

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma$
10	10	10	8	10	10	10	10	10	12	100
										Note:

Vorname:

Matr.-Nr.:

Nachname:

Studiengang:

- Chemie und Biochemie
- Lehramt Chemie vertieft
- Lehramt Chemie nicht vertieft
  
- Biologie
  
- Pharmaceutical Sciences
  
- .....

## Musterlösung!

Bitte beachten: Die hier aufgeführte Teilpunktevergabe ist nur ein Vorschlag. Daraus erwachsen keine Ansprüche! Es kommt auf die Gesamtlösung an.

Hinweise:

Nur ein Schreibwerkzeug (kein Bleistift) und ein nicht programmierbarer Taschenrechner sind erlaubt!

Schreiben Sie bitte gut leserlich. **Unleserliche oder mit Bleistift geschriebene Teile werden nicht gewertet.**

Geben Sie nachvollziehbare Lösungs- bzw. Rechenwege an. **Lösungen ohne Ansätze bzw. ohne Lösungswege werden nicht gewertet.**

Im Anhang befinden sich ein Periodensystem, Tabelle mit Konstanten und Schmierblätter. **Sämtliche Notizen auf den Schmierblättern werden nicht gewertet!**

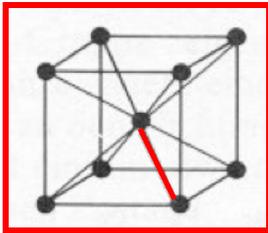
Die pro Aufgabe erreichbare Punktzahl ist in [ ] Klammern angegeben (Höchstpunktzahl 100).

---

Klausur A

1. [10] Kristallstrukturen, Kugelpackungen

a.) [2] Skizzieren Sie die Elementarzelle für den W-Typ und zeichnen Sie mit einer farbigen Verbindungslinie den kürzesten Abstand zwischen benachbarten Atomen ein.



b.) [1/2 + 1/2] Was bedeutet die für diesen Strukturtyp im Englischen gebräuchliche Abkürzung „bcc“, wie lautet die deutsche Übersetzung?

**bcc = body centered cubic (kubisch raumzentriert bzw. innenzentriert)**

c.) [1] Berechnen Sie die Anzahl Atome pro Elementarzelle im bcc-Typ.

$$Z = 1 + 8 \times 1/8 = 2$$

d.) [2] Berechnen Sie die theoretische Raumerfüllung der bcc-Kugelpackung (in %) unter Annahme starrer, sich berührender Kugeln.

$$\frac{V_{\text{Kugel}}}{V_{\text{EZ}}} = \frac{2 \cdot \frac{4}{3} \pi \left( \frac{\sqrt{3}a}{4} \right)^3}{a^3} = 0.68$$

**Die Raumerfüllung beträgt 68 %**

e.) [2] Wie groß ist die Koordinationszahl der Atome im W-Typ? Wie wird das auftretende Koordinationspolyeder genannt?

**Die Koordinationszahl ist CN = 8, das Polyeder ist ein Kubus (Würfel)**

f.) [2] Geben Sie an, welche der folgenden Elemente ebenfalls im W-Typ kristallisieren? (Punkteabzug bei falschen Antworten wird verrechnet mit Gesamtpunktzahl dieser Aufgabe)

Ba – Cl – Cr – Cu –  $\alpha$ -Fe – H – Na – P

**Ebenfalls im W-Typ kristallisieren Ba, Cr,  $\alpha$ -Fe und Na**

**Punkte 1:**

## Klausur A

## 2. [10] Gleichgewichtsreaktionen / Löslichkeitsprodukt

Bei 25 °C beträgt das Löslichkeitsprodukt der starken Base  $\text{Cd}(\text{OH})_2$   $1.96 \cdot 10^{-14}$ .

