

Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft

76. Jahrg. Nr. 1/2. — Abteilung A (Vereinsnachrichten), S. 1—20. — 10. März

S. Flügg e und J. Mattauch: Die chemischen Elemente und natürlichen Atomarten nach dem Stande der Isotopen- und Kernforschung*).

(Bericht über die Arbeiten von Ende 1941 bis Ende 1942.)

[Aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, Berlin-Dahlem.]

(Eingegangen am 12. Februar 1943.)

Im Zusammenhang mit diesem Bericht ist eine Neuberechnung zahlreicher Einzelatomgewichte vorgenommen worden, die durch einige neuere massenspektrographische Präzisionsmessungen im Gebiet der mittelschweren Isotope notwendig geworden war. Hier waren die bisherigen Angaben recht dürftig und zum Teil widersprechend. Durch das neue Material gelang aber die Klarstellung einiger Diskrepanzen und Unklarheiten auf kernphysikalischem Gebiet, die die Ausscheidung einer Reihe älterer massenspektrographischer Messungen notwendig machte. Man wird deshalb wohl den neuen Zahlenwerten, die zum Teil von denjenigen der letzten Jahre merklich abweichen, mehr Vertrauen schenken können. Da die Packungsanteile der schweren Elemente zum großen Teil an diese veränderten Massenwerte angeschlossen sind, mußten auch diese einer Neuberechnung unterzogen werden. Da diese Dinge für den Chemiker aber wenig Interesse bieten dürften, soll auf ihre ausführliche Wiedergabe hier verzichtet und auf unseren Bericht in der *Physikalischen Zeitschrift*¹⁾ verwiesen werden.

Die Neuberechnung der Isotopengewichte und damit der Packungsanteile sowie die Neumessungen der Isotopenverteilung bei den zahlreichen

*) Nachdem schon bei den Isotopenberichten der letzten Jahre die Herren Flügg e und Mattauch die kritische Durchmusterung der einzelnen Angaben und ihre Zusammenfassung vorgenommen haben, erscheint von diesem Jahre ab der Bericht nur noch unter ihrem Namen. So wichtig die Kenntnis der genauen Atomgewichte auch für den Chemiker ist, so liegen doch die in den „Isotopenberichten“ referierten Arbeiten, also die Bestimmung der Atomgewichte der einzelnen Isotope und die Feststellung ihrer prozentuellen Häufigkeit, ganz in den Händen der auf diesem Gebiet sachkundigen Physiker. Der Unterzeichnete kann deshalb diese Berichte, nachdem er zwanzig Jahre damit betraut war, mit bestem Gewissen den genannten Herren überlassen.

Otto Hahn.

¹⁾ S. Flügg e und J. Mattauch: *Physik. Ztschr.*, erscheint demnächst.

