

Aufgabe 1

Natron (Natriumhydrogencarbonat, NaHCO_3) ist ein Salz, das in vielen Bereichen Verwendung findet.

- 1 In BULLRICH-Salz[®], einem Mittel gegen Sodbrennen und säurebedingte Magenbeschwerden, ist Natron als Wirkstoff enthalten.
- Formulieren Sie für die Reaktion von Natron mit Salzsäure eine Reaktionsgleichung.
- Zur Bestimmung des Natrongehalts einer BULLRICH-Salz[®]-Tablette werden bei einer Titration bis zum Äquivalenzpunkt 10,3 mL Salzsäure der Konzentration $c = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ verbraucht.
- Beschreiben Sie die experimentelle Durchführung einer Titration.
 - Berechnen Sie die Masse des Natrons in dieser Tablette. **3 VP**
- 2 Das Hydrogencarbonat-Ion ist ein amphoterer Teilchen und kann deshalb als Säure oder Base reagieren.
- Begründen Sie diese Eigenschaft aus der Struktur des Teilchens.
 - Formulieren Sie für die Reaktion mit Wasser jeweils eine mögliche Reaktionsgleichung.
 - Erläutern Sie jeweils die Gleichgewichtslage der Reaktion und begründen Sie, ob eine wässrige Natriumhydrogencarbonat-Lösung sauer oder alkalisch reagiert. **6 VP**
- 3 Viele Brausetabletten enthalten u.a. Natron und eine organische Säure, z.B. Weinsäure (2,3-Dihydroxybutandisäure). Weinsäure reagiert in wässriger Lösung mit Natron. Dabei entsteht u.a. ein Salz der Weinsäure (Dinatriumtartrat, $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{Na}_2$).
- Formulieren Sie für die Reaktion von Natron mit Weinsäure eine Reaktionsgleichung. Verwenden Sie dabei Strukturformeln.
 - Begründen Sie, wieso diese Reaktion nicht bereits in der Tablette stattfindet.
- Eine Brausetablette der Masse $m = 2,5 \text{ g}$ enthält 0,5 g Natron und 1,5 g Weinsäure.
- Berechnen Sie das Volumen der Kohlenstoffdioxidportion, das bei Raumtemperatur ($V_m = 24 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$) aus dieser Tablette maximal gebildet werden kann.
- Ein Schüler soll dieses Volumen experimentell überprüfen. Hierzu arbeitet er nach der im **Anhang** aufgeführten Versuchsvorschrift. Er ermittelt nach Einsatz der ersten Tablette ein Volumen von 40 mL, nach Reaktion der zweiten Tablette ein Gesamtvolumen von 170 mL.
- Erläutern Sie die Versuchsergebnisse. **6 VP**

- 4 Eine weitere Verwendung findet Natron als Bestandteil von Feuerlöschpulver. Es zersetzt sich bei höheren Temperaturen unter Bildung von Natriumcarbonat, Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid.
- Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung für diese thermische Zersetzung.
 - Berechnen Sie für diese Reaktion die Reaktionsenthalpie und die Reaktionsentropie für Standardbedingungen.
 - Begründen Sie, warum sich Natron erst bei höheren Temperaturen zersetzt.
- 5 VP**

20 VP

Versuchsvorschrift

Chemikalien:

2 Brausetabletten

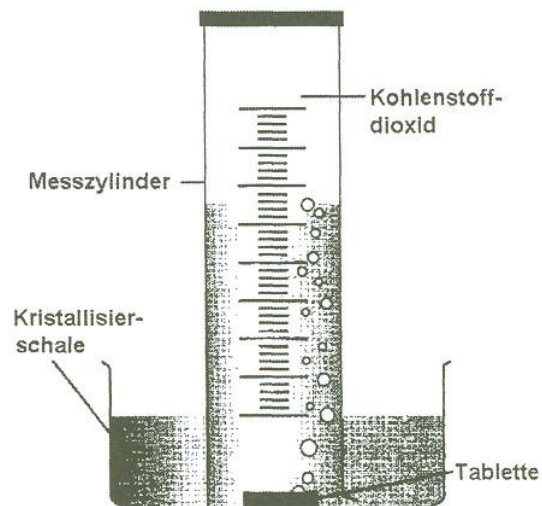
Geräte:

Stativmaterial, Messzylinder, große Kristallisierschale

Durchführung:

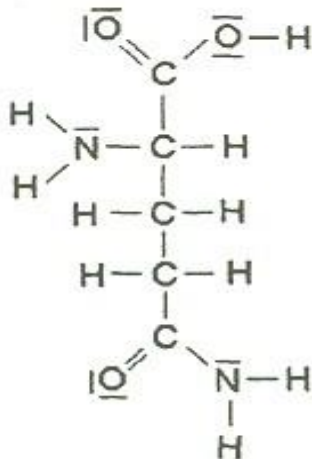
Baue den Versuch gemäß nebenstehender Abbildung auf. Fülle den Messzylinder zunächst vollständig mit Wasser. Bringe nun die erste Brausetablette unter den Messzylinder. Lies nach vollständiger Reaktion der ersten Tablette das Volumen an gebildetem Gas ab. Bringe nun die zweite Tablette unter den Messzylinder und ermittle somit das Gesamtvolumen des gebildeten Gases.

Versuchsaufbau:

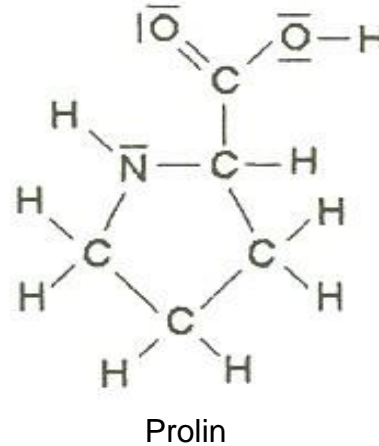


Aufgabe 2

- 1 Beim Brotbacken spielen die wasserunlöslichen Proteine des Weizenmehls, z.B. die Gliadine, eine bedeutende Rolle für die Teigstruktur.
- 1.1 Gliadine zeichnen sich durch einen hohen Anteil an Glutamin und Prolin aus. Weitere Monomere sind u.a. die Aminosäuren Leucin (L-2-Amino-4-methylpentansäure) und Phenylalanin (L-2-Amino-3-phenylpropansäure).



Glutamin



Prolin

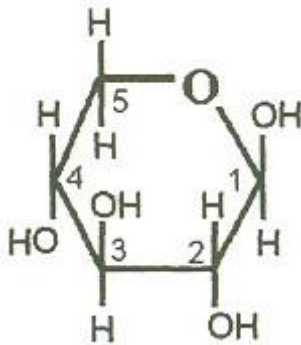
Ein Gliadin weist in einem Abschnitt die folgende Aminosäure-Sequenz auf:
– Leucin – Prolin – Glutamin – Phenylalanin –

- Zeichnen Sie diesen Gliadinausschnitt.
Hinweis: Die ringförmige Struktur des Prolin-Bausteins bleibt auch im Protein erhalten.
- Erläutern Sie den Einfluss eines hohen Prolingehalts auf die Sekundärstruktur des Gliadins.
- Nennen Sie zwei intramolekulare Wechselwirkungen, die in diesem Gliadinausschnitt an der Bildung der Tertiärstruktur beteiligt sind.
Begründen Sie Ihre Aussage. **7 VP**

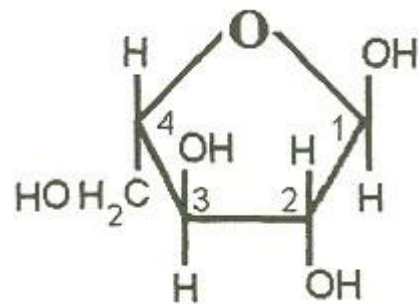
- 1.2 Beschreiben Sie einen Praktikumsversuch, mit dem sich zeigen lässt, dass in Gliadinen die Aminosäuren Leucin, Prolin, Glutamin und Phenylalanin enthalten sind. **3 VP**

- 2.1 In Roggenbrot entsteht die Teigstruktur durch Pentosane. Diese Polysaccharide bestehen aus einer Kette 1,4-glycosidisch verknüpfter Xylose-Bausteine. Etwa jeder zweite Xylose-Baustein ist zusätzlich über das Kohlenstoffatom Nr. 2 mit dem Kohlenstoffatom Nr. 1 eines Arabinose-Bausteins verknüpft.