a.) [4] Wieviel  $\text{Cd}^{2+}$ -Ionen sind in einem Liter Wasser gelöst? (Rechenweg angeben)

$$\begin{aligned} K_L &= [\text{Cd}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = 1.96 \cdot 10^{-14} && \text{mit } [\text{OH}^-] = 2 \cdot [\text{Cd}^{2+}] \\ [\text{Cd}^{2+}] \cdot (2[\text{Cd}^{2+}])^2 &= 1.96 \cdot 10^{-14} \\ 4[\text{Cd}^{2+}]^3 &= 1.96 \cdot 10^{-14} \\ \sqrt[3]{([\text{Cd}^{2+}]^3)} &= \sqrt[3]{(1.96 \cdot 10^{-14} / 4)} \\ [\text{Cd}^{2+}] &= 1.70 \cdot 10^{-5} \end{aligned}$$

$$N(\text{Cd}^{2+}) = 1.70 \cdot 10^{-5} \cdot 6.022 \cdot 10^{23} = \underline{1.02 \cdot 10^{19}} \quad 4 \text{ P}$$

b.) [3] Welchen pH-Wert hat die Lösung? (Rechenweg angeben)

$$[\text{OH}^-] = 2 \cdot [\text{Cd}^{2+}] = 2 \cdot 1.70 \cdot 10^{-5} = 3.40 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{pOH} = -\log(3.40 \cdot 10^{-5}) = 4.47$$

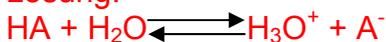
$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 4.47 = \underline{9.53} \quad 3 \text{ P}$$

um auf die  $[\text{OH}^-]$  zu kommen; auch gelten lassen:

$$\begin{aligned} K_L &= [\text{Cd}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = 1.96 \cdot 10^{-14} && \text{mit } \frac{1}{2} [\text{OH}^-] = [\text{Cd}^{2+}] \\ \frac{1}{2} [\text{OH}^-] \cdot [\text{OH}^-]^2 &= 1.96 \cdot 10^{-14} \\ \frac{1}{2} [\text{OH}^-]^3 &= 1.96 \cdot 10^{-14} \\ \sqrt[3]{([\text{OH}^-]^3)} &= \sqrt[3]{(1.96 \cdot 10^{-14} \cdot 2)} \\ [\text{OH}^-] &= 3.40 \cdot 10^{-5} \end{aligned}$$

c.) [3] In einer Lösung von Cyanessigsäure (eine einwertige Säure) mit einer Konzentration von 0.4 mol/L in Wasser beträgt die  $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 0.036$  mol/L. Wie groß ist der Dissoziationsgrad  $\alpha$ , pH- und  $\text{pK}_s$ -Wert?

Lösung:



$$\alpha = c(\text{A}^-)/c_0 \quad c(\text{A}^-) = c(\text{H}_3\text{O}^+) = 0.036 \text{ mol/L}$$

$$\alpha = c(\text{H}_3\text{O}^+)/c_0$$

$$\alpha = 0.036 \text{ mol/L} / 0.4 \text{ mol/L} = 0.09 \quad 1 \text{ P}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}_3\text{O}^+] = -\lg(0.036) = 1.44 \quad 1 \text{ P}$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{pK}_s - \lg c_0/\text{molL}^{-1})$$

$$\text{pK}_s = 2 \cdot \text{pH} + \lg c_0/\text{molL}^{-1} = 2 \cdot 1.44 + \lg 0.4 = \underline{2.48} \quad 2 \text{ P}$$

Punkte 2:
-----------

## Klausur A

## 3. [10] pH-Wert-Berechnungen

In einem Kolben werden 25 mL 0.4-molarer Natriumacetatlösung und 25 mL 0.4 molarer Essigsäure vorgelegt ( $pK_S(\text{Essigsäure}) = 4.7$ ), gerührt und mit 0.2-molarer Natronlauge titriert. Berechnen Sie (Rechenweg angeben!) die pH-Werte für die Titrationskurve nach Zugabe von:

a.) [3] 0 mL Natronlauge

Die Lösung enthält: NaAc und HAc

$$c(\text{NaAc}) = 0.2 \text{ mol L}^{-1} \quad 1/2 \text{ P}$$

$$c(\text{HAc}) = 0.2 \text{ mol L}^{-1} \quad 1/2 \text{ P}$$

Puffergleichung:

