

Analytische Chemie

B. Sc. Chemieingenieurwesen

15. September 2022, 13.00 – 16.00 Uhr

Dr. Stephanie Möller, Prof. Dr. Thomas Jüstel

Name: _____

Matrikelnummer: _____

Geburtsdatum: _____

Denken Sie an eine korrekte Angabe des Lösungsweges und der Endergebnisse. Versehen Sie alle Größen mit SI-Einheiten. Bei Grafiken sind die Achsen ordnungsgemäß zu beschriften. Richten Sie alle Reaktionsgleichungen vollständig mit ganzzahligen Koeffizienten ein. Sofern bei einer Reaktion charakteristische Beobachtungen (Farbe, Niederschlag, Gasentwicklung, usw.) typisch sind, sollen diese kurz beschrieben werden. Bitte verwenden Sie für die Lösung nur diese Aufgabenblätter (notfalls auch die Rückseite)!

Dauer der Prüfung: 180 Minuten

Hilfsmittel: Periodensystem, Taschenrechner, beigelegte Formelsammlung

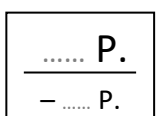
Punkteverteilung

Aufgabe 1: 20 Punkte
Aufgabe 2: 20 Punkte
Aufgabe 3: 10 Punkte
Aufgabe 4: 10 Punkte
Aufgabe 5: 10 Punkte
Aufgabe 6: 10 Punkte
Aufgabe 7: 10 Punkte
Aufgabe 8: 10 Punkte
Summe: 100 Punkte

Notenskala

1,0 95 – 100 Punkte
1,3 90 – 94 Punkte
1,7 85 – 89 Punkte
2,0 80 – 84 Punkte
2,3 75 – 79 Punkte
2,7 70 – 74 Punkte
3,0 65 – 69 Punkte
3,3 60 – 64 Punkte
3,7 55 – 59 Punkte
4,0 50 – 54 Punkte
5,0 0 – 49 Punkte

Viel Erfolg!



Aufgabe 1: Löslichkeit, Löslichkeitsprodukt und Stöchiometrie**20 Punkte**

Bearbeitung der Aufgabenteile 1a) und 1b) bitte auf der nachfolgenden leeren Seite!

- a) Die Gleichung $K_L = c^2 (A^{n+}) \cdot c^3 (B^{m-})$ beschreibt das Lösungsgleichgewicht für ein Salz welcher allgemeinen Zusammensetzung? Nennen Sie ein Beispiel für ein schwerlösliches Salz mit dieser Zusammensetzung! Welche Einheit hat K_L ? Wie wird der pK_L -Wert berechnet?

(4 Punkte)

- b) In 250 ml Wasser lösen sich 0,253 mg Aluminiumhydroxid ($Al(OH)_3$).

- (1) Wie groß ist das Löslichkeitsprodukt K_L ?

(4 Punkte)

- (2) Die geringe Löslichkeit von Aluminium in wässrigen Lösungen ist auf pH-Werte um den Neutralpunkt begrenzt. Sowohl im stark alkalischen als auch im stark sauren wässrigen Medium ist Aluminium gut löslich. Erläutern Sie dies und nehmen Sie dazu auch Formeln der jeweiligen Aluminium-Spezies zu Hilfe.

(3 Punkte)

- c) Vervollständigen Sie folgende Tabelle zur Löslichkeit von Salzen, indem Sie für jedes Salz ($SrCl_2$, $FeCl_2$, Na_2SO_4 , $SrSO_4$ und $FeSO_4$ analog zum Beispiel $NaCl$ in das jeweilige Feld der Tabelle für schwerlösliche Verbindungen ein S und für leichtlösliche Verbindungen ein L eintragen!

(5 Punkte)

	Na^+	Sr^{2+}	Fe^{2+}
Cl^-	L		
SO_4^{2-}			

- d) Eine organische Verbindung mit einer Molmasse von 144,13 g/mol ergibt bei der Elementaranalyse die tabellierten Werte. Ermitteln Sie die Summenformel der Verbindung!