Elementen, über die zum Teil bereits im „Nachtrag 1940 und 1941“¹⁾ referiert wurde, lassen eine Neuauflistung der im Bericht von 1939 gegebenen Tabelle wünschenswert erscheinen. Sie enthält neben der Ordnungszahl Z und der Massenzahl A zunächst die prozentuelle Beteiligung jedes Isotops. Die nächste Spalte bringt den Packungsanteil f , der wie üblich in Einheiten von 0.01% angegeben ist. Er wurde vom Wasserstoff bis zum Zink und vom Thallium bis zum Uran für die einzelnen Isotope berechnet. Um für die große Zahl der übrigen Elemente zu einer Abschätzung des Packungsanteils zu kommen, wurden die f -Werte der obenerwähnten Neuberechnung gegen die Ordnungszahl Z (nicht wie üblich gegen die Massenzahl A) aufgetragen, entsprechend der bei ihrer massenspektrographischen Messung benutzten Voraussetzung, daß die Isotope eines Elementes in diesem Gebiet näherungsweise den gleichen Packungsanteil besitzen. Diese Punkte wurden durch eine glatte Kurve verbunden. Die aus der Kurve geschätzten Werte stehen in Klammern im Gegensatz zu den massenspektrographischen Meßwerten. Es soll hier nicht unerwähnt bleiben, daß diese Meßwerte bei den schwersten Elementen, von etwa Thallium ab, nach Ausweis der α - und β -Energien der radioaktiven Elemente noch durch einen systematischen Fehler verfälscht sein müssen. Da bei den leichten Elementen die Isotopengewichte genau bekannt sind und hier die Voraussetzung gleichen Packungsanteils für die Isotope eines Elementes nicht gemacht werden kann, wurde in der nächsten Spalte für die Elemente bis zum Zink aus den prozentuellen Häufigkeiten und Isotopengewichten ein mittleres Isotopengewicht berechnet. Diese Werte sind dann nur mit dem chemischen Umrechnungsfaktor zu multiplizieren, um das Atomgewicht zu erhalten. Als Umrechnungsfaktor wurde der Smythesche Faktor 1.000275 benutzt. Vom Gallium aufwärts wurde wie üblich in dieser Spalte die mittlere Massenzahl eingetragen; um zum chemischen Atomgewicht zu kommen, muß also hier neben dem Umrechnungsfaktor auch der Packungsanteil berücksichtigt werden. Die letzten beiden Spalten enthalten dann nebeneinander das aus den massenspektrographischen Messungen berechnete und das in der Internationalen Tabelle angegebene chemische Atomgewicht.

In der Berichtszeit wurden bei den folgenden Elementen Neumessungen der Isotopenverteilung gemacht:

Kalium: In einer Reihe von Arbeiten haben A. Lasnitzki und A. K. Brewer²⁾ das Verhältnis $^{41}\text{K}/^{39}\text{K}$ in Gewebezellen von Menschen und Tieren untersucht. Während gewöhnliches Gewebe den gleichen ^{41}K -Gehalt zeigt wie Kalium mineralischen Ursprungs, finden die Verf. ihn bei Zellen aus Knochen plus Mark durchweg höher (beim Menschen im Durchschnitt + 1.5%, bei Ratten + 1.9%), bei Carcinomzellen dagegen um etwa 1% niedriger. Bei Krebsträgern wird bereits bei normalen Zellen ein etwas geringerer ^{41}K -Gehalt gefunden.

Nickel: Von den beiden im Vorjahre angegebenen Neumessungen der Isotopenhäufigkeiten wurden in Übereinstimmung mit dem internationalen Isotopenbericht nur die Messungen von E. Valley³⁾ in die Tafel aufgenommen.

¹⁾ O. Hahn, S. Flügge u. J. Mattauach, B. **75**, (A), 14, 21 [1942].

²⁾ Biochem. Journ. **35**, 144 [1941]; Nature **149**, 357 [1942].

³⁾ Physic. Rev. **57**, 945 [1940].

Kupfer: Hier existierte bisher nur eine alte Schätzung des Verhältnisses beider Isotope, die Aston mit seinem ersten Apparat durchgeführt hatte. Bei Kupfer als einzigem Elemente war daher bisher in den Tafeln das aus dem chemisch gemessenen Atomgewicht berechnete Häufigkeitsverhältnis eingetragen gewesen. Nun hat H. Ewald⁴⁾ das Verhältnis $^{63}\text{Cu}/^{65}\text{Cu}$ massenspektrographisch neu bestimmt und zu 2.348 ± 0.020 gefunden. Die prozentuellen Häufigkeiten werden damit:

Massenzahl	63	65
Proz. Häufigkeit	70.13	29.87.

Nimmt man für die beiden Kupfer-Isotope den Packungsanteil von ^{63}Cu — d. i. — 8.13 ± 0.10 — als gültig an, dann erhält man für das mittlere Isotopengewicht 63.546 ± 0.004 und für das chemische Atomgewicht 63.53 ± 0.01 , wobei durch die Erhöhung der Fehlerangabe der Unsicherheit im Packungsanteil Rechnung getragen wird. Der Ewaldsche Wert für das Atomgewicht liegt demnach um 0.04 Einheiten niedriger als der internationale.