$$\text{pH} = pK_S - \lg([\text{HAc}]/[\text{Ac}^-]) \quad 1 \text{ P}$$

$$\text{pH} = 4.7 - \lg(0.2/0.2) = \underline{4.70} \quad 1 \text{ P}$$

b.) [4] 50 mL Natronlauge

Die Lösung enthält: NaAc

$$c(\text{NaAc}) = 0.2 \text{ mol L}^{-1} \quad 1 \text{ P}$$



$\text{Ac}^-$  ist eine schwache Base, somit: 1 P

$$\text{pOH} = \frac{1}{2} (pK_B - \lg c_0/\text{mol L}^{-1}) = \frac{1}{2} (9.3 - \lg 0.2) = 5.00 \quad 1 \text{ P}$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 5.00 = \underline{9.00} \quad 1 \text{ P}$$

c.) [3] 250 mL Natronlauge

Die Lösung enthält: NaAc und NaOH

$$c(\text{NaAc}) = 0.067 \text{ mol L}^{-1} \quad 1/2 \text{ P}$$

$$c(\text{NaOH}) = 0.133 \text{ mol L}^{-1} \quad 1/2 \text{ P}$$

Der pH-Wert wird von der starken Base dominiert, somit:

$$\text{pOH} = -\lg(c[\text{OH}^-]) = -\lg(0.133) = 0.88 \quad 1 \text{ P}$$

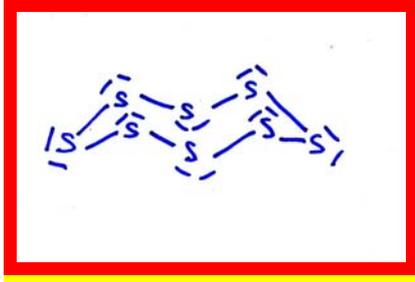
$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 0.88 = \underline{13.12} \quad 1 \text{ P}$$

Punkte 3:
-----------

Klausur A

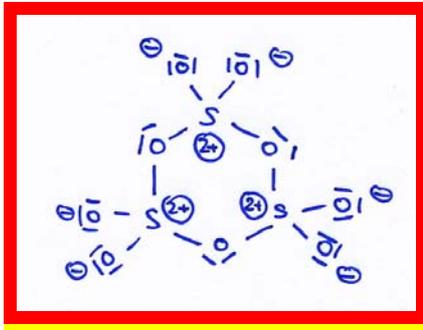
4. [8] Skizzieren Sie die Lewis-Formeln bzw. charakteristischen Strukturmerkmale der folgenden Elemente bzw. Verbindungen (mit allen Valenzelektronen) und geben die jeweilige Summenformel an:

a.) [2]  $\alpha$ -Schwefel



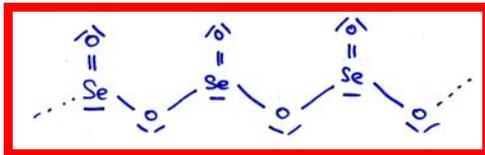
$S_8$

b.) [2] eisartiges  $\gamma$ - $SO_3$



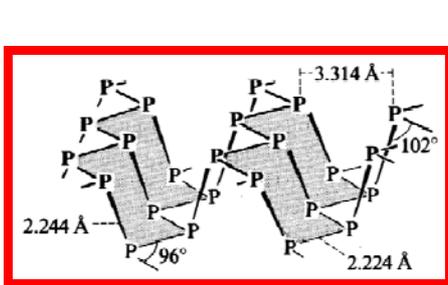
$(SO_3)_3$

c.) [2] Selen(IV)-oxid

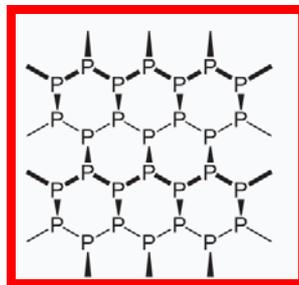


$SeO_2$  oder  $(SeO_2)_x$  polymer bzw. Kette

d.) [2] Schwarzer Phosphor



oder



Mit je einem freien E.-paar an jedem Atom P oder  $P_x$  (polymer)

Punkte 4:

## Klausur A

5. [10] **Lewis-Formeln:** Geben Sie die Summenformeln und die Gesamtzahl der Valenzelektronen folgender Moleküle bzw. Molekül-Ionen an. Skizzieren Sie zudem eine korrekte Lewis-Formel unter Berücksichtigung sämtlicher Valenzelektronen. Beachten Sie dabei streng die Oktettregel (auch bei Elementen der höheren Perioden). Beschreiben Sie stichpunktartig die Koordination des Zentralatoms/der Zentralatome durch seine Nachbarn (z. B. gewinkelt, tetraedisch).