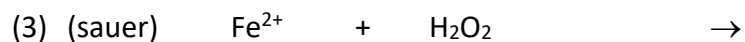
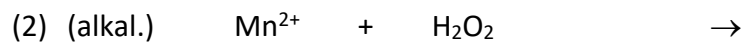
(4 Punkte)

Element	C	O	H
Massenanteil (%)	50,0	44,4	5,6

Lösungen der Aufgabenteile 1a) und 1b)

Aufgabe 2: Redoxreaktionen**20 Punkte**

- a) Vervollständigen Sie die folgenden Redoxgleichungen, die in der qualitativen Analyse von Bedeutung sind! (je 4 Punkte)



- b) Sie haben eine Chrom(III)-Lösung und eine Mangan(II)-Lösung hergestellt und sind nicht sicher, ob die Flaschen richtig beschriftet sind. Als weitere Chemikalie steht Ihnen nur eine saure Lösung von Diammoniumperoxodisulfat zur Verfügung. Wie können Sie die beiden Lösungen der Kationen identifizieren? Stellen Sie die beiden entsprechenden Reaktionsgleichungen auf und geben Sie an, welche Beobachtungen welche Schlüsse zulassen! (8 Punkte)

Aufgabe 3: pH-Wert-Berechnungen

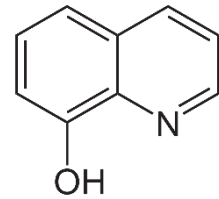
10 Punkte

- a) Zeichnen Sie die Titrationskurven inkl. Neutral- und Äquivalenzpunkt für die Titration einer mittelstarken Säure mit einer schwachen Base. Warum ist diese für die quantitative Analytik nur bedingt geeignet? Gehen Sie dabei auch auf die Indizierung des Titrationsendpunktes ein. (4 Punkte)
- b) In welchem Volumenverhältnis müssen zwei gleich konzentrierte Lösungen von Ameisensäure (HCOOH) und ihrem Salz Natriumformiat (HCOONa) gemischt werden, um eine Pufferlösung mit dem pH-Wert 3,5 zu erhalten? ($pK_s = 3,77$)? (4 Punkte)
- c) Erläutern Sie qualitativ (Reaktionsgleichung!), warum und in welche Richtung der pH-Wert der Lösung von (b) sich verändert, wenn die Konzentration an Natriumformiat erhöht wird. (2 Punkte)

Aufgabe 4: Gravimetrie

10 Punkte

- a) Was versteht man unter dem stöchiometrischen Faktor?
Berechnen Sie diesen für den Komplex $[Al(Ox)_3]$ bestehend aus Al^{3+} und 8-Hydroxychinolin (HOx, Strukturformel rechts) und für das Wägeprodukt Aluminiumoxid, wenn Aluminium der Analyt ist. Ist ein großer oder kleiner stöchiometrischer Faktor erstrebenswert? Begründen Sie Ihre Antwort! (7 Punkte)



- b) Im Zuge einer gravimetrischen Analyse frisch gefälltes Bariumsulfat ($BaSO_4$) muss vor dem Trocknen und Auswiegen gewaschen werden. Zur Verfügung stehen demineralisiertes Wasser und 0,05 M H_2SO_4 . Wie gehen Sie vor? Begründen Sie Ihre Wahl! (3 Punkte)

Aufgabe 5: Volumetrie

10 Punkte

- a) Für welche Art von Analysen wird Kaliumpermanganat in der Volumetrie eingesetzt? Welche Voraussetzung muss also der Analyt aufweisen? Nennen Sie zwei Vorteile, die volumetrische Analysen mit Kaliumpermanganat aufweisen. (4 Punkte)
- b) Die Anwendung der Manganometrie als volumetrisches Analyseverfahren ist an bestimmte Voraussetzungen gebunden. Sind die folgenden Aussagen wahr oder falsch? Begründen Sie kurz ihre Einordnung! (je 2 Punkte)

(1) Das Redoxpotenzial des Permanganat-Anions ist nicht vom pH-Wert abhängig.

(2) Für eine Umsetzung im Säuern sollte Salzsäure zur Einstellung des pH-Wertes eingesetzt werden.

(3) Lösungen von Kaliumpermanganat sind nicht langzeitstabil, der Titerfaktor muss vor jeder Anwendung erneut bestimmt werden.

Aufgabe 6: Einzelnachweise

10 Punkte

Stellen Sie für die folgenden Ionen dar, wie diese eindeutig nachgewiesen werden können!
Geben Sie die Reaktionsgleichung(en) an und nennen Sie wesentliche Beobachtungen!

