

Analytische Chemie

B. Sc. Chemieingenieurwesen

12. September 2019, 8.30 – 11.30 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, nicht-programmierbarer Taschenrechner, beiliegende 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

Notenskala

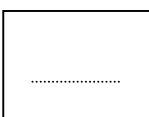
1,0	95 – 100 Punkte
1,3	90 – 94 Punkte
1,7	85 – 89 Punkte
2,0	80 – 84 Punkte
2,3	75 – 79 Punkte
2,7	70 – 74 Punkte
3,0	65 – 69 Punkte
3,3	60 – 64 Punkte
3,7	55 – 59 Punkte
4,0	50 – 54 Punkte
5,0	0 – 49 Punkte

Viel Erfolg!

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

- a) Stellen Sie die Gleichung für das Lösungsgleichgewicht des schwerlöslichen Salzes AB_3 auf! Wie ist K_L in diesem Fall definiert (Gleichung und Einheit!)? Wie wird der pK_L -Wert berechnet? (4 Punkte)
- b) In 40 ml lösen sich $0,42 \cdot 10^{-4}$ g Aluminiumhydroxid ($Al(OH)_3$).
- (1) Wie groß ist das Löslichkeitsprodukt K_L ? (4 Punkte)
- (2) Die geringe Löslichkeit von Aluminiumionen 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 und entsprechende Reaktionsgleichungen zu Hilfe. (3 Punkte)
- (3) Der pK_L -Wert von $Fe(OH)_3$ liegt bei 37,8. Welche maximale Konzentration an Fe^{3+} (aq) können Sie in einer gesättigten Lösung von Aluminiumhydroxid erwarten? Wäre diese Konzentration an Fe^{3+} (aq) nachweisbar, wenn die Nachweisgrenze bei $3 \mu\text{g } Fe^{3+}$ (aq) in 5 ml Lösung liegt? (4 Punkte)
- c) Vervollständigen Sie folgende Tabelle zur Löslichkeit von Salzen, indem Sie für jedes Salz ($MgCl_2$, MgS , $CuCl_2$, $CuSO_4$ und CuS) analog zum Beispiel $MgSO_4$ in das jeweilige Feld der Tabelle für schwerlösliche Verbindungen ein S und für leichtlösliche Verbindungen ein L eintragen! (5 Punkte)

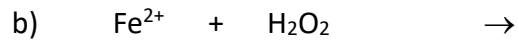
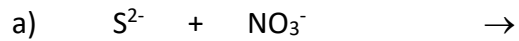
	Mg^{2+}	Cu^{2+}
Cl^-		
SO_4^{2-}	L	
S^{2-}		



Aufgabe 2: Redoxreaktionen

20 Punkte

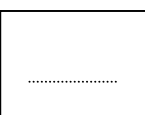
Vervollständigen Sie die folgenden Redoxgleichungen im Sauren, die in der qualitativen Analyse von Bedeutung sind! (je 4 Punkte)



c) Auf der Laborbank steht ein Gefäß mit Wasserstoffperoxid-Lösung, für die allerdings der pH-Wert nicht angegeben ist. Erläutern Sie (Reaktionsgleichungen und Beobachtungen), wie Sie mit Hilfe von einer $FeSO_4$ -Lösung herausfinden können, ob die Wasserstoffperoxid-Lösung sauer oder basisch ist. (8 Punkte)

d) Ammoniumnitrit (NH_4NO_2) zerfällt beim Erhitzen explosionsartig in Stickstoff und Wasserdampf. (4 Punkte)

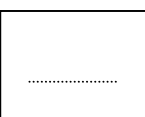
- (1) Stellen Sie Reaktionsgleichung auf!
- (2) Benennen Sie den genauen Reaktionstyp!
- (3) Welches Gasvolumen entsteht, wenn 10 g Ammoniumnitrit erhitzt werden?



Aufgabe 3: pH-Wert-Berechnungen

10 Punkte

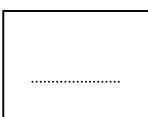
- a) Sie erhalten drei wässrige Lösungen, von denen eine sauer, eine neutral und eine basisch reagiert. In jeder der Lösungen ist genau ein Salz gelöst. Welche Schlussfolgerungen können Sie aus den pH-Werten ziehen? Nennen Sie für jede Lösung ein mögliches Salz und begründen Sie Ihre Antworten mithilfe der entsprechenden Reaktionsgleichungen. (6 Punkte)
- b) Welche pOH-Werte besitzen eine 0,75 M $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Lösung und eine $2 \cdot 10^{-8}$ M HCl-Lösung? (4 Punkte)



