigenschaft-Beziehungen ein.



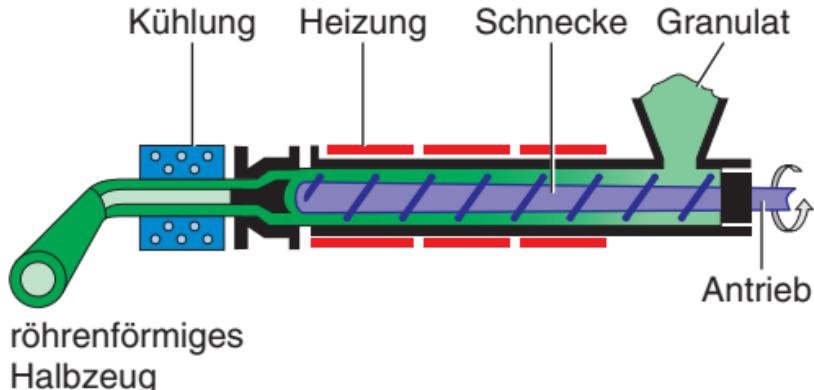
Polyethylenterephthalat wird aus Terephthalsäure und Ethandiol (Ethylenglykol) synthetisiert. Das großtechnisch hergestellte PET-Granulat wird mit Hilfe eines Extruders verarbeitet.

1. Erläutern Sie unter Einbeziehung des PET, welche Kunststoffe (Thermoplaste, Duroplaste oder Elastoplaste) mit einem Extruder verarbeitet werden können. Erklären Sie das Verarbeitungsverfahren des Extrudierens.

Zusatzinformation



Strukturformel des Polyethylenterephthalats (PET)



Die Frage nach sinnvollen Recyclingmöglichkeiten stellt sich bei jeder Form von Verpackungen.

Verpackungen aus Polyethylenterephthalat (PET) können unterschiedlich verwertet werden:

Beim werkstofflichen Recycling werden die PET-Altprodukte gereinigt und mechanisch zerkleinert. Aus dem so gewonnenen PET-Recyclat lassen sich durch Einschmelzen (unter Energieaufwand) direkt neue Produkte wie Fasern, Folien oder neue PET-Behälter herstellen.

Zunächst wurden Verpackungen aus Recycling-PET nur in Non-Food-Bereichen eingesetzt. Die neuesten Verfahrenstechnologien sind zwar sehr aufwendig, aber mittlerweile so ausgereift, dass das Recyclingmaterial zu einem großen Teil auch für die Herstellung neuer Flaschen eingesetzt wird. Bei einem anderen Verfahren, der Methanolysen, wird das PET mit Methanol umgesetzt.

Die dabei entstehenden Produkte können, nach weiterer Aufbereitung, als reine Rohstoffe direkt in die Neuproduktion von PET fließen. Daneben kann PET als weitere Alternative auch energetisch verwertet, d.h. direkt in Kraftwerken verbrannt werden. PET verfügt dabei über einen hohen Brennwert und kann so andere Energieträger ersetzen. PET stehen damit – auch in Kombination – viele Wiederverwertungsformen offen.

1. Stellen Sie die Recyclingmöglichkeiten für PET mit Vor- und Nachteilen in einer Übersicht dar. Begründen Sie auf der Grundlage des Aufbaus des Polyethylenterephthalats seine Wiederverwertungsmöglichkeiten.



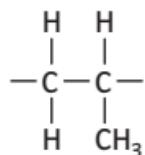
Polyvinylchlorid, PVC, ist ein viel verwendeteter Kunststoff. Er wird industriell in großen Mengen produziert. Ausgangsstoff ist Vinylchlorid (Chlorethen). PVC wird hauptsächlich zur Herstellung von Fensterrahmen, Rohren, Kabelisolierungen, Bau- und Möbelprofilen eingesetzt.

1. Geben Sie für die beiden Schritte der Bildung des Vinylchlorids aus Ethen und Chlor die Reaktionsgleichungen und Reaktionstypen an.
2. Erläutern Sie die Reaktionsschritte zur Bildung von PVC-Makromolekülen aus Vinylchlorid.

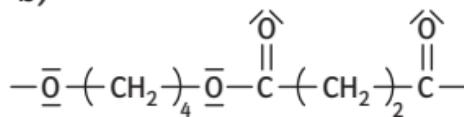


Im Folgenden sind repräsentative Kettenausschnitte von Makromolekülen dargestellt.