	Summenformel	Gesamtzahl Valenzelektronen	Lewis-Formel	Koordination Zentralatom (z. B. gewinkelt, tetraedisch)
a.) Nitrat	$\text{NO}_3^-$	24		trigonal planar
b.) Stickstoffdioxid	$\text{NO}_2$	17		gewinkelt
c.) (Mono-)boran	$\text{BH}_3$	6		trigonal planar
d.) Lachgas	$\text{N}_2\text{O}$	16		linear
e.) Dithionit	$\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$	38		pseudo-tetraedrisch (1 freies e-Paar) bzw. pyramidal

je  $\frac{1}{2}$  P pro richtiger Antwort

Punkte 5:

## Klausur A

6. [10] **Allgemeine Fragen:** Tragen Sie in der letzten Spalte jeweils den Buchstaben der richtigen Antwort ein (A, B, C):

Frage	A	B	C	Ihre Antwort
Wie lautet die Gibbs-Helmholtz-Gleichung?	$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$	$\Delta G = H - T \cdot S + pV$	$\Delta G = T \cdot \Delta S$	<b>A</b>
Wie lautet die allgemeine Gasgleichung?	$(p \cdot V)^2 = R \cdot T / 2$	$p \cdot V = T \cdot R \cdot n$	$p \cdot T = n \cdot R \cdot V$	<b>B</b>
Siedepunkt von Ammoniak (in °C)	17,31	120,7	-33,34	<b>C</b>
Bindungslänge H-O in H <sub>2</sub> O	90 pm	90 Angstrom	90 nm	<b>A</b>
Wie groß ist das Volumen von 28 g N <sub>2</sub> bei 20 °C/1 bar	2,2410 L	22410 mL	22,410 m <sup>3</sup>	<b>B</b>
Diazan ist...	NC-CN	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	<b>B</b>
1 Mol Wasserstoff wiegt...	etwa 2 g	2,06 kg	hat kein Gewicht, es ist leichter als Luft	<b>A</b>
„Urea“ (engl.) ist...	eine radioaktive Uran-Verbindung	CONH	H <sub>4</sub> CON <sub>2</sub>	<b>C</b>
Wer hat die ersten Edelgasverbindung entdeckt?	L. Pauling	R. Hoppe	Es gibt gar keine Edelgasverbindungen	<b>B</b>
Sauerstoff...	kann alle Oxidationsstufen von +6 bis -2 annehmen	reagiert in wässriger Lösung sauer	...ist ein Diradikal	<b>C</b>