Xylose-Baustein



Arabinose-Baustein

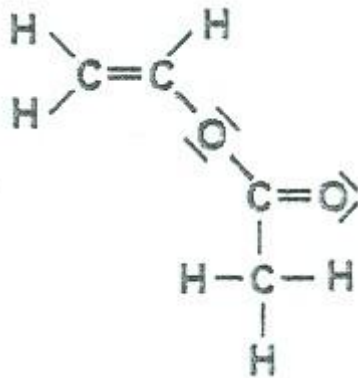


- Zeichnen Sie die offenkettige Form der beiden Bausteine in der FISCHER-Projektion.
Ordnen Sie diesen Bezeichnungen „L“ bzw. „D“ zu und begründen Sie Ihre Angaben.
 - Zeichnen Sie einen Ausschnitt aus einem Pentosan-Molekül, der alle beschriebenen Strukturmerkmale enthält. **5 VP**
- 2.2 Beim Ruhen des Teigs wird ein Teil der enthaltenen Stärke enzymatisch vollständig hydrolysiert.
- Nennen Sie das entstehende Hydrolyseprodukt und beschreiben Sie ein Experiment, mit dem Sie nachweisen können, dass es sich bei dem Hydrolyseprodukt um einen reduzierenden Zucker handelt.
 - Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung zur gewählten Nachweisreaktion. Zeigen Sie, dass es sich dabei um eine Redoxreaktion handelt. **5 VP**