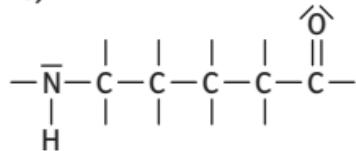
a)



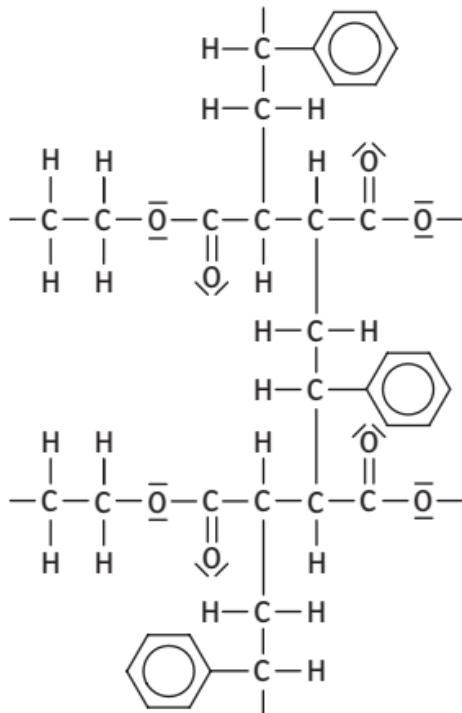
b)



c)



d)



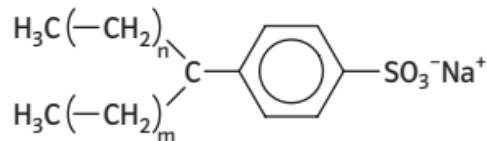
1. Welche dieser Makromoleküle lassen sich durch Polymerisation und welche durch eine Polykondensation gewinnen? Begründen Sie Ihre Entscheidungen.
2. Ordnen Sie die Kunststoffe, die aus den Makromolekülen aufgebaut sind, den Thermoplasten, Duroplasten oder Elastoplasten (Elastomeren) zu. Begründen Sie Ihre Entscheidungen.

?

Die Alkylbenzolsulfonate stellen die wirtschaftlich bedeutendste Tensidklasse dar. Sie werden hauptsächlich in Haushaltsreinigern, Wasch- und Geschirrspülmitteln eingesetzt. Die Alkylseitenketten der heute eingesetzten Alkylbenzolsulfonate sind linear (LAS: Lineare Alkylbenzolsulfonate).

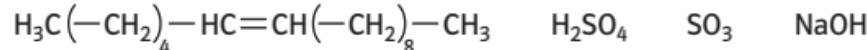
Lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS)

$$n = 4; 5$$



$$7 \leq m \leq 10$$

1. Erläutern Sie die Reaktionen zur Bildung eines Alkylbenzolsulfonats mit Hilfe der folgenden Verbindungen:

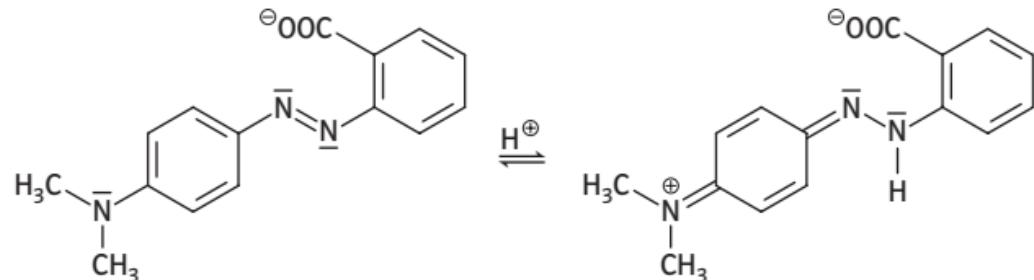


Natriumlaurylsulfat oder Natriumdodecylsulfat (Abkürzung: SLS aus dem engl. Sodium Lauryl Sulfate, SDS aus dem engl. Sodium Dodecyl Sulfate) dient in den meisten Shampoos und Duschgelenen als reinigende Komponente. Darüber hinaus wird Natriumlaurylsulfat als Emulgator in Salben und Lotionen sowie Reinigungsmitteln verwendet. Im Schulversuch kann es hergestellt werden, indem man in einem Reagenzglas etwa 1cm^3 Dodecanol (Laurylkohol) bis zum Schmelzen erwärmt. Zu der Schmelze gibt man unter Schütteln tropfenweise konzentrierte Schwefelsäure. Sobald eine Gelbfärbung auftritt, wird gekühlt und so lange verdünnte Natronlauge zugegeben, bis eine neutrale Lösung entstanden ist.