Ruthenium: Auch hier gab es nur eine Schätzung von Aston, wonach sogar die Existenz von ^{99}Ru fraglich blieb. Ewald⁴⁾ erhielt nun massenspektrographisch die folgenden Werte für die prozentuelle Häufigkeit, die mittlere Massenzahl und das chemische Atomgewicht:

Massenzahl	96	98	99	100	101	102	104
Proz. Häufigkeit	5.68	2.22	12.81	12.70	16.98	31.34	18.27
Mittl. Massenzahl	101.128 ± 0.020						
Chem. Atomgewicht	$101.03_s \pm 0.02_s$						

Das massenspektrographische Ergebnis weicht stark von dem Wert 101.7 der Internationalen Tabelle ab. Es steht aber in sehr guter Übereinstimmung mit dem von K. Gleu und K. Rehm⁵⁾ auf chemischem Wege erhaltenen Wert 101.08 ± 0.05 .

Tellur: R. Migeotte⁶⁾ hat die relativen Intensitäten der Linien der Absorptionsbanden, die den häufigeren Te_2 -Molekülen von den Massen 256, 254, 252, 250 entsprechen, gemessen. Sie stehen, wie zu erwarten, ungefähr in den Verhältnissen der aus den massenspektrographischen Messungen von Bainbridge berechneten Häufigkeiten der entsprechenden Gruppen von Isotopen Molekülen. Um seine Messung für 250 und eine Schätzung für 248 in bessere Übereinstimmung mit den berechneten Werten zu bringen, nimmt Migeotte für das inzwischen von A. J. Dempster⁷⁾ aufgefundene Isotop ^{120}Te eine Häufigkeit von 1.5% an. Da die beiden Massen aus 3 bzw. 4 verschiedenen Isotopen Molekülen zusammengesetzt werden und da diese Angabe dem von

⁴⁾ Erscheint demnächst.

⁵⁾ Ztschr. f. anorg. allgem. Chem. **235**, 352 [1938].

⁶⁾ Bull. Soc. Roy. Sci. Liège **11**, 44 [1942].

⁷⁾ Physic. Rev. **50**, 186 [1936].

Dempster reproduzierten Massenspektrum stark zu widersprechen scheint, konnten wir uns nicht entschließen, sie in die Tafel aufzunehmen.

Seltene Erden: Hier sind einige weitere massenspektrographische Messungen von W. Wahl bekanntgeworden. Über seine am Ytterbium gewonnene⁸⁾ und inzwischen auch anderweitig⁹⁾ veröffentlichten Ergebnisse konnten wir bereits im Vorjahr berichten.

Ferner wurden von Wahl¹⁰⁾ genaue Messungen beim Gadolinium gemacht, die die folgenden Ergebnisse lieferten:

Massenzahl	152	154	155	156	157	158	160
Proz. Häufigkeit	(0.2)	2.86	15.61	20.59	16.42	23.45	20.87

Die Häufigkeitsangabe für ¹⁵²Gd stammt noch von Dempster, da Wahl dieses seltene Isotop nicht auf seinen Platten erhalten konnte. Für die mittlere Massenzahl ergibt sich 157.247 und für das chemische Atomgewicht berechnet sich daraus der Wert 157.18, gegenüber dem internationalen Wert 156.9.

Seine Messungen am Erbium gibt Wahl¹¹⁾ als angenähert an, da nur wenige Spektren verwendbar waren. Die Ergebnisse sind:

Massenzahl	162	164	166	167	168	170
Proz. Häufigkeit	(0.1)	1.5	32.9	24.4	26.9	14.2

wobei wieder für das seltene ¹⁶²Er die Dempstersche Angabe übernommen wird. Für die mittlere Massenzahl und das chemische Atomgewicht erhält man damit 167.316 und 167.26 (internationaler Wert 167.2).