Aufgabe 4: Gravimetrie

10 Punkte

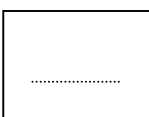
- a) Welche Vorteile bieten organische gegenüber anorganischen Fällungsreagenzien?
(3 Punkte)
- b) 0,6487 g eines eisenhaltigen Pigments werden gelöst und auf 250 ml verdünnt. Aus jeweils 50 ml dieser verdünnten Lösung wird das Eisen in einer Vierfachbestimmung als $\text{Fe}(\text{OH})_3$ gefällt und durch eine thermische Behandlung zu Fe_2O_3 umgesetzt. Die Auswaagen an Fe_2O_3 betragen 121,3 mg, 120,8 mg, 121,0 mg und 116,7 mg. Wie groß ist der Massenanteil des Eisens ($w(\text{Fe})$) in % des Pigments?
(5 Punkte)
- c) Im Zuge einer gravimetrischen Analyse frisch gefälltes Cadmiumsulfid (CdS) muss vor dem Trocknen und Auswiegen gewaschen werden. Zur Verfügung stehen demineralisiertes Wasser und 0,05 M Na_2S -Lösung. Wofür entscheiden Sie sich? Begründen Sie Ihre Wahl!
(2 Punkte)



Aufgabe 5: Volumetrie**10 Punkte**

- a) Vervollständigen Sie die folgende Tabelle zu den aus dem Praktikum bekannten volumetrischen Analyseverfahren!

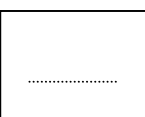
Analyseverfahren	Beispiel	Wesentliche Reaktionsgleichung(en) einschließlich Indikation des Äquivalenzpunktes (ÄP)
Komplexometrische Titration	Mg ²⁺ mit EDTA (H ₄ Y)	$[MgInd]^- + Y^{4-} \rightarrow [MgY]^{2-} + Ind^{3-}$ (rot) (farblos) (farblos) (blau) ÄP: Umschlag von rot zu blau
Säure-Base-Titration		
	Chlorid nach Mohr	
	Manganometrie von Oxalsäure	



Aufgabe 6: Vorproben

10 Punkte

- a) In einer qualitativen Analyse stehen vor dem eigentlichen Trennungsgang die Vorproben. Was versteht man unter Vorproben und welche Aussagekraft haben diese? Nennen Sie zwei Arten von Vorproben! (4 Punkte)
- b) Welche Schlussfolgerung können Sie aus den jeweiligen Befunden ziehen? (jeweils 1 Punkt)
- (1) Geruch: nach faulen Eiern
 - (2) Körperfarbe: blau
 - (3) Leuchtprobe: positiv, blaue Lumineszenz ist sichtbar
- c) Insbesondere Alkali- und Erdalkalimetalle zeigen charakteristische Flammenfärbungen. Nennen Sie drei Elemente aus der löslichen Gruppe (Kation und Färbung), die per Flammenfärbung gut identifiziert werden können. (3 Punkte)

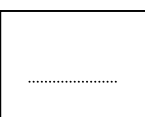


Aufgabe 7: Kationennachweise

10 Punkte

Eine Lösung enthält die Kationen Hg^+ , Cd^{2+} , Cu^{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)



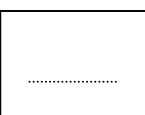
Aufgabe 8: Bestimmung einer unbekanntes Substanz

10 Punkte

- a) Um welche Verbindung handelt es sich bei einer unbekanntes Substanz, für welche die untenstehenden Befunde notiert wurden? (2 Punkte)
- b) Geben Sie jeweils die Reaktionsgleichungen zur Erklärung der unten bestehenden Befunde an! (je 2 Punkte)

Befunde:

1. Die grüne Substanz reagiert auf Zugabe von verdünnter Salzsäure mit der Freisetzung eines farblosen, geruchlosen Gases.
2. Wird das entstehende Gas in Barytwasser eingeleitet, fällt ein weißer Niederschlag aus, der sich beim Ansäuern unter Gasentwicklung wieder auflöst.
3. Wird die Lösung aus (1) ammoniakalisch gestellt und anschließend mit Ammoniumsulfid versetzt, bildet sich ein grau-schwarzer Niederschlag.
4. Stellt man einen Teil der in (1) erhaltenen Lösung mit Ammoniak alkalisch und gibt Dimethylglyoxim hinzu, bildet sich ein himbeerfarbener Niederschlag.