1. Stellen Sie für die Bildung von Natriumdodecylsulfat nach dem Schulversuch die Reaktionsgleichungen auf.
2. Erläutern Sie, warum Natriumdodecylsulfat als reinigende Komponente in Shampoos und Duschgelenen und als Emulgator in Salben und Lotionen wirken kann.



Methylrot ist ein Azofarbstoff, der als Indikator eingesetzt wird, mit einem Umschlagsbereich zwischen pH = 4,4 und pH = 6,2.



Wellenlänge in nm	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700
Absorption in % bei pH < 4,4	0	1	9	23	41	58	63	56	39	3	1	0	0	0	0	0
Absorption in % bei pH > 6,2	59	62	63	58	45	21	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spektralfarben																

Absorption von Methylrotlösungen

1. Zeichnen Sie die Absorptionsspektren von Methylrot für die benannten pH-Bereiche in eine gemeinsame Grafik
2. Werten Sie die Spektren im Hinblick die zu beobachtende Farbe der Lösung aus.
3. Begründen Sie mit einer energetischen Betrachtung, warum die Protonierung an dem einen (s.o.) N-Atom der Azogruppe erfolgt und nicht an einem der anderen N-Atome.



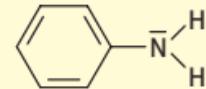
Ein konjugiertes Doppelbindungssystem kann durch Elektronen liefernde und Elektronen aufnehmende Molekülgruppen beeinflusst werden.

Benzol



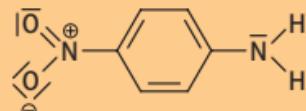
farblos

Anilin



schwach gelb

4-Nitroanilin



gelborange

4-Nitrophenylhydrazin



orangerot

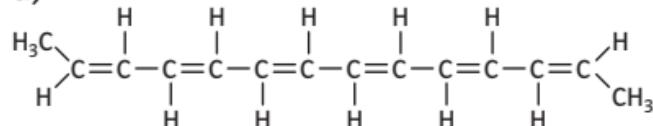
1. Vergleichen Sie die Verbindungen und erklären Sie die zu längerwelligem Licht verschobene Absorption.
2. Beschreiben Sie den + M- und den - M-Effekt.



Untersucht man farbige organische Verbindungen, so zeigt sich ein Zusammenhang zwischen der Farbe der Verbindung und der Struktur ihrer Moleküle.

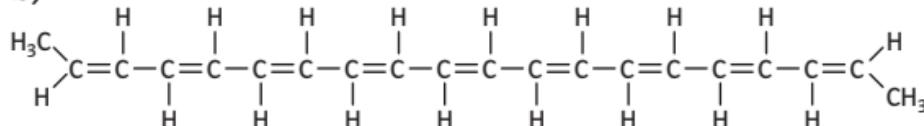
Farbstoffmoleküle und Wellenlängen der Absorptionsmaxima (λ_{max}) des absorbierten Lichtes:

a)



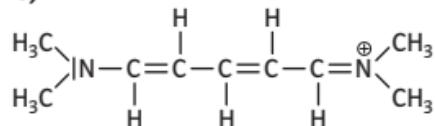
$$\lambda_{\text{max}} = 344 \text{ nm}$$

b)



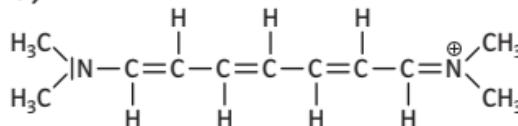
$$\lambda_{\text{max}} = 413 \text{ nm}$$

c)



$$\lambda_{\text{max}} = 416 \text{ nm}$$

d)



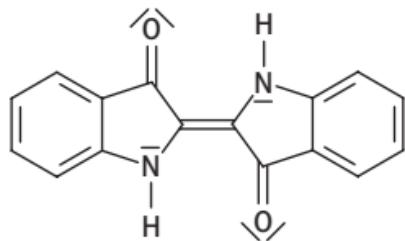
$$\lambda_{\text{max}} = 519 \text{ nm}$$

Hinweis: a) und b) gehören zu den Polyenen, c) und d) zu den Cyaninen

1. Vergleichen Sie die Verbindungen und die Wellenlängen der Absorptionsmaxima und erklären Sie die Unterschiede der Absorptionsmaxima.