Hafnium: Bei diesem Element wurden die Isotopenhäufigkeiten von J. Mattauch und H. Ewald¹²⁾ neu gemessen mit folgenden Ergebnissen:

Massenzahl	174	176	177	178	179	180
Proz. Häufigkeit	0.18	5.24	18.47	27.13	13.84	35.14

Der wahrscheinliche Fehler beträgt beim ersten Wert etwa 5%, beim zweiten 2% und bei den 4 letzten durchschnittlich 0.5%. Es ergibt sich für die mittlere Massenzahl 178.545 ± 0.004 und mit einem Packungsanteil von +0.2 und dem Smytheschen Umrechnungsfaktor für das chemische Atomgewicht 178.50 ± 0.02 , wobei der Fehler in der Hauptsache durch die Unsicherheit des Packungsanteils gegeben ist. Der nicht mit so hoher Genauigkeit bestimmte internationale Wert ist 178.6.

⁸⁾ Naturwiss. **29**, 536 [1941].

⁹⁾ Särtryck ar Finska Kemistsamfundets Meddelanden No. 1, 1941.

¹⁰⁾ Soc. Sci. fenn., Comment. physico-math. **11**, 1 [1941].

¹¹⁾ Suomen Kemistiseuran Tiedonantoja **50**, 10 [1941].

¹²⁾ Erscheint demnächst.

Protonenzahl Z	Element	Symbol	Massenzahl A	Häufigkeit in Prozenten	Packungsanteil f	Mittleres Isotopengewicht	Chemisches Atomgewicht für O = 16	
							aus Isotopenzusammensetzung	Internationale Tabelle
0	Neutron	n	1	---	89.45 \pm 0.25			
1	Wasserstoff .	H (D)	1	99.98	81.31 \pm 0.032	} 1.00833	1.00805	1.0080
			2	0.02	73.63 \pm 0.032			
2	Helium	He	3	10 ⁻⁵	56.63 \pm 0.066	} 4.0039	4.0028	4.003
			4	\sim 100	9.65 \pm 0.077			
3	Lithium	Li	6	7.9	28.20 \pm 0.085	} 6.9391	6.9372	6.940
			7	92.1	25.95 \pm 0.081			
4	Beryllium . .	Be	9	100	16.62 \pm 0.069	9.0150	9.0125	9.02
5	Bor	B	10	20	16.17 \pm 0.070	} 10.8136	10.8106	10.82
			11	80	11.73 \pm 0.045			
6	Kohlenstoff .	C	12	98.9	1.92 \pm 0.021	} 12.0133	12.010	12.010
			13	1.1	2.52 \pm 0.032			
7	Stickstoff . .	N	14	99.62	5.38 \pm 0.011	} 14.0113	14.0074	14.008
			15	0.38	3.25 \pm 0.048			
8	Sauerstoff . .	O	16	99.76	0.00 p. Def.	} 16.0044	16.0000	16.000
			17	0.04	2.65 \pm 0.035			
			18	0.20	2.69 \pm 0.10			
9	Fluor	F	19	100	2.39 \pm 0.063	19.0045	18.999	19.00
10	Neon	Ne	20	90.00	0.55 \pm 0.03	} 20.1962	20.191	20.183
			21	0.27	0.0 \pm 0.09			
			22	9.73	0.65 \pm 0.13			
11	Natrium . . .	Na	23	100	1.57 \pm 0.1	22.9964	22.990	22.997
12	Magnesium . .	Mg	24	77.4	3.29 \pm 0.13	} 24.3291	24.322	24.32
			25	11.5	2.51 \pm 0.07			
			26	11.1	3.70 \pm 0.15			
13	Aluminium . .	Al	27	100	3.78 \pm 0.03	26.9898	26.982	26.97
14	Silicium	Si	28	89.6	5.56 \pm 0.13	} 28.1303	28.123	28.06
			29	6.2	5.28 \pm 0.048			
			30	4.2	5.63 \pm 0.11			
15	Phosphor . . .	P	31	100	5.63 \pm 0.06	30.9826	30.974	30.974
16	Schwefel . . .	S	32	95.1	5.97 \pm 0.022	} 32.0727	32.064	32.06
			33	0.74	6.02 \pm 0.12			
			34	4.2	6.77 \pm 0.06			
			36	0.016	(6.5)			
17	Chlor	Cl	35	75.4	6.05 \pm 0.054	} 35.4706	35.461	35.457
			37	24.6	6.03 \pm 0.027			