(je 2 Punkte)

a) Acetat-Anion

b) Barium-Kation

c) Borat-Anion

d) Cadmium-Kation

e) Kupfer(II)-Kation

Aufgabe 7: Kationennachweise

10 Punkte

Eine Lösung enthält die Kationen Ag^+ , Hg^{2+} , Al^{3+} und Cr^{3+} .

- a) Erläutern Sie, wie diese Ionen voneinander getrennt werden können! (6 Punkte)
- b) Geben Sie für alle vier Kationen jeweils eine Nachweisreaktion mit der entsprechenden Reaktionsgleichung an. (4 Punkte)

Aufgabe 8: Bestimmung einer unbekanntes Substanz

10 Punkte

a) Um welche Verbindung (Name und Formel) handelt es sich bei einer unbekanntes Substanz, für welche die unten stehenden Befunde notiert wurden? (2 Punkte)

b) Geben Sie jeweils die Reaktionsgleichungen zur Erklärung der unten bestehenden Befunde an! (je 2 Punkte)

Befunde:

1. Wird die farblose Substanz in Wasser gelöst und erfolgt die Zugabe von verdünnter Perchlorsäure, bildet sich ein farbloses Niederschlag.

2. Die Substanz weist eine fahlviolette Flammenfärbung auf.

3. Werden zu der wässrigen Lösung einige wenige Tropfen einer FeCl_3 -Lösung gegeben, so färbt sich die Lösung tiefrot.

4. Nach tropfenweiser Zugabe einer CoCl_2 -Lösung und von Amylalkohol färbt sich die organische Phase blau.

..... P.
— P.

Periodensystem der Elemente
<http://www.pse-online.de>

Benennung mit Haupt- und Nebengruppen
 IUPAC – Empfehlung
 Von Chemical Abstracts Service bis 1986 verwendet

1
1. Hg IA

2
2. Hg IIA

3
3. Ng

4
4. Ng

5
5. Ng

6
6. Ng

7
7. Ng

8
8. Ng

9
8. Ng

10
8. Ng

11
1. Ng

12
2. Ng IIA

Relative Atommasse
[Massenzahl des leichtesten Isotops]

Ordnungszahl

Schmelzpunkt [°C]

Siedepunkt [°C]

Elementname

243,0614
[Rn]5f⁷7s² *
Künstliches Element
Elektronenkonfiguration

95Am
Elementsymbol

Oxidationszahlen (häufigste)
3, 4, 5, 6

Elektronegativität
~1,2

Erste Ionisierungsenergie [eV]
6,0

Elementensymbol:

Tc = kein stabiles Isotop bekannt

N = gasförmig

Br = flüssig (bei 20 °C)