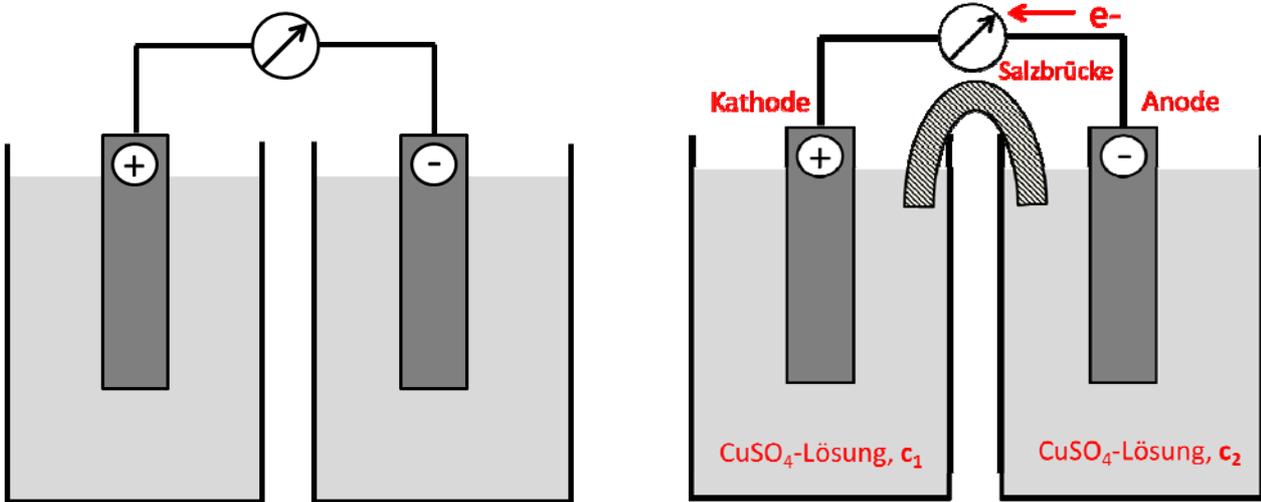
je 1 P pro richtiger Antwort

<b>Punkte 6:</b>
------------------

Klausur A

7. [10] Elektrochemie

a.) [4] Ergänzen Sie die Skizze zum Aufbau einer elektrochemischen Konzentrationskette mit dem Redoxpaar Cu/Cu<sup>2+</sup> mit den beiden Konzentrationen c<sub>1</sub> = 0,1 mol/L und c<sub>2</sub> = 0,01 mol/L: was ist der Elektrolyt in den beiden Zellen? Benennen Sie Kathode und Anode und zeichnen Sie c<sub>1</sub> und c<sub>2</sub> ein.



b.) [1] Wie wird der Stromkreislauf geschlossen? Zeichnen Sie das verwendete Bauteil ein und benennen Sie es.

Salzbrücke mit KNO<sub>3</sub>

c.) [2] Formulieren Sie die Teilreaktionen an Anode und Kathode. Zeichnen Sie die Richtung des Stromflusses ein.



d.) [1] Wie lautet die Nernst-Gleichung für jede Halbzelle?

$\Delta E_{\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}} = E^0 + 0,059/2(\log c(\text{Cu}^{2+}))$

e.) [2] Berechnen Sie die auftretende Spannung in der o.a. Konzentrationskette.

$\Delta E_{\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}} = 0,059/2(\log 0,01 - \log 0,1) = -0,059/2 \text{ V} = -0,0295 \text{ V}$

Punkte 7:

## Klausur A

8. [10] Redox-Gleichungen: Stellen Sie die vollständigen Redox-Gleichungen für die folgenden Umsetzungen auf:

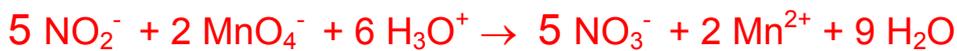
a.) [2] Umsetzung von Zink mit verdünnter Salpetersäure



b.) [2] Umsetzung von Nitrit mit Iodid im Sauren



c.) [2] Umsetzung von Nitrit mit Permanganat im Sauren



d.) [2] Thermische Zersetzung von Natriumnitrat



e.) [2] Disproportionierung von Chlor im Alkalischen

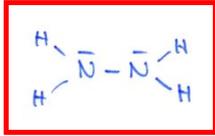


<b>Punkte 8:</b>
------------------

## Klausur A

## 9. [10] Hydrazin - Synthese und Eigenschaften

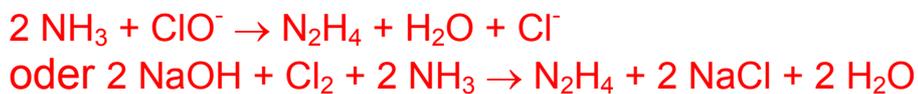
a.) [1] Geben Sie die Lewis-Formel von Hydrazin an.



b.) [1] Wie lautet der Name dieser Verbindung nach IUPAC?

Diazan

c.) [2] Industriell wird Hydrazin in der sog. Raschig-Synthese hergestellt. Wie lautet die Gesamt-Reaktionsgleichung?



d.) [2] Über welche wichtige Zwischenstufe verläuft die Bildung der N-N-Bindung von Hydrazin in der Raschig-Synthese? Geben Sie Summenformel und Name dieser Zwischenstufe an.