Protonenzahl Z	Element	Symbol	Massenzahl A	Häufigkeit in Prozenten	Packungsanteil f	Mittleres Isotopengewicht	Chemisches Atomgewicht für O = 16	
							aus Isotopenzusammensetzung	Internationale Tabelle
18	Argon	A	36	0.31	-- 6.14 \pm 0.11	} 39.9620	39.951	39.944
			38	0.06	-- 6.68 \pm 0.08			
			40	99.63	-- 6.13 \pm 0.03			
19	Kalium	K	39	93.44	-- 6.41	} 39.1060	39.095	39.096
			40 ^B	0.012	-- 6.10			
			41	6.55	-- 6.59 od. --6.22			
20	Calcium	Ca	40	96.96	-- 6.28	} 40.0898	40.079	40.08
			42	0.64	-- 6.74			
			43	0.15	-- 6.12			
			44	2.07	-- (6.5)			
			46	0.003	-- (6.5)			
			48	0.185	-- (6.5)			
21	Scandium	Sc	45	100	-- 7.22 \pm 0.13	44.9675	44.955	45.10
22	Titan	Ti	46	7.95	-- 7.50 \pm 0.13	} 47.8891	47.876	47.90
			47	7.75	-- 7.50 \pm 0.20			
			48	73.45	-- 7.63 \pm 0.098			
			49	5.51	-- 7.18 \pm 0.11			
			50	5.34	-- 7.54 \pm 0.08			
23	Vanadium	V	51	100	-- 8.25 \pm 0.13	50.9579	50.944	50.95
24	Chrom	Cr	50	4.49	-- (8.85)	} 52.0044	51.990	52.01
			52	83.78	-- 8.85 \pm 0.15			
			53	9.43	-- (8.85)			
			54	2.30	-- (8.85)			
25	Mangan	Mn	55	100	-- 7.15 \pm 0.31	54.9607	54.946	54.93
26	Eisen	Fe	54	5.84	-- (7.15)	} 55.8711	55.856	55.85
			56	91.68	-- 7.15 \pm 0.30			
			57	2.17	-- (7.15)			
			58	0.31	-- (7.15)			
27	Kobalt	Co	59	100	-- 8.31 \pm 0.07	58.9510	58.935	58.94
28	Nickel	Ni	58	67.4	-- 6.95 \pm 0.07	} 58.7314	58.715	58.69
			60	26.7	-- 8.37 \pm 0.06			
			61	1.2	-- 7.54 \pm 0.25			
			62	3.8	-- 8.13 \pm 0.06			
			64	0.88	-- 8.21 \pm 0.09			
29	Kupfer	Cu	63	70.13	-- 8.13 \pm 0.1	} 63.5457	63.528	63.57
			65	29.87	-- (8.13)			
30	Zink	Zn	64	50.9	-- 8.03 \pm 0.09	} 65.3365	65.319	65.38
			66	27.3	-- (8.03)			
			67	3.9	-- (8.03)			
			68	17.4	-- (8.03)			
			70	0.5	-- (8.03)			