Indigo, der Farbstoff der Jeans, wird manchmal auch als König der Farbstoffe bezeichnet und hat die Molekülformel:

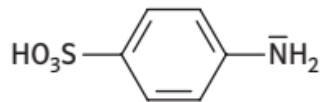


Indigo ist wasserunlöslich und muss zum Färben in eine lösliche Form gebracht werden. Das geschieht mit dem Reduktionsmittel Natriumdithionit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) in alkalischem Medium. Dabei entsteht eine schwach gelbliche Lösung von Indigoweiß (Leukoindigo). Nach dem Durchtränken des Färbegutes entsteht unter Sauerstoffeinwirkung wieder der blaue Farbstoff.

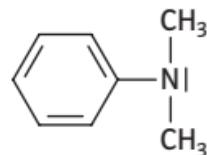
1. Formulieren Sie Redoxgleichungen
 - a) für die Reduktion von Indigo mit Natrium-dithionit.
 - b) für die Rückoxidation beim Trocknen an der Luft.



Der Azofarbstoff Methylorange kann aus Sulfanilsäure, N,N-Dimethylamin und weiteren Reaktionspartnern hergestellt werden.



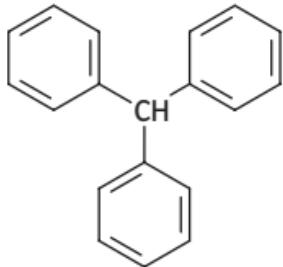
Sulfanilsäure



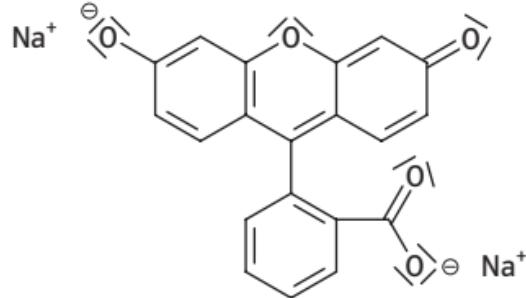
N,N-Diethylanilin

1. Geben Sie in Stufen an, wie der Farbstoff hergestellt wird, und stellen sie entsprechende Reaktionsgleichungen auf.
2. Der erste Syntheseschritt gelingt nur bei einer Temperatur $t < 5^{\circ}\text{C}$, anderenfalls findet unter Gasentwicklung eine unerwünschte Reaktion statt. Geben sie eine Erklärung.





Triphenylmethan



Fluorescein, Natriumsalz

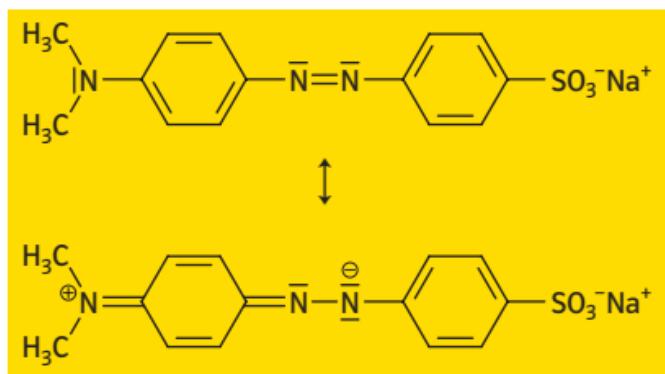
Fluorescein gehört zur Gruppe der Triphenylmethanfarbstoffe (TPM-Farbstoffe) und kommt als braunrotes Pulver in den Handel. Es ist nicht in Wasser, aber in verdünnter Natronlauge unter Bildung zweifach negativ geladener Anionen löslich. Die Lösung zeigt eine farbliche Besonderheit. Betrachtet man sie gegen das Licht, erscheint die Lösung gelblich, blickt man von der Seite, wird eine intensive grüne Färbung sichtbar. Für diese Erscheinung ist der kurzwellige blaue Anteil des weißen Lichtes verantwortlich, wie sich experimentell zeigen lässt.

1. Geben Sie im Vergleich an, welche molekulare Voraussetzung bei Fluorescein als Farbstoff, nicht aber bei TPM vorliegt.
2. Erläutern Sie unter Verwendung der Fachausdrücke die Ursachen für die beschriebenen Farbphänomene.