20 VP

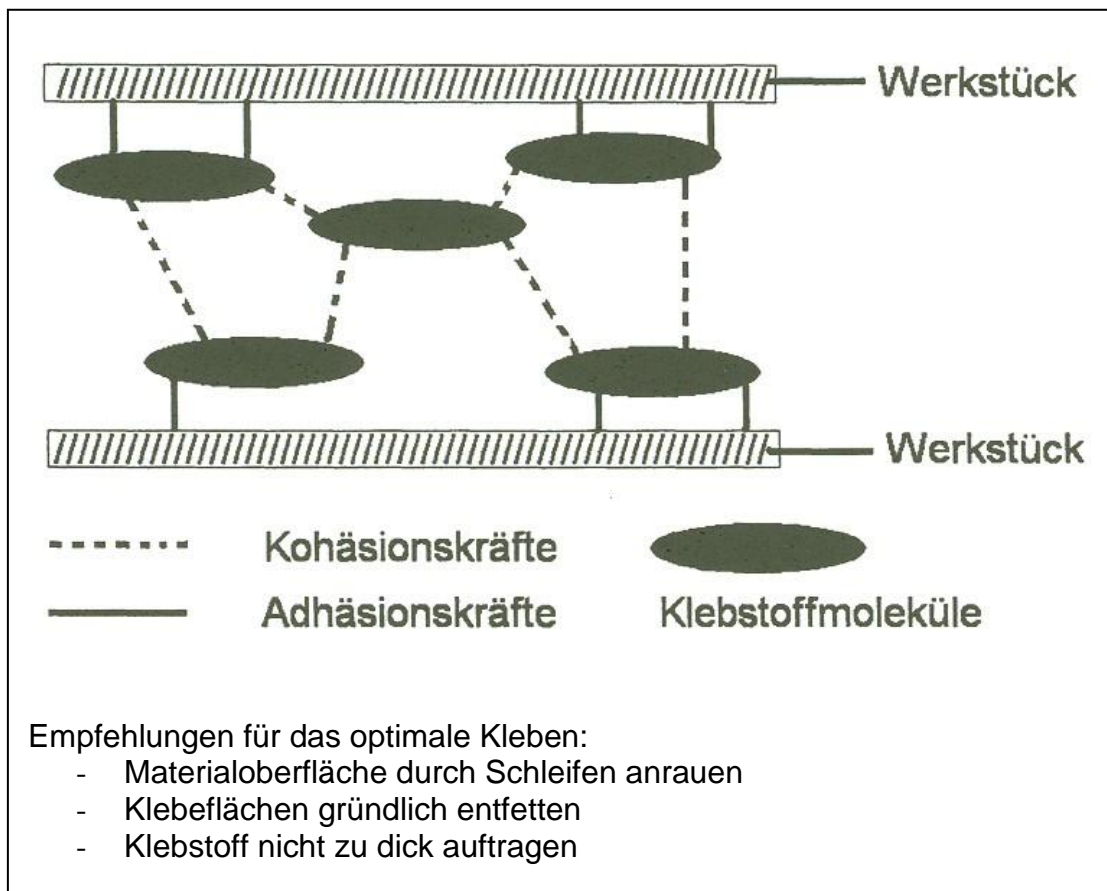
Aufgabe 3

- 1 Vinylacetat ist eine farblose, süßlich riechende Flüssigkeit, die als Ausgangsstoff für die Herstellung von Polyvinylacetat (PVAc) eingesetzt wird.



Vinylacetat

Polyvinylacetat findet u.a. als Klebstoff Verwendung. So ist UHU[®]-Alleskleber eine 40%-ige Lösung von Polyvinylacetat in organischen Lösemitteln. Nachfolgende Abbildung enthält einen Auszug aus der Produktinformation des Klebstoffherstellers.



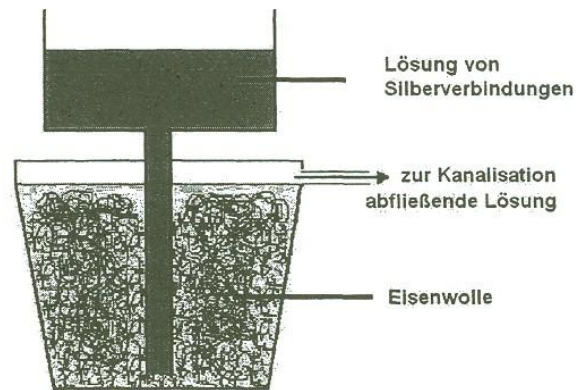
- 1.1 Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus zur Herstellung des Polymers PVAc. Verwenden Sie dabei Strukturformeln mit bindenden und nicht-bindenden Elektronenpaaren.
Benennen Sie den Reaktionstyp.
Begründen Sie die Entropieänderung im Verlauf der Polyreaktion. **5 VP**
- 1.2 Erklären Sie die in der Produktinformation verwendeten Begriffe Kohäsionskräfte und Adhäsionskräfte am Beispiel zweier Holzplättchen, die mit einer Schicht UHU[®]-Alleskleber verklebt werden.
Benennen Sie die dabei auftretenden zwischenmolekularen Kräfte und bewerten Sie diese nach ihrer Stärke. Gehen Sie davon aus, dass Holz zu einem Großteil aus Cellulose besteht.
Begründen Sie die in der Produktinformation genannten Empfehlungen für das optimale Kleben. **6 VP**
- 2 Eine Probe des festen Kunststoffes PVAc wird in einem Reagenzglas zunächst erwärmt und dann erhitzt. Im oberen Teil des Reagenzglases wird ein Stück feuchtes Indikatorpapier befestigt.
Nennen und erklären Sie die Beobachtungen. **3 VP**
- 3 Während bei dem oben genannten Klebstoff das fertige Polymer schon vor der Anwendung vorliegt, findet bei den Reaktionsklebstoffen die Bildung des Polymers erst bei der Anwendung statt.
Ausgangsstoffe für einen Reaktionsklebstoff können Hexan-1,6-diisocyanat und Butan-1,4-diol sein.
Geben Sie für die beiden Monomere je eine Strukturformel mit bindenden und nichtbindenden Elektronenpaaren an und zeichnen Sie einen Strukturformelausschnitt aus dem daraus gebildeten Kunststoffmolekül, welcher mindestens drei Monomere enthält.
Benennen Sie den Reaktionstyp. **4 VP**
- 4 Aus dem Kunststoff PVAc lässt sich ein weiterer Kunststoff, Polyvinylalkohol (PVA, Polyethenol), herstellen. Dieser wasserlösliche Kunststoff findet u.a. Verwendung in Augentropfen.
Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung für die Herstellung von PVA aus PVAc. Verwenden Sie Strukturformelausschnitte bzw. Strukturformeln und benennen Sie den Reaktionstyp. **2 VP**

20 VP

Aufgabe 4

In der Schwarzweiß-Fotografie spielen Silber und seine Verbindungen eine wichtige Rolle. Bei der Entwicklung solcher Fotos fallen erhebliche Mengen gelöster Silberverbindungen an. Aus ökologischen und ökonomischen Gründen ist es sinnvoll, aus diesen Rückständen Silber zurück zu gewinnen.