Protonenzahl A	Element	Symbol	Massenzahl A	Häufigkeit in Prozenten	Packungsanteil f	Mittlere Massenzahl	Chemisches Atomgewicht für O = 16																																																																																																																																																														
							aus Isotopenzusammensetzung	Internationale Tabelle																																																																																																																																																													
31	Gallium	Ga	69	61.5	} 6.71	69.770	69.70	69.72																																																																																																																																																													
			71	38.5					32	Germanium . .	Ge	70	21.2	} (7.1)	72.657	72.59	72.60	72	27.3	73	7.9	74	37.1	76	6.5	33	Arsen	As	75	100	---(7.1)	75.000	74.93	74.91	34	Selen	Se	74	0.9	} (7.1)	79.023	78.95	78.96	76	9.5	77	8.3	78	24.0	80	48.0	82	9.3	35	Brom	Br	79	50.6	} (7.1)	79.988	79.91	79.916	81	49.4	36	Krypton	Kr	78	0.35	} 7.26 ± 0.15	83.902	83.82	83.7	80	2.01	82	11.52	83	11.52	84	57.13	86	17.47	37	Rubidium . . .	Rb	85	72.8	} (7.05)	85.544	85.46	85.48	87 β	27.2	38	Strontium . . .	Sr	84	0.56	} (7.00)	87.710	87.62	87.63	86	9.86	87	7.02	88	82.56	39	Yttrium	Y	89	100	---(6.9)	89.000	88.91	88.92	40	Zirkon	Zr	90	48	} (6.75)	91.325	91.24	91.22	91	11.5	92	22	94	17	96	1.5	41	Niob	Nb	93	100	---(6.6)	93.000	92.91	92.91	42	Molybdän . . .	Mo	92	14.9	} 6.43 ± 0.41	96.003	95.92	95.95	94	9.40	95	16.1	96	16.6	97	9.65	98	24.1		
32	Germanium . .	Ge	70	21.2	} (7.1)	72.657	72.59	72.60																																																																																																																																																													
			72	27.3																																																																																																																																																																	
			73	7.9																																																																																																																																																																	
			74	37.1																																																																																																																																																																	
			76	6.5																																																																																																																																																																	
33	Arsen	As	75	100	---(7.1)	75.000	74.93	74.91																																																																																																																																																													
34	Selen	Se	74	0.9	} (7.1)	79.023	78.95	78.96																																																																																																																																																													
			76	9.5																																																																																																																																																																	
			77	8.3																																																																																																																																																																	
			78	24.0																																																																																																																																																																	
			80	48.0																																																																																																																																																																	
			82	9.3																																																																																																																																																																	
35	Brom	Br	79	50.6	} (7.1)	79.988	79.91	79.916																																																																																																																																																													
			81	49.4																																																																																																																																																																	
36	Krypton	Kr	78	0.35	} 7.26 ± 0.15	83.902	83.82	83.7																																																																																																																																																													
			80	2.01																																																																																																																																																																	
			82	11.52																																																																																																																																																																	
			83	11.52																																																																																																																																																																	
			84	57.13																																																																																																																																																																	
			86	17.47																																																																																																																																																																	
37	Rubidium . . .	Rb	85	72.8	} (7.05)	85.544	85.46	85.48																																																																																																																																																													
			87 β	27.2																																																																																																																																																																	
38	Strontium . . .	Sr	84	0.56	} (7.00)	87.710	87.62	87.63																																																																																																																																																													
			86	9.86																																																																																																																																																																	
			87	7.02																																																																																																																																																																	
			88	82.56																																																																																																																																																																	
39	Yttrium	Y	89	100	---(6.9)	89.000	88.91	88.92																																																																																																																																																													
40	Zirkon	Zr	90	48	} (6.75)	91.325	91.24	91.22																																																																																																																																																													
			91	11.5																																																																																																																																																																	
			92	22																																																																																																																																																																	
			94	17																																																																																																																																																																	
			96	1.5																																																																																																																																																																	
41	Niob	Nb	93	100	---(6.6)	93.000	92.91	92.91																																																																																																																																																													
42	Molybdän . . .	Mo	92	14.9	} 6.43 ± 0.41	96.003	95.92	95.95																																																																																																																																																													
			94	9.40																																																																																																																																																																	
			95	16.1																																																																																																																																																																	
			96	16.6																																																																																																																																																																	
			97	9.65																																																																																																																																																																	
			98	24.1																																																																																																																																																																	
			100	9.25																																																																																																																																																																	