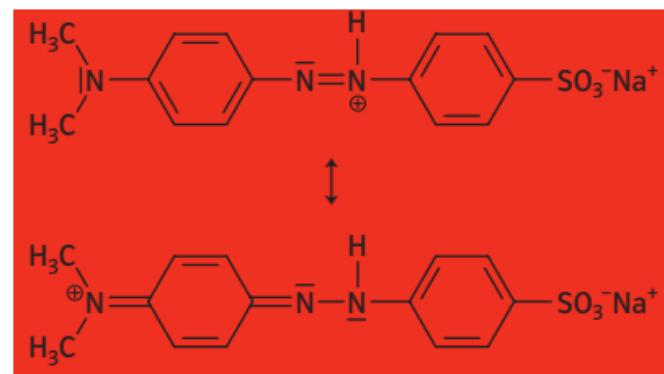


Zur Bestimmung des Äquivalenzpunktes einer Säure-Base-Titration wird häufig ein Säure-Base-Indikator eingesetzt.

pH > 4,4
 $\lambda = 473 \text{ nm}$
Farbe: Gelborange

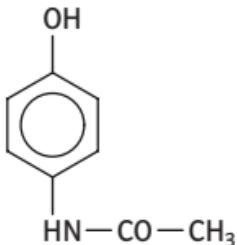


pH < 3,1
 $\lambda = 510 \text{ nm}$
Farbe: Rot



1. Begründen Sie, zu welcher Farbstoffklasse Methylorange gehört.
2. Erklären Sie, warum Methylorange als Säure-Base-Indikator eingesetzt werden kann.
3. Erläutern Sie die Verschiebung des Absorptionsmaximums von 473 nm nach 510 nm.





Eine Probe Paracetamol (Molekülbau s. links) wird zerkleinert und mit verdünnter Salzsäure erhitzt. Ein eindeutig zu identifizierender Geruch ist bemerkbar. Die neutralisierte Lösung wird mit Ammoniak- und Silbernitrat-Lösung versetzt. Die Flüssigkeit wird schwarz.

1. Stellen Sie eine Reaktionsgleichung für die Reaktion des Paracetamols in verdünnter Salzsäure auf.
2. Geben Sie eine Erklärung für die Schwarzfärbung der Flüssigkeit nach Zugabe von Silbernitratlösung und führen sie als Beleg Reaktionsgleichungen an.



In einem Laborversuch wird Acetylsalicylsäure durch Veresterung aus Essigsäureanhydrid (Acetanhydrid) und Salicylsäure (2-Hydroxybenzoësäure) mit Schwefelsäure als Katalysator hergestellt.

Bei der Reinheitskontrolle mithilfe der Dünnschichtchromatografie lässt sich unter UV-Licht neben dem erwarteten Produkt noch ein weiterer Stoff als Verunreinigung erkennen.

1. Erstellen Sie die Reaktionsgleichung für die Synthese.
2. Erläutern Sie das Prinzip der Stofftrennung durch Dünnschichtchromatografie.
3. Stellen Sie unter Verwendung der vorgegebenen Daten ein Verfahren zur Reinigung des hergestellten Rohproduktes vor.

	Salicylsäure	Acetylsalicylsäure
Molare Masse	138 g/mol	180 g/mol
Dichte	1,44 g/ml	1,35 g/ml
Schmelztemperatur	159 °C	135 °C
Siedetemperatur	211 °C	(Zersetzung ab 140 °C)
Löslichkeit in Ethanol	gut	gut
- in Wasser, warm	gut	gut
- in Wasser, kalt	kalt: schlecht (0,2 g/100 g)	kalt: mäßig (0,33 g/100 g)
pK _s -Wert	2,97	3,49

Einige Eigenschaften von Salicylsäure und Acetylsalicylsäure im Vergleich



Beim Zerfall radioaktiver Elemente können ganze „Zerfallsreihen“ auftreten, die bei einem stabilen Isotop enden. So z. B. die Uran-Radium-Reihe, die vom $^{238}_{92}\text{U}$ bis zu $^{206}_{82}\text{Pb}$ geht.

1. Beschreiben Sie kurz die verschiedenen Arten der natürlichen radioaktiven Strahlung.
2. Berechnen Sie die Zahl und Art der Zerfallsstufen in der Uran-Radium-Reihe von $^{234}_{90}\text{Th}$ bis $^{218}_{84}\text{Po}$ und nennen Sie die Gesetzmäßigkeiten, die die Grundlage der Berechnung bilden.
3. Formulieren Sie die Zerfallsreihe für das Isotop $^{143}_{56}\text{Ba}$ zu $^{143}_{60}\text{Nd}$.