Am = fest

1	1,00794 1s ¹ 1H -259 -253 Wasserstoff	2	18	4,002602 1s ² 2He -272 -269 Helium
1	6,941 [He]2s ¹ 3Li 181 1317 Lithium	2	13	20,1797 [He]2s ² 2p ¹ 5B 2300 2550 Bor
2	9,012182 [He]2s ² 4Be 1278 2970 Beryllium	3	14	12,0107 [He]2s ² 2p ² 6C 3550 4827 Kohlenstoff
3	22,989770 [Ne]3s ¹ 11Na 98 892 Natrium	4	15	14,00674 [He]2s ² 2p ³ 7N 210 14,5 Stickstoff
4	24,3050 [Ne]3s ² 12Mg 649 1107 Magnesium	5	16	15,9994 [He]2s ² 2p ⁴ 8O -183 13,6 Sauerstoff
5	39,0983 [Ar]4s ¹ 19K 64 774 Kalium	6	17	18,9984032 [He]2s ² 2p ⁵ 9F -220 17,4 Fluor
6	40,078 [Ar]4s ² 20Ca 839 1487 Calcium	7	18	20,1797 [He]2s ² 2p ⁶ 10Ne -249 -246 Neon
7	44,955910 [Ar] 3d ¹ 4s ² 21Sc 1539 2832 Scandium	8	19	26,981538 [Ne]3s ³ p ¹ 13Al 2300 2550 Aluminium
8	47,867 [Ar] 3d ² 4s ² 22Ti 1660 3260 Titan	9	20	28,0855 [Ne]3s ³ p ² 14Si 1410 2355 Silicium
9	50,9415 [Ar] 3d ³ 4s ² 23V 1890 3380 Vanadium	10	21	30,973761 [Ne]3s ³ p ³ 15P 44 280 Phosphor
10	51,9961 [Ar] 3d ⁴ 4s ¹ 24Cr 1857 2482 Chrom	11	22	32,066 [Ne]3s ³ p ⁴ 16S 113 445 Schwefel
11	54,938049 [Ar] 3d ⁵ 4s ¹ 25Mn 1244 2097 Mangan	12	23	35,4527 [Ne]3s ³ p ⁵ 17Cl -101 -35 Chlor
12	55,845 [Ar] 3d ⁶ 4s ² 26Fe 1535 2750 Eisen	13	24	39,948 [Ne]3s ³ p ⁶ 18Ar -189 -186 Argon
13	58,93320 [Ar] 3d ⁶ 4s ² 27Co 1495 2870 Cobalt	14	25	83,80 [Kr] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ 36Kr -157 -152 Krypton
14	58,93320 [Ar] 3d ⁷ 4s ² 28Ni 1453 2732 Nickel	15	26	85,4678 [Kr] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ 37Rb 39 688 Rubidium
15	63,546 [Ar] 3d ⁸ 4s ¹ 29Cu 1084 2595 Kupfer	16	27	87,62 [Kr] 3d ¹⁰ 4s ² 38Sr 769 1384 Strontium
16	65,39 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 30Zn 420 907 Zink	17	28	88,90585 [Kr] 4d ¹ 5s ² 39Y 1523 3337 Yttrium
17	69,723 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹ 31Ga 30 2403 Gallium	18	29	91,224 [Kr] 4d ² 5s ² 40Zr 1852 4377 Zirkonium
18	72,61 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ² 32Ge 937 2830 Germanium	19	30	92,90638 [Kr] 4d ⁵ 5s ¹ 41Nb 2172 5030 Niobium
19	74,92160 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ³ 33As 613(subl.) 9,8 Arsen	20	31	95,94 [Kr] 4d ⁶ 5s ¹ 42Mo 2617 5560 Molybdän
20	78,96 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴ 34Se 217 685 Selen	21	32	98 [Kr] 4d ⁶ 5s ¹ 43Tc 2172 5030 Technetium
21	79,904 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵ 35Br 210 59 Brom	22	33	101,07 [Kr] 4d ⁷ 5s ¹ 44Ru 1966 3727 Ruthenium
22	83,80 [Kr] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ 36Kr -157 -152 Krypton	23	34	102,90550 [Kr] 4d ⁷ 5s ² 45Rh 1966 3727 Rhodium
23	85,4678 [Kr] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ 37Rb 39 688 Rubidium	24	35	106,42 [Kr] 4d ¹⁰ 46Pd 1552 3140 Palladium
24	87,62 [Kr] 3d ¹⁰ 4s ² 38Sr 769 1384 Strontium	25	36	107,8682 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ¹ 47Ag 962 2140 Silber
25	88,90585 [Kr] 4d ¹ 5s ² 39Y 1523 3337 Yttrium	26	37	112,411 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 48Cd 321 765 Cadmium
26	91,224 [Kr] 4d ² 5s ² 40Zr 1852 4377 Zirkonium	27	38	114,818 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹ 49In 157 2080 Indium
27	92,90638 [Kr] 4d ⁵ 5s ¹ 41Nb 2172 5030 Niobium	28	39	118,710 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ² 50Sn 232 5,8 Zinn
28	95,94 [Kr] 4d ⁶ 5s ¹ 42Mo 2617 5560 Molybdän	29	40	121,760 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ³ 51Sb 631 1750 Antimon
29	98 [Kr] 4d ⁶ 5s ¹ 43Tc 2172 5030 Technetium	30	41	127,60 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴ 52Te 450 8,6 Tellur
30	101,07 [Kr] 4d ⁷ 5s ¹ 44Ru 1966 3727 Ruthenium	31	42	126,90447 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵ 53I 114 184 Iod
31	102,90550 [Kr] 4d ⁷ 5s ² 45Rh 1966 3727 Rhodium	32	43	131,29 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶ 54Xe -112 -107 Xenon
32	106,42 [Kr] 4d ¹⁰ 46Pd 1552 3140 Palladium	33	44	132,90545 [Xe] 6s ¹ 55Cs 28 690 Cäsium