Protonenzahl A	Element	Symbol	Massenzahl A	Häufigkeit in Prozenten	Packungsanteil f	Mittlere Massenzahl	Chemisches Atomgewicht für O = 16	
							aus Isotopenzusammensetzung	Internationale Tabelle
44	Ruthenium	Ru	96	5.68	} - 6.49 ± 0.31	101.128	101.03	101.7
			98	2.22				
			99	12.81				
			100	12.70				
			101	16.98				
			102	31.34				
			104	18.27				
45	Rhodium ...	Rh	103	100	- 5.34 ± 0.37	103	102.92	102.91
46	Palladium ...	Pd	102	0.8	} - 5.38 ± 0.3	106.631	106.54	106.7
			104	9.3				
			105	22.6				
			106	27.2				
			108	26.8				
			110	13.5				
47	Silber	Ag	107	52.5	} - 5.06 ± 0.2	107.950	107.87	107.88
			109	47.5				
48	Cadmium ...	Cd	106	1.4	} - (5.3)	112.465	112.37	112.41
			108	1.0				
			110	12.8				
			111	13.0				
			112	24.2				
			113	12.3				
			114	28.0				
			116	7.3				
49	Indium	In	113	4.5	} - (5.1)	114.910	114.82	114.76
			115	95.5				
50	Zinn	Sn	112	1.1	} - 5.07 ± 0.32	118.785	118.69	118.70
			114	0.8				
			115	0.4				
			116	15.5				
			117	9.1				
			118	22.5				
			119	9.8				
			120	28.5				
			122	5.5				
			124	6.8				
51	Antimon ...	Sb	121	56	} - (4.8)	121.880	121.79	121.76
			123	44				
52	Tellur	Te	120	selten	} - (4.5)	127.668	127.58	127.61
			122	2.9				
			123	1.6				
			124	4.5				
			125	6.0				
			126	19.0				
			128	32.8				
			130	33.1				

Protonenzahl A	Element	Symbol	Massenzahl A	Häufigkeit in Prozenten	Packungsanteil f	Mittlere Massenzahl	Chemisches Atomgewicht für O = 16	
							aus Isotopenzusammensetzung	Internationale Tabelle
53	Jod	J	127	100	--(4.2)	127	126.91	126.92
54	Xenon	X	124	0.094	} --- 4.20 \pm 0.1	131.400	131.31	131.3
			126	0.088				
			128	1.91				
			129	26.23				
			130	4.06				
			131	21.18				
			132	26.98				
			134	10.55				
			136	8.95				
55	Caesium . . .	Cs	133	100	--(3.9)	133	132.91	132.91
56	Barium	Ba	130	0.101	} ---(3.6)	137.422	137.34	137.36
			132	0.097				
			134	2.42				
			135	6.6				
			136	7.8				
			137	11.3				
			138	71.7				
57	Lanthan	La	139	100	--- 3.44 \pm 0.26	139	138.91	138.92
58	Cer	Ce	136	selten	} ---(3.1)	140.22	140.13	140.13
			138	selten				
			140	89				
			142	11				
59	Praseodym . .	Pr	141	100	---(2.9)	141	140.92	140.92
60	Neodym	Nd	142	25.95	} --- 2.49 \pm 0.09	144.402	144.33	144.27
			143	13.0				
			144	22.6				
			145	9.2				
			146	16.5				
			148	6.8				
			150	5.95				
62	Samarium . . .	Sm	144	3	} ---(2.3)	150.200	150.1	150.37
			147	17				
			148 α	14				
			149	15				
			150	5				
			152	26				
			154	20				
63	Europium . . .	Eu	151	49	} ---(2.0)	152.020	151.95	152.0
			153	51				