Chloramin,  $\text{H}_2\text{NCl}$

e.) [2] Hydrazin ist in reiner Form metastabil. Geben Sie die Reaktionsgleichung für seine thermische Zersetzung an. Ist diese Reaktion exotherm oder endotherm?



f.) [2] Das Arbeiten mit reinem Hydrazin ist risikoreich. Kommerziell ist Hydrazin jedoch ganz einfach in ein stabileres Derivat überführbar. Geben Sie die Reaktionsgleichung an, wie Hydrazin stabilisiert wird. Wie heißt das Produkt?



Punkte 9:

Klausur A

10. [12] MO-Theorie

a.) [4 x 1,5 = 6] Skizzieren Sie grafisch die jeweils aus den folgenden AOs durch LCAO entstehenden MOs.

Geben Sie dabei die Vorzeichen der Orbitale an.

Sind die Kombinationen bindend, nichtbindend oder antibindend?

Haben die entstehenden MOs  $\sigma$ -,  $\pi$ - oder  $\delta$ -Charakter?

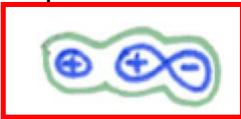
Die z-Achse ist jeweils die Kernverbindungsline!

s + s

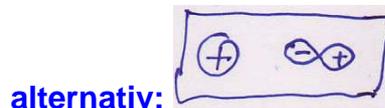


bindend,  $\sigma$ -Charakter

s + p<sub>z</sub>

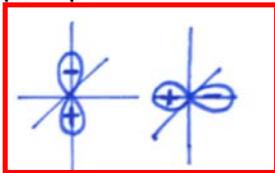


bindend,  $\sigma$ -Charakter

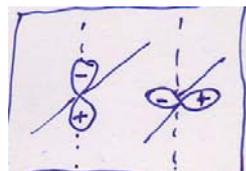


antibindend,  $\sigma$ -Charakter

p<sub>x</sub> + p<sub>z</sub>

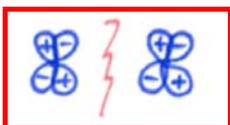


nicht-bindend,  $\pi$ -Charakter



nicht-bindend,  $\pi$ -Charakter

d<sub>xz</sub> + d<sub>xz</sub>



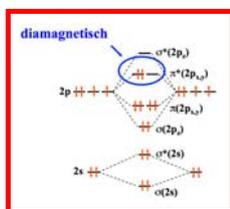
antibindend,  $\pi$ -Charakter



bindend,  $\pi$ -Charakter

b.) [4] Singulett-Sauerstoff ist um ca. 95 kJ/mol instabiler als „normaler“ Triplett-Sauerstoff.

Skizzieren Sie das MO-Diagramm von Singulett-Sauerstoff und geben dabei die Benennung aller AOs und MOs an.



c) [2] Welche wichtige Regel (Name) für Moleküle im Grundzustand wird bei Singulett-Sauerstoff verletzt? Wie lautet diese Regel?

Die Hund'sche Regel. Sie besagt, dass in entarteten (energiegleichen) MOs zunächst alle Orbitale einfach besetzt werden (Vermeidung der Spinpaarungsenergie).

Punkte 10:

Klausur A

ANHANG

1	H	1.008	2	He	4.003
3	Li	6.941	9	F	18.998
4	Be	9.012	10	Ne	20.180
11	Na	22.990	17	Cl	35.453
12	Mg	24.305	18	Ar	39.948
19	K	39.098	31	Ga	69.723
20	Ca	40.078	32	Ge	72.64
21	Sc	44.956	33	As	74.922
22	Ti	47.867	34	Se	78.96
23	V	50.942	35	Br	79.904
24	Cr	51.996	36	Kr	83.798
25	Mn	54.938	49	In	114.818
26	Fe	55.845	50	Sn	118.710
27	Co	58.933	51	Sb	121.760
28	Ni	58.693	52	Te	127.60
29	Cu	63.546	53	I	126.904
30	Zn	65.409	54	Xe	131.293
31	Ga	69.723	81	Tl	204.383
32	Ge	72.64	82	Pb	207.2
33	As	74.922	83	Bi	208.980
34	Se	78.96	84	Po	209.987
35	Br	79.904	85	At	209.987
36	Kr	83.798	86	Rn	222.018
37	Rb	85.468	87	Fr	223.020
38	Sr	87.62	88	Ra	226.025
39	Y	88.906	89	Ac	227.028
40	Zr	91.224	90	Th	232.038
41	Nb	92.906	91	Pa	231.036
42	Mo	95.94	92	U	238.029
43	Tc	97.907	93	Np	237.048
44	Ru	101.07	94	Pu	244.064
45	Rh	102.906	95	Am	243.061
46	Pd	106.42	96	Cm	247.070
47	Ag	107.868	97	Bk	247.070
48	Cd	112.411	98	Cf	251.080
49	In	114.818	99	Es	252.083
50	Sn	118.710	100	Fm	257.095
51	Sb	121.760	101	Md	258.098
52	Te	127.60	102	No	259.101
53	I	126.904	103	Lr	262.110
54	Xe	131.293	104		
55	Ba	137.327	105		
56	La	138.906	106		
57	Ce	140.116	107		
58	Pr	140.908	108		
59	Ce	140.116	109		
60	Nd	144.24	110		
61	Pm	144.913	111		
62	Sm	150.36	112		
63	Eu	151.964	113		
64	Gd	157.25	114		
65	Tb	158.925	115		
66	Dy	162.500	116		
67	Ho	164.930	117		
68	Er	167.259	118		
69	Tm	168.934	119		
70	Yb	173.04	120		
71	Lu	174.967	121		
72			122		
73			123		
74			124		
75			125		
76			126		
77			127		
78			128		
79			129		
80			130		
81			131		
82			132		
83			133		
84			134		
85			135		
86			136		
87			137		
88			138		
89			139		
90			140		
91			141		
92			142		
93			143		
94			144		
95			145		
96			146		
97			147		
98			148		
99			149		
100			150		
101			151		
102			152		
103			153		
104			154		
105			155		
106			156		
107			157		
108			158		
109			159		
110			160		
111			161		
112			162		
113			163		
114			164		
115			165		
116			166		
117			167		
118			168		
119			169		
120			170		
121			171		
122			172		
123			173		
124			174		
125			175		
126			176		
127			177		
128			178		
129			179		
130			180		
131			181		
132			182		
133			183		
134			184		
135			185		
136			186		
137			187		
138			188		
139			189		
140			190		
141			191		
142			192		
143			193		
144			194		
145			195		
146			196		
147			197		
148			198		
149			199		
150			200		
151			201		
152			202		
153			203		
154			204		
155			205		
156			206		
157			207		
158			208		
159			209		
160			210		
161			211		
162			212		
163			213		
164			214		
165			215		
166			216		
167			217		
168			218		
169			219		
170			220		
171			221		
172			222		
173			223		
174			224		
175			225		
176			226		
177			227		
178			228		
179			229		
180			230		
181			231		
182			232		
183			233		
184			234		
185			235		
186			236		
187			237		
188			238		
189			239		
190			240		
191			241		
192			242		
193			243		
194			244		
195			245		
196			246		
197			247		
198			248		
199			249		
200			250		
201			251		
202			252		
203			253		
204			254		
205			255		
206			256		
207			257		
208			258		
209			259		
210			260		
211			261		
212			262		
213			263		
214			264		
215			265		
216			266		
217			267		
218			268		
219			269		
220			270		
221			271		
222			272		
223			273		
224			274		
225			275		
226			276		
227			277		
228			278		
229			279		
230			280		
231			281		
232			282		
233			283		
234			284		
235			285		
236			286		
237			287		
238			288		
239			289		
240			290		
241			291		
242			292		
243			293		
244			294		
245			295		
246			296		
247			297		
248			298		
249			299		
250			300		

Quelle: CRC 86th 2005

Konstanten:

- Avogadro-Konstante  $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Universelle Gaskonstante  $R = 8.3143 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- Faraday-Konstante  $F = 96487 \text{ C mol}^{-1}$
- Atomare Masseinheit  $u = 1.660277 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$