33	107,8682 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ¹ 47Ag 962 2140 Silber	34	45	137,327 [Xe] 6s ² 56Ba 725 1640 Barium
34	112,411 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 48Cd 321 765 Cadmium	35	46	178,49 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ² 72Hf 2150 5400 Hafnium
35	114,818 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹ 49In 157 2080 Indium	36	47	180,9479 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ² 6s ² 73Ta 3180 5627 Tantal
36	118,710 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ² 50Sn 232 5,8 Zinn	37	48	183,84 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ² 74W 3407 5927 Wolfram
37	121,760 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ³ 51Sb 631 1750 Antimon	38	49	186,207 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ² 75Re 3180 5627 Rhenium
38	126,90447 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴ 52Te 450 8,6 Tellur	39	50	190,23 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ² 76Os 3180 5627 Osmium
39	131,29 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶ 54Xe -112 -107 Xenon	40	51	192,217 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ² 77Ir 2410 4130 Iridium
40	132,90545 [Xe] 6s ¹ 55Cs 28 690 Cäsium	41	52	195,078 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁸ 6s ¹ 78Pt 1772 3827 Platin
41	137,327 [Xe] 6s ² 56Ba 725 1640 Barium	42	53	196,96655 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹ 79Au 1064 2940 Gold
42	178,49 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ² 72Hf 2150 5400 Hafnium	43	54	200,59 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 80Hg 321 357 Quecksilber
43	180,9479 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ² 6s ² 73Ta 3180 5627 Tantal	44	55	204,3833 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹ 81Tl 304 1457 Thallium
44	183,84 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ² 74W 3407 5927 Wolfram	45	56	207,2 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ² 82Pb 6,1 1740 Blei
45	186,207 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ² 75Re 3180 5627 Rhenium	46	57 – 71	208,98038 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³ 83Bi 271 1560 Bismut
46	190,23 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ² 76Os 3180 5627 Osmium	47	72Hf	[209] [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴ 84Po 2,4, 6 2,4, 6 Polonium
47	192,217 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ² 77Ir 2410 4130 Iridium	48	73Ta	[210] [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵ 85At -1, 1, 3, 5, 7 -1, 1, 3, 5, 7 Astat
48	195,078 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁸ 6s ¹ 78Pt 1772 3827 Platin	49	74W	[222] [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶ 86Rn 2 2 Radon
49	196,96655 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹ 79Au 1064 2940 Gold	50	75Re	
50	200,59 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 80Hg 321 357 Quecksilber	51	76Os	
51	204,3833 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹ 81Tl 304 1457 Thallium	52	77Ir	
52	207,2 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ² 82Pb 6,1 1740 Blei	53	78Pt	
53	208,98038 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³ 83Bi 271 1560 Bismut	54	79Au	
54	[209] [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴ 84Po 2,4, 6 2,4, 6 Polonium	55	80Hg	
55	[210] [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵ 85At -1, 1, 3, 5, 7 -1, 1, 3, 5, 7 Astat	56	81Tl	
56	[222] [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶ 86Rn 2 2 Radon	57 – 71	82Pb	
57 – 71	89 – 103 Actinoide	58	83Bi	
58	104Rf	59	84Po	
59	105Db	60	85At	
60	106Sg	61	86Rn	
61	107Bh	62	87Fr	
62	108Hs	63	88Ra	
63	109Mt	64	89Ac	
64	110Ds	65	90Th	
65	111Uuu	66	91Pa	
66	112Uub	67	92U	
67	113Uut	68	93Np	
68	114Uuq	69	94Pu	
69	115Uup	70	95Am	
70	116Uuh	71	96Cm	
71	117Uus	72	97Bk	
72	118Uuo	73	98Cf	
73		74	99Es	
74		75	100Fm	
75		76	101Md	
76		77	102No	
77		78	103Lr	