Protonenzahl A	Element	Symbol	Massenzahl A	Häufigkeit in Prozenten	Packungsanteil f	Mittlere Massenzahl	Chemisches Atomgewicht für O = 16	
							aus Isotopenzusammensetzung	Internationale Tabelle
64	Gadolinium .	Gd	152	(0.2)	} -- (1.8)	157.247	157.18	156.9
			154	2.86				
			155	15.61				
			156	20.59				
			157	16.42				
			158	23.45				
			160	20.87				
65	Terbium ...	Tb	159	100	-- (1.5)	159	158.93	159.2
66	Dysprosium	Dy	158	0.1	} -- (1.3)	162.548	162.5	162.46
			160	1.5				
			161	22				
			162	24				
			163	24				
			164	28				
67	Holmium ...	Ho	165	100	-- (1.1)	165	164.94	164.94
68	Erbium	Er	162	0.1	} -- (0.8)	167.316	167.26	167.2
			164	1.5				
			166	32.9				
			167	24.4				
			168	26.9				
			170	14.2				
69	Thulium ...	Tm	169	100	-- (0.6)	169	168.94	169.4
70	Ytterbium...	Yb	168	0.06	} -- (0.3)	173.068	173.02	173.04
			170	4.21				
			171	14.26				
			172	21.49				
			173	17.02				
			174	29.58				
			176	13.38				
71	Cassiopcium	Cp	175	97.5	} (0.0)	175.025	174.98	174.99
			176 β	2.5				
72	Hafnium ...	Hf	174	0.18	} + (0.2)	178.545	178.50	178.6
			176	5.24				
			177	18.47				
			178	27.13				
			179	13.84				
			180	35.14				
73	Tantal	Ta	181	100	-- (0.4)	181	180.96	180.88
74	Wolfram ...	W	180	0.2	} -- (0.6)	183.963	183.92	183.92
			182	22.6				
			183	17.3				
			184	30.1				
			186	29.8				

Protonenzahl A	Element	Symbol	Massenzahl A	Häufigkeit in Prozenten	Packungsanteil f	Mittlere Massenzahl	Chemisches Atomgewicht für O = 16	
							aus Isotopenzusammensetzung	Internationale Tabelle
75	Rhenium ..	Re	185	38.2	} + (0.9)	186.236	186.20	186.31
			187	61.8				
76	Osmium ...	Os	184	0.018	} + 1.25 ± 0.34	190.276	190.25	190.2
			186	1.59				
			187	1.64				
			188	13.3				
			189	16.2				
			190	26.4				
			192	40.9				
77	Iridium	Ir	191	38.5	} + 1.29 ± 0.44	192.230	192.20	193.1
			193	61.5				
78	Platin	Pt	192	0.8	} + 1.4 ± 0.4	195.156	195.13	195.23
			194	30.2				
			195	35.3				
			196	26.6				
			198	7.2				
79	Gold	Au	197	100	+ 2.0 ± 0.2	197	196.99	197.2
80	Quecksilber.	Hg	196	0.15	} + (2.1)	200.613	200.60	200.61
			198	10.12				
			199	17.04				
			200	23.25				
			201	13.18				
			202	29.54				
			204	6.72				
81	Thallium ...	Tl	203	29.1	} + 2.65 ± 0.36	204.413	204.41	204.39
			205	70.9				
82	Blei	Pb	204	1.5	} + 2.62 ± 0.33	207.242	207.24	207.21
			206	23.6				
			207	22.6				
			208	52.3				
83	Wismut	Bi	209	100	+ 2.46 ± 0.32	209	208.99	209
84	Polonium ..	Po	210 α		+ (2.8)		210.00	
86	Radon (Em.)	Rn	222 α		+ (3.8)		222.02	222
88	Radium ...	Ra	226 α		+ (4.2)		226.03	226.05
89	Actinium ...	Ac	227 β		+ (4.3)		227.04	
90	Thorium ...	Th	232 α	100	+ 5.07 ± 0.34	232	232.05	232.12
91	Protactinium	Pa	231 α		+ (4.7)	231	231.05	231
92	Uran	UII	234 α	0.006	} + 5.16 ± 0.33	237.978	238.04	238.07
		AcV	235 α	0.720				
		UI	238 α	99.274				