Für diese Art der Silbergewinnung ist der Einsatz des so genannten „Eisenwolle-Eimers“ eine geeignete Methode. Dabei leitet man, wie in der nebenstehenden Abbildung gezeigt, die gelösten Silberverbindungen durch den Eimer. Die abfließende Lösung kann anschließend über die Kanalisation entsorgt werden.



Schematische Darstellung eines
"Eisenwolle-Eimers"

- 1.1 Erläutern Sie die chemischen Vorgänge für diese Art der Silbergewinnung und formulieren Sie dazu auch eine Reaktionsgleichung. **4 VP**

- 1.2 Fertigen Sie eine beschriftete Skizze einer galvanischen Zelle an, in der die entsprechenden Vorgänge wie im Eimer ablaufen können. Gehen Sie dabei von Standardbedingungen aus.
 Berechnen Sie die Spannung, die an diesem galvanischen Element gemessen werden kann.
 Erklären Sie, warum es nicht möglich ist, diese Spannung im Eimer zu messen. **4 VP**

- 1.3 Berechnen Sie die Masse an elementarem Silber, die durch den Umsatz von einem Kilogramm Eisenwolle gewonnen werden kann. **3 VP**

- 2 Das Vorhandensein von Silberverbindungen in der abfließenden Lösung kann durch Reaktion mit einer Kochsalzlösung, bei der ein Niederschlag entsteht, überprüft werden.
 Formulieren Sie eine für diese Reaktion geeignete Gleichung und benennen Sie den entstehenden Niederschlag. **2 VP**

- 3 Zur Gewinnung des Silbers aus dem zurückbleibenden Eisenwolle-Silber-Gemisch im Eimer muss dieses aufgearbeitet werden. Dazu wird in einem ersten Schritt verdünnte Schwefelsäure zugegeben.
 Formulieren Sie für die dabei ablaufende Reaktion eine Reaktionsgleichung.
 Beschreiben Sie das weitere Vorgehen. **3 VP**

- 4 Zur Gewinnung von Metallen aus Salzlösungen wird häufig ein anderes elektrochemisches Verfahren angewandt. Dieses kann auch für die Gewinnung von Silber aus der bei der Entwicklung von Fotos anfallenden Silbersalz-Lösung eingesetzt werden.

Erläutern Sie dieses Verfahren unter Verwendung einer beschrifteten Skizze.