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

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)

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

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 IIIB

4
4. Ng IVB

5
5. Ng VB

6
6. Ng VIB

7
7. Ng VIIB

8
8. Ng VIII

9
8. Ng VIII

10
8. Ng VIII

11
1. Ng IB

12
2. Ng IIA

Relative Atommasse [Massenzahl des leichtesten Isotops]

Ordnungszahl

Schmelzpunkt [°C]

Siedepunkt [°C]

Elementname

Künstliches Element

Elektronenkonfiguration

Elementsymbol

Oxidationszahlen (häufigste)

Elektronegativität

Erste Ionisierungsenergie [eV]

13
3. Hg IIIA

14
4. Hg IVA

15
5. Hg VA

16
6. Hg VIA

17
7. Hg VIIA

18
8. Hg VIIIA

1	1,00794 1s ¹ 1H -259 -253 Wasserstoff	2	4,002602 1s ² 2He -272 -269 Helium	3	6,941 [He]2s ¹ 3Li 181 1317 Lithium	4	9,012182 [He]2s ² 4Be 1278 2970 Beryllium	5	22,989770 [Ne]3s ¹ 11Na 98 892 Natrium	6	24,3050 [Ne]3s ² 12Mg 649 1107 Magnesium	7	26,981538 [Ne]3s ² 3p ¹ 13Al 2300 2550 Bor	8	28,0855 [Ne]3s ² 3p ² 14Si 3550 4827 Kohlenstoff	9	30,973761 [Ne]3s ² 3p ³ 15P 2500 2800 Stickstoff	10	32,066 [Ne]3s ² 3p ⁴ 16S 3500 4472 Sauerstoff	11	35,4527 [Ne]3s ² 3p ⁵ 17Cl 2200 3380 Fluor	12	39,948 [Ne]3s ² 3p ⁶ 18Ar -249 -188 Neon
4	39,0983 [Ar]4s ¹ 19K 64 774 Kalium	40,078 [Ar]4s ² 20Ca 839 1487 Calcium	44,955910 [Ar] 3d ¹ 4s ² 21Sc 1539 2832 Scandium	47,867 [Ar] 3d ² 4s ² 22Ti 1660 3260 Titan	50,9415 [Ar] 3d ³ 4s ² 23V 1890 3600 Vanadium	51,9961 [Ar] 3d ⁴ 4s ¹ 24Cr 1857 2482 Chrom	54,938049 [Ar] 3d ⁵ 4s ¹ 25Mn 2310 2732 Mangan	55,845 [Ar] 3d ⁶ 4s ² 26Fe 1495 2870 Eisen	58,93320 [Ar] 3d ⁶ 4s ² 27Co 1453 2732 Cobalt	58,934 [Ar] 3d ⁸ 4s ² 28Ni 1084 2595 Nickel	63,546 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ¹ 29Cu 1084 2595 Kupfer	65,39 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 30Zn 420 907 Zink	69,723 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹ 31Ga 30 2403 Gallium	72,61 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ² 32Ge 937 2830 Germanium	74,92160 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ³ 33As 613(subl.) 280 79 Arsen	78,96 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴ 34Se 217 685 Selen	79,904 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵ 35Br 217 59 Brom	83,80 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ 36Kr -157 -186 Krypton					
5	85,4678 [Kr]5s ¹ 37Rb 39 688 Rubidium	87,62 [Kr]5s ² 38Sr 769 1384 Strontium	88,90585 [Kr]4d ¹ 5s ² 39Y 1523 3337 Yttrium	91,224 [Kr]4d ² 5s ² 40Zr 1852 4377 Zirkonium	92,90638 [Kr]4d ³ 5s ² 41Nb 2468 4927 Niobium	95,94 [Kr]4d ⁴ 5s ¹ 42Mo 2617 5560 Molybdän	[98] [Kr]4d ⁵ 5s ¹ 43Tc 2172 5030 Technetium	101,07 [Kr]4d ⁵ 5s ² 44Ru 3180 5627 Ruthenium	102,90550 [Kr]4d ⁶ 5s ¹ 45Rh 2410 4130 Rhodium	106,42 [Kr]4d ⁸ 46Pd 1772 3827 Palladium	107,8682 [Kr]4d ¹⁰ 5s ¹ 47Ag 1064 2940 Silber	112,411 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 48Cd 321 765 Cadmium	114,818 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹ 49In 157 2080 Indium	118,710 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ² 50Sn 58 2270 Zinn	121,760 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ³ 51Sb 631 1750 Antimon	127,60 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴ 52Te 86 990 Tellur	126,90447 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵ 53I 114 184 Iod	131,29 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶ 54Xe -112 -107 Xenon					
6	132,90545 [Xe]6s ¹ 55Cs 28 690 Cäsium	137,327 [Xe]6s ² 56Ba 725 1640 Barium	57 – 71 Lanthanoide	178,49 [Xe]4f ¹⁴ 5d ² 6s ² 72Hf 2150 5400 Hafnium	180,9479 [Xe]4f ¹⁴ 5d ³ 6s ² 73Ta 2996 5425 Tantal	183,84 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ² 74W 3407 5927 Wolfram	186,207 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ² 75Re 3180 5627 Rhenium	190,23 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ² 76Os 3045 5627 Osmium	192,217 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ² 77Ir 2410 4130 Iridium	195,078 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁸ 6s ¹ 78Pt 1772 3827 Platin	196,96655 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹ 79Au 1064 2940 Gold	200,59 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 80Hg 321 357 Quecksilber	204,3833 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹ 81Tl 304 1457 Thallium	207,2 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ² 82Pb 61 1740 Blei	208,98038 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³ 83Bi 271 1560 Bismut	[209] [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴ 84Po 174 962 Polonium	[210] [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵ 85At 302 337 Astat	[222] [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶ 86Rn -71 -62 Radon					
7	[223] [Rn]7s ¹ 87Fr 27 677 Francium	[226] [Rn]7s ² 88Ra 700 1140 Radium	89 – 103 Actinoide	[261] [Rn]5f ¹⁴ 6d ² 7s ² 104Rf 1132 3818 Rutherfordium	[262] [Rn]5f ¹⁴ 6d ³ 7s ² 105Db 1132 3818 Dubnium	[263] [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁴ 7s ² 106Sg 1132 3818 Seaborgium	[264] [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁵ 7s ² 107Bh 1132 3818 Bohrium	[265] [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁶ 7s ² 108Hs 1132 3818 Hassium	[266] [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ² 109Mt 1132 3818 Meitnerium	[269] [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁸ 7s ¹ 110Ds 1132 3818 Darmstadtium	[272] [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ¹ 111Uuu 1132 3818 Unununium	112Uub 1132 3818 Ununbium ¹	113Uut 1132 3818 Ununtrium ¹	114Uuq 1132 3818 Ununquadium ¹	115Uup 1132 3818 Ununpentium ¹	116Uuh 1132 3818 Ununhexium ¹	117Uus 1132 3818 Ununseptium ¹	118Uuo 1132 3818 Ununoctium ¹					