Im Jahr 1991 fanden Bergsteiger in den Ötztaler Alpen eine mumifizierte Leiche im Gletschereis, deren Alter mittels der Radiocarbonmethode bestimmt wurde.

1. Erläutern Sie die prinzipiellen Grundlagen der Radiocarbonmethode zur Altersbestimmung. Geben Sie auch die Bildungs- und Zerfalls-gleichung von $^{14}_6\text{C}$ -Atomen an.
2. Berechnen Sie das ungefähre Alter eines Kleidungsstücks von Ötzi, wenn die Aktivität A_F der Probe 55 % der ursprünglichen Aktivität beträgt ($A_F = 0,55 A_0$); $T_{1/2} = 5736 \text{ a.}$
3. In Pflanzen an stark befahrenen Autobahnen liegt ein anderes Verhältnis $N(^{12}_6\text{C}) : N(^{14}_6\text{C})$ vor als in autobahnfernen Regionen. Geben Sie die Art der Veränderung an und erläutern Sie diese.



Radionuklide besitzen große Bedeutung in der chemischen Analytik und in der medizinischen Diagnostik. So werden heute nuklearmedizinische Diagnoseverfahren in großem Umfang angewandt, z. B. zur Funktionsprüfung von Organen und zur Erkennung von Tumoren. In der Schilddrüsendiagnostik wird das Radionuklid $^{131}_{53}\text{I}$ in Form von Natriumiodid eingesetzt, wobei sich die Iodkerne (in Form von Iodidionen) in der Schilddrüse anreichern. Damit lässt sich die Morphologie der Schilddrüse durch radiochemische Messungen mit einem Detektor als Szintigramm darstellen. $^{131}_{53}\text{I}$ ist ein β^- -Strahler und zerfällt in einer Halbwertszeit $T_{1/2} = 8,02\text{ d}$.

1. Formulieren Sie die Zerfallsgleichung.
2. Berechnen Sie die Masse an Iod-131, die nach 40 Tagen von einer Anfangsmasse $m = 1\text{ mg}$ noch vorhanden ist.
3. Berechnen Sie die Zeit, die vergehen muss, bis nur noch 0,01% einer gegebenen Ausgangsmasse Iod-131 vorliegen.



Es liegen folgende Salze vor: Caesiumiodid; Natriumchlorid; Natriumbromid; Natriumiodid; Magnesiumoxid.

1. Formulieren Sie die Verhältnisformeln dieser Salze und geben Sie an, aus welchen Ionen sie aufgebaut sind.
2. Ordnen Sie die Salze nach steigenden Gitterenergien und begründen Sie ihre Anordnung.
3. Ordnen Sie die folgenden Schmelztemperaturen den angegebenen Salzen zu und begründen Sie ihre Zuordnung: 626 °C; 2800 °C; 650 °C; 800 °C; 747 °C.



Gegeben sind folgende Flüssigkeiten:

n-Hexan, konz. Schwefelsäure, n-Pentadecan
(Paraffinöl), konz. Phosphorsäure, Glycerin (Propantriol), Diethylether, Essigsäureethylester.

1. Ordnen Sie diese Flüssigkeiten nach ihrer Viskosität (Zähflüssigkeit) bei Zimmertemperatur in zwei Gruppen. Formulieren Sie zunächst die Halbstruktur- oder Strukturformeln der einzelnen Verbindungen. Begründen Sie ihre Zuordnung.



Die Moleküle folgender Verbindungen besitzen ähnliche Molekulmassen:
Methansäure (Ameisensäure); Ethanal (Acetaldehyd) und Propan.

1. Formulieren Sie die Strukturformeln der jeweiligen Moleküle.
2. Ordnen Sie die nachfolgenden Siedetemperaturen diesen Verbindungen zu und begründen Sie Ihre Zuordnung: 21 °C; 101 °C; – 42 °C.
3. Machen Sie eine Aussage über die Wasserlöslichkeit der Verbindungen und begründen Sie.



Der größte Teil der Elemente zählt aufgrund gemeinsamer charakteristischer Eigenschaften zu den Metallen.

1. Erläutern Sie ein Modell der Metallbindung.
2. Geben Sie zwei typische Eigenschaften von Metallen an und deuten Sie diese auf der Basis des in (1) beschriebenen Modells.
3. Worauf beruht die Duktilität des metallischen Kupfers im Unterschied zur Sprödigkeit eines Kupfersulfat-Kristalls? Erläutern Sie.