4 VP

20 VP

Periodensystem der Elemente																																																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII										VII	VIII																														
1	1,0 H 1 2,1																	4,0 He 2																															
2	6,9 Li 3 1,0 4 1,5	9,0 Be																19,0 F 9 4,0 10																															
3	23,0 Na 11 0,9 12 1,2	24,3 Mg																32,1 S 16 2,5 17 3,0 18																															
4	39,1 K 19 0,8 20 1,0	40,1 Ca	45,0 Sc	47,9 Ti	50,9 V	52,0 Cr	54,9 Mn	55,8 Fe	58,9 Co	58,7 Ni	63,5 Cu	65,4 Zn	72,6 Ge	74,9 As	79,0 Se	79,9 Br	83,8 Kr																																
5	85,5 Rb 37 0,8 38 1,0	87,6 Sr	88,9 Y	91,2 Zr	92,9 Nb	95,9 Mo	(98) Tc	101,1 Ru	102,9 Rh	106,4 Pd	107,9 Ag	112,4 Cd	114,8 In	121,8 Sb	127,6 Te	126,9 I	131,3 Xe																																
6	132,9 Cs 55 0,7 56 0,9	137,3 Ba	La-Lu 57-71	178,5 Hf	180,9 Ta	183,8 W	186,2 Re	190,2 Os	192,2 Ir	195,1 Pt	197,0 Au	200,6 Hg	204,4 Tl	207,2 Pb	209,0 Bi	(210) At	(222) Rn																																
7	(223) Fr 87 0,7 88 0,9	(226) Ra	Ac-Lr 89-103	(260) Rf	(260) Db	(266) Sg	(262) Bh	(265) Hs	(268) Mt	(273) Ds	(272) Rg																																						
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>mittlere Atommasse in u</p> <p>Au 79 2,4</p> <p>197,0</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Ordnungszahl</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Elektronegativität (PAULING)</p> </div> </div>																																																	
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%;">Lanthaniden</td> <td>La 57 1,1</td> <td>Ce 58 1,1</td> <td>Pr 59 1,1</td> <td>Nd 60 1,2</td> <td>Pm 61</td> <td>Sm 62 1,2</td> <td>Eu 63</td> <td>Gd 64 1,1</td> <td>Tb 65 1,2</td> <td>Dy 66 1,2</td> <td>Ho 67 1,2</td> <td>Er 68 1,2</td> <td>Tm 69 1,2</td> <td>Yb 70 1,1</td> <td>Lu 71 1,2</td> </tr> <tr> <td>Actiniden</td> <td>Ac 89 1,1</td> <td>Th 90 1,3</td> <td>Pa 91 1,5</td> <td>U 92 1,7</td> <td>Np 93 1,3</td> <td>Pu 94 1,3</td> <td>Am 95 1,3</td> <td>Cm 96</td> <td>Bk 97</td> <td>Cf 98</td> <td>Es 99</td> <td>Fm 100</td> <td>Md 101</td> <td>No 102</td> <td>Lr 103</td> </tr> </table>																		Lanthaniden	La 57 1,1	Ce 58 1,1	Pr 59 1,1	Nd 60 1,2	Pm 61	Sm 62 1,2	Eu 63	Gd 64 1,1	Tb 65 1,2	Dy 66 1,2	Ho 67 1,2	Er 68 1,2	Tm 69 1,2	Yb 70 1,1	Lu 71 1,2	Actiniden	Ac 89 1,1	Th 90 1,3	Pa 91 1,5	U 92 1,7	Np 93 1,3	Pu 94 1,3	Am 95 1,3	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103
Lanthaniden	La 57 1,1	Ce 58 1,1	Pr 59 1,1	Nd 60 1,2	Pm 61	Sm 62 1,2	Eu 63	Gd 64 1,1	Tb 65 1,2	Dy 66 1,2	Ho 67 1,2	Er 68 1,2	Tm 69 1,2	Yb 70 1,1	Lu 71 1,2																																		
Actiniden	Ac 89 1,1	Th 90 1,3	Pa 91 1,5	U 92 1,7	Np 93 1,3	Pu 94 1,3	Am 95 1,3	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103																																		

Säurekonstanten bei 25° C

Säure	K_s in mol · L ⁻¹	p <i>K_s</i>
HI	10 ⁸	- 8
HBr	10 ⁶	- 6
HCl	10 ⁶	- 6
H ₂ SO ₄	1000	- 3
H ₃ O ⁺	54,95	- 1,74
HNO ₃	19,95	- 1,30
HSO ₄ ⁻	1,02 · 10 ⁻²	1,99
H ₂ SO ₃	1,38 · 10 ⁻²	1,86
H ₃ PO ₄	7,08 · 10 ⁻³	2,15
HNO ₂	7,08 · 10 ⁻⁴	3,15
HF	6,76 · 10 ⁻⁴	3,17
HCOOH	1,82 · 10 ⁻⁴	3,74
C ₆ H ₅ COOH	6,31 · 10 ⁻⁵	4,20
CH ₃ COOH	1,74 · 10 ⁻⁵	4,76
H ₂ CO ₃ (CO ₂ + H ₂ O)	4,47 · 10 ⁻⁷	6,35
H ₂ S	9,55 · 10 ⁻⁸	7,02
HSO ₃ ⁻	6,46 · 10 ⁻⁸	7,19
H ₂ PO ₄ ⁻	6,31 · 10 ⁻⁸	7,20
HCN	6,17 · 10 ⁻¹⁰	9,21
NH ₄ ⁺	5,75 · 10 ⁻¹⁰	9,24
C ₆ H ₅ OH	1,05 · 10 ⁻¹⁰	9,98
HCO ₃ ⁻	4,68 · 10 ⁻¹¹	10,33
HPO ₄ ²⁻	4,17 · 10 ⁻¹³	12,38
HS ⁻	1,26 · 10 ⁻¹⁴	13,90
H ₂ O	1,80 · 10 ⁻¹⁶	15,74
NH ₃	1,00 · 10 ⁻²³	23,00
OH ⁻	1,00 · 10 ⁻²⁴	24,00