¹Die Elemente mit den Ordnungszahlen 112 – 118 wurden noch nicht synthetisiert bzw. von der IUPAC offiziell anerkannt!

© 1999-2003
by Lars Röglin

lars@pse-online.de
http://www.pse-online.de

6	138,9055 [Xe]5d ¹ 6s ² 57La 920 3454 Lanthan	140,116 [Xe]4f ¹ 6s ² 58Ce 798 3257 Cer	140,90765 [Xe]4f ² 6s ² 59Pr 931 3212 Praseodym	144,24 [Xe]4f ³ 6s ² 60Nd 1010 3127 Neodym	[145] [Xe]4f ⁴ 6s ² 61Pm 1080 2730 Promethium	150,36 [Xe]4f ⁵ 6s ² 62Sm 1072 1778 Samarium	151,964 [Xe]4f ⁶ 6s ² 63Eu 822 1597 Europium	157,25 [Xe]4f ⁷ 5d ¹ 6s ² 64Gd 1311 3233 Gadolinium	158,92534 [Xe]4f ⁷ 6s ² 65Tb 1360 3041 Terbium	162,50 [Xe]4f ⁹ 6s ² 66Dy 1406 2335 Dysprosium	164,93032 [Xe]4f ¹⁰ 6s ² 67Ho 1470 2720 Holmium	167,26 [Xe]4f ¹¹ 6s ² 68Er 1522 2510 Erbium	168,93421 [Xe]4f ¹² 6s ² 69Tm 1545 1727 Thulium	173,04 [Xe]4f ¹³ 6s ² 70Yb 824 1193 Ytterbium	174,967 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ² 71Lu 1656 3315 Lutetium
7	[227] [Rn]6d ¹ 7s ² 89Ac 1047 3197 Actinium	[232] [Rn]6d ² 7s ² 90Th 1750 4787 Thorium	[231] [Rn]5f ¹ 6d ¹ 7s ² 91Pa 1554 4030 Protactinium	[238] [Rn]5f ² 6d ¹ 7s ² 92U 1132 3818 Uran	[237] [Rn]5f ³ 6d ¹ 7s ² 93Np 640 3902 Neptunium	[244] [Rn]5f ⁴ 7s ² 94Pu 641 3327 Plutonium	[243] [Rn]5f ⁵ 7s ² 95Am 122 2607 Americium	[247] [Rn]5f ⁶ 6d ¹ 7s ² 96Cm 994 2607 Curium	[247] [Rn]5f ⁷ 7s ² 97Bk 986 2607 Berkelium	[251] [Rn]5f ⁹ 7s ² 98Cf 900 2607 Californium	[252] [Rn]5f ¹⁰ 7s ² 99Es 860 2607 Einsteinium	[257] [Rn]5f ¹¹ 7s ² 100Fm 860 2607 Fermium	[258] [Rn]5f ¹² 7s ² 101Md 860 2607 Mendelevium	[259] [Rn]5f ¹³ 7s ² 102No 860 2607 Nobelium	[262] [Rn]5f ¹⁴ 7s ² 103Lr 860 2607 Lawrencium