*Die Elemente mit den Ordnungszahlen 112 – 118 wurden noch nicht synthetisiert bzw. von der IUPAC offiziell anerkannt!

Formeln und Konstanten

Formeln:

Energie: $E = m \cdot c^2 = h \cdot \nu$

Allgemeine Gasgleichung: $pV = nRT$

Ionenladungsdichte: $ILD = \frac{z \cdot e}{\frac{4}{3}\pi \cdot r^3}$ z Ladungszahl des Ions

Gleichgewichtskonstante: $K = \frac{c^c(C) \cdot c^d(D)}{c^a(A) \cdot c^b(B)}$ $a A + b B \rightleftharpoons c C + d D$

Dichte: $\rho = \frac{m}{V}$

Molare Masse: $M = \frac{m}{n}$

Stoffmengenkonzentration: $c = \frac{n}{V}$

Massenkonzentration: $\beta = \frac{m}{V}$

Massenanteil: $w = \frac{a \cdot F}{e} \cdot 100 \%$

Titerfaktor: $t = F = \frac{c_{ist}}{c_{soll}}$

Stöchiometrischer Faktor: $F = \frac{M(\text{Analyt})}{M(\text{Wägeprodukt})}$ (auch gravimetrischer Faktor)

Ionenprodukt des Wassers: $c(H^+) \cdot c(OH^-) = 10^{-14} \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}}\right)^2 \Leftrightarrow pH + pOH = 14$

pH-Wert: $pH = -\log(c(H^+))$

pOH-Wert: $pH = -\log(c(OH^-))$

pH-Werte von Säuren: $pH = -\log(c_0(HA) + 10^{-7})$ sehr stark mit $pK_S < -1,74$

$$pH = -\log\left(-\frac{K_S}{2} + \sqrt{\frac{K_S^2}{4} + K_S \cdot c_0(HA)}\right)$$
 stark mit $-1,74 < pK_S < 4,5$

$$pH = \frac{1}{2}(pK_S - \log(c_0(HA)))$$
 mittelstark mit $4,5 < pK_S < 9,5$

$$pH = -\frac{1}{2} \cdot \log(K_S \cdot c_0(HA) + K_w)$$
 (sehr) schwach mit $pK_S > 9,5$

Henderson-Hasselbalch-Gleichung $pH = pK_S + \log \frac{c(A^-)}{c(HA)}$

Konstanten:

Avogadro-Konstante: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Elementarladung: $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Faraday-Konstante: $F = 96.485 \frac{\text{C}}{\text{mol}}$

Ionenprodukt des Wassers: $K_W = 10^{-14} \frac{\text{mol}^2}{\text{l}^2}$

Lichtgeschwindigkeit: $c = 2,9979 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Molares Volumen eines idealen Gases: $V_m = 22,4 \frac{\text{l}}{\text{mol}}$ (bei Normbedingungen)

Universelle Gaskonstante: $R = 8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

pK_S- und pK_B-Werte ausgewählter Säuren und Basen

	Name	Säure	Base + H ⁺	pK _S	pK _B
Sehr starke Säuren	Perchlorsäure	HClO ₄	ClO ₄ ⁻	≈ -10	≈ 24
	Bromwasserstoff	HBr	Br ⁻	≈ -9	≈ 23
	Chlorwasserstoff	HCl	Cl ⁻	≈ -6	≈ 20
	Schwefelsäure	H ₂ SO ₄	HSO ₄ ⁻	≈ -3	≈ 17
	Hydronium-Ion	H ₃ O ⁺	H ₂ O	-1,74	15,74
Starke Säuren	Salpetersäure	HNO ₃	NO ₃ ⁻	-1,32	15,32
	Hydrogensulfat-Ion	HSO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	1,92	12,08
	Phosphorsäure	H ₃ PO ₄	H ₂ PO ₄ ⁻	1,96	12,04
Mittelstarke Säuren	Essigsäure	CH ₃ COOH	CH ₃ COO ⁻	4,75	9,25
	Schwefelwasserstoff	H ₂ S	HS ⁻	6,92	7,08
	Ammonium-Ion	NH ₄ ⁺	NH ₃	9,25	4,75
Schwache Säuren	Hydrogencarbonat-Ion	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	10,40	3,6
	Hydrogenphosphat-Ion	HPO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	12,32	1,68
	Hydrogensulfid-Ion	HS ⁻	S ²⁻	12,90	1,10
Sehr schwache Säuren	Wasser	H ₂ O	OH ⁻	15,74	-1,74
	Hydroxid-Ion	OH ⁻	O ²⁻	≈ 24	≈ -10
	Wasserstoff	H ₂	H ⁻	≈ 40	≈ -26

Säure-Base-Indikatoren (///// Umschlagbereich)

Indikator	rot	/////	gelb	/////	violett
Kresolrot	rot	/////	gelb	/////	violett
Methylorange	rot	/////	gelb		
Bromkresolgrün	gelb	/////	blau		
Methylrot	rot	/////	gelb		
Lackmus	rot	/////	blau		
Bromkresolpurpur	gelb	/////	violett		
p-Nitrophenol	farblos	/////	gelb		
Bromthymolblau	gelb	/////	blau		
Phenolphthalein	farblos	/////	violett		
Thymolphthalein	farblos	/////	blau		
Alizarinengelb R	gelb	/////	rot		

pH 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14