Elektrodenpotenziale bei 25° C in wässrigen Lösungen *)

Reduzierte Form	Oxidierter Form	Potenzial in Volt
Li	Li ⁺	- 3,04
K	K ⁺	- 2,94
Ca	Ca ²⁺	- 2,87
Na	Na ⁺	- 2,71
Mg	Mg ²⁺	- 2,36
Al	Al ³⁺	- 1,68
Mn	Mn ²⁺	- 1,18
H ₂ + 2 OH ⁻	2 H ₂ O	- 0,83
Zn	Zn ²⁺	- 0,76
Cr	Cr ³⁺	- 0,74
S ²⁻	S (s)	- 0,45
Fe	Fe ²⁺	- 0,44
H ₂ + 2 OH ⁻	2 H ₂ O	- 0,41 (bei pH = 7)
Pb + SO ₄ ²⁻	PbSO ₄ (s)	- 0,36
Co	Co ²⁺	- 0,28
Ni	Ni ²⁺	- 0,24
Pb	Pb ²⁺	- 0,13
H ₂	2 H ⁺	0,00
Cu	Cu ²⁺	+ 0,34
4 OH ⁻	O ₂ + 2 H ₂ O	+ 0,40
2 I ⁻	I ₂	+ 0,54
H ₂ O ₂	O ₂ + 2 H ⁺	+ 0,68
Ag	Ag ⁺	+ 0,80
2 H ₂ O	O ₂ + 4 H ⁺	+ 0,83 (bei pH = 7)
2 Br ⁻	Br ₂	+ 1,10
Pt	Pt ²⁺	+ 1,18
2 H ₂ O	O ₂ + 4 H ⁺	+ 1,23
2 Cl ⁻	Cl ₂	+ 1,36
Au	Au ³⁺	+ 1,42
Pb ²⁺ + 2 H ₂ O	PbO ₂ (s) + 4 H ⁺	+ 1,47
PbSO ₄ (s) + 2 H ₂ O	PbO ₂ (s) + SO ₄ ²⁻ + 4 H ⁺	+ 1,68
2 H ₂ O	H ₂ O ₂ + 2 H ⁺	+ 1,76
2 F ⁻	F ₂	+ 2,89

*) Wenn nicht anders angegeben, liegen Standardbedingungen vor.

Thermodynamische Daten bei Standardbedingungen

	$\Delta_f H^0$ in $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	S^0 in $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$		$\Delta_f H^0$ in $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	S^0 in $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
$\text{H}_2(\text{g})$	0	131	$\text{CH}_4(\text{g})$	-74	186
$\text{H}^+(\text{aq})$	0	0	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	-84	230
$\text{O}_2(\text{g})$	0	205	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	-105	270
$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-286	70	$\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$	-126	310
$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	-242	189	$\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})$	-250	361
$\text{C}(\text{s})$ Graphit	0	6			
$\text{CO}(\text{g})$	-111	198	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	52	220
$\text{CO}_2(\text{g})$	-394	214			
			$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$	228	201
$\text{N}_2(\text{g})$	0	192			
$\text{N}_2\text{O}(\text{g})$	82	220			
$\text{NO}(\text{g})$	90	211			
$\text{NO}_2(\text{g})$	33	240	$\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$	-238	127
$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	9	304	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$	-277	161
$\text{HNO}_3(\text{l})$	-174	156			
$\text{NH}_3(\text{g})$	-46	193	$\text{HCHO}(\text{g})$	-109	219
			$\text{CH}_3\text{CHO}(\text{g})$	-166	264
$\text{S}(\text{s})$	0	32	$\text{CH}_3\text{COCH}_3(\text{l})$	-248	200
$\text{SO}_2(\text{g})$	-297	248			
$\text{SO}_3(\text{g})$	-396	257	$\text{HCOOH}(\text{l})$	-409	128
$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$	-814	157	$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l})$	-487	160
			$\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})$	49	173
			$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3(\text{l})$	12	220
			$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}(\text{s})$	-155	142
			$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2(\text{l})$	35	192
			$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2(\text{l})$	104	180
			Glucose (s)	-1273	212
			Saccharose (s)	-2222	360