

Lösungen (ohne Aufgabenstellungen)

Aufgaben

A 1

Die Alkali- und Erdalkalimetalle sowie die Halogene sind sehr reaktionsfähig. Da sie sofort mit anderen Stoffen reagieren, sind sie in elementarer Form in der Natur nicht beständig. Man findet ihre Atome daher fast ausschliesslich in Verbindungen.

A 2

Da das gasförmige Wolfram mit Brom zu einer flüchtigen Verbindung reagiert, resublimiert es nicht an der Glaswand; diese bleibt klar.

Die grössere Helligkeit gegenüber einer herkömmlichen Glühlampe wird vor allem durch eine höhere Temperatur der Glühwendel erreicht. Bei dieser höheren Temperatur würde die Wendel einer herkömmlichen Glühlampe durch verstärkte Sublimation von Wolfram sehr schnell dünner werden und schliesslich «durchbrennen». Bei der Halogenlampe dagegen scheidet sich Wolfram durch den Zerfall von Wolframhexabromid auf der heissen Wendel wieder ab. Dies erklärt die höhere Lebensdauer einer Halogenlampe.

A 3

a) Im Gegensatz zu Wasserstoff ist Helium nicht brennbar und bildet deshalb auch keine explosiven Gemische mit Luft. (Ein Nachteil von Helium ist allerdings die im Vergleich zu Wasserstoff etwa doppelt so grosse Dichte. Deswegen ist der Auftrieb bei einem Helium-Ballon kleiner.)

b) Die Dichte von Argon ist grösser als die von Luft; ein mit Argon gefüllter Ballon könnte gar nicht aufsteigen. Argon ist daher als Füllgas für Ballone und Zeppeline ungeeignet.

A 4

Die Lösung erhält man durch einen Vergleich von ▷Abb. 29 mit ▷Abb. 31: In ▷Abb. 29 müssten die Edelgase in der Zeile zwischen den Halogenen (F, Cl, Br, I; drittunterste Zeile in ▷Abb. 29) und den Alkalimetallen (Li, Na, K, Rb, Cs; zweitunterste Zeile in ▷Abb. 29) stehen.

A 5

Man nähert die beiden Kugeln einander an. Wenn sie sich abstossen, sind sie gleichnamig geladen, andernfalls ungleichnamig.

A 6

Nach dem Coulomb-Gesetz sinkt die Anziehungskraft mit dem Quadrat des Abstands r zwischen den beiden Kugeln: Wird der Abstand verdoppelt (von r auf $2r$), so sinkt die Anziehungskraft auf ein Viertel des ursprünglichen Werts.

Dies lässt sich mit dem Coulomb-Gesetz auch formal herleiten. Zuerst sei der Abstand r_1 ; für die entsprechende elektrostatische Kraft F_1 gilt dann:

$$F_1 = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_1^2}$$

Nach der Verdopplung des Abstands gilt: $r_2 = 2r_1$. Die elektrostatische Kraft ist jetzt:

$$F_2 = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_2^2} = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{(2r_1)^2} = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4r_1^2} = \frac{1}{4} \left[k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_1^2} \right] = \frac{1}{4} F_1$$

Damit ist gezeigt, dass die Kraft F_2 nur noch ein Viertel mal so gross ist wie die Kraft F_1 .

A 7

a)

Der Eisenwürfel besitzt ein Volumen von $V = 1 \text{ m}^3 = (100 \text{ cm})^3 = 10^6 \text{ cm}^3$.

Seine Masse ist $m = \rho \cdot V = 7,9 \text{ g/cm}^3 \cdot 10^6 \text{ cm}^3 = 7,9 \cdot 10^6 \text{ g} = 7900 \text{ kg}$.

b)

Die Kantenlänge des Würfels wäre $\frac{1}{100000} \text{ m}$ oder $\frac{1}{100} \text{ mm}$.

Da die Masse der Elektronen im Verhältnis zur Masse der Nukleonen vernachlässigbar klein ist, wäre die Masse dieses Würfels ebenfalls ungefähr 7900 kg.

c)

Das Volumen des Würfels aus Atomkernen ist $\left(\frac{1}{1000} \text{ cm} \right)^3 = \frac{1}{10^9} \text{ cm}^3 = 10^{-9} \text{ cm}^3$.

Seine Dichte ist $\rho = \frac{m}{V} = \frac{7,9 \cdot 10^6 \text{ g}}{10^{-9} \text{ cm}^3} = 7,9 \cdot 10^{15} \text{ g/cm}^3$.

A 8

Die Ordnungszahl eines Elements ist identisch mit der Anzahl Protonen (Kernladungszahl) seiner Atome. Im neutralen Atom ist die Anzahl Protonen wiederum gleich der Anzahl der Elektronen in der Hülle.

A 9

α -Teilchen sind Helium-Atomkerne; diese sind zweifach positiv geladen, haben die Nukleonenzahl 4 und damit fast genau die Masse 4 u.

A 10

Aus den Nuklidsymbolen ${}^1_1\text{H}$ und ${}^2_1\text{H}$ lässt sich folgern, dass das Deuterium-Atom im Unterschied zum Wasserstoff-Atom ein Neutron besitzt.

A 11



A 12

	a)	b)			c)
$^{20}_{10}\text{Ne}$:	Z = 10	10 p ⁺	10 e ⁻	10 n	m(1 Ne) ≈ 20 u
$^{63}_{29}\text{Cu}$:	Z = 29	29 p ⁺	29 e ⁻	34 n	m(1 Cu) ≈ 63 u
$^{197}_{79}\text{Au}$:	Z = 79	79 p ⁺	79 e ⁻	118 n	m(1 Au) ≈ 197 u

A 13

$$52,5\% \cdot 106,9\text{ u} + 47,5\% \cdot 108,9\text{ u} = \frac{52,5}{100} \cdot 106,9\text{ u} + \frac{47,5}{100} \cdot 108,9\text{ u} = \frac{100}{100} \cdot 107,85\text{ u} = 107,85\text{ u}$$

Die mittlere Atommasse des natürlichen Isotopengemischs beträgt somit 107,85 u. Dies stimmt ziemlich genau mit dem im Periodensystem angegebenen Wert (107,87 u) überein. Die geringe Abweichung ist auf die Rundungen in den Ausgangswerten zurückzuführen.

A 14

Wenn 75 % der Rn-222-Atome zerfallen sind, so sind 25 %, also ein Viertel (50 % von 50 %), noch unverändert vorhanden. Dies ist der Fall nach Ablauf von zwei Halbwertszeiten:

$$t = 2 \cdot t_{1/2} = 2 \cdot 3,8\text{ Tage} = 7,6\text{ Tage}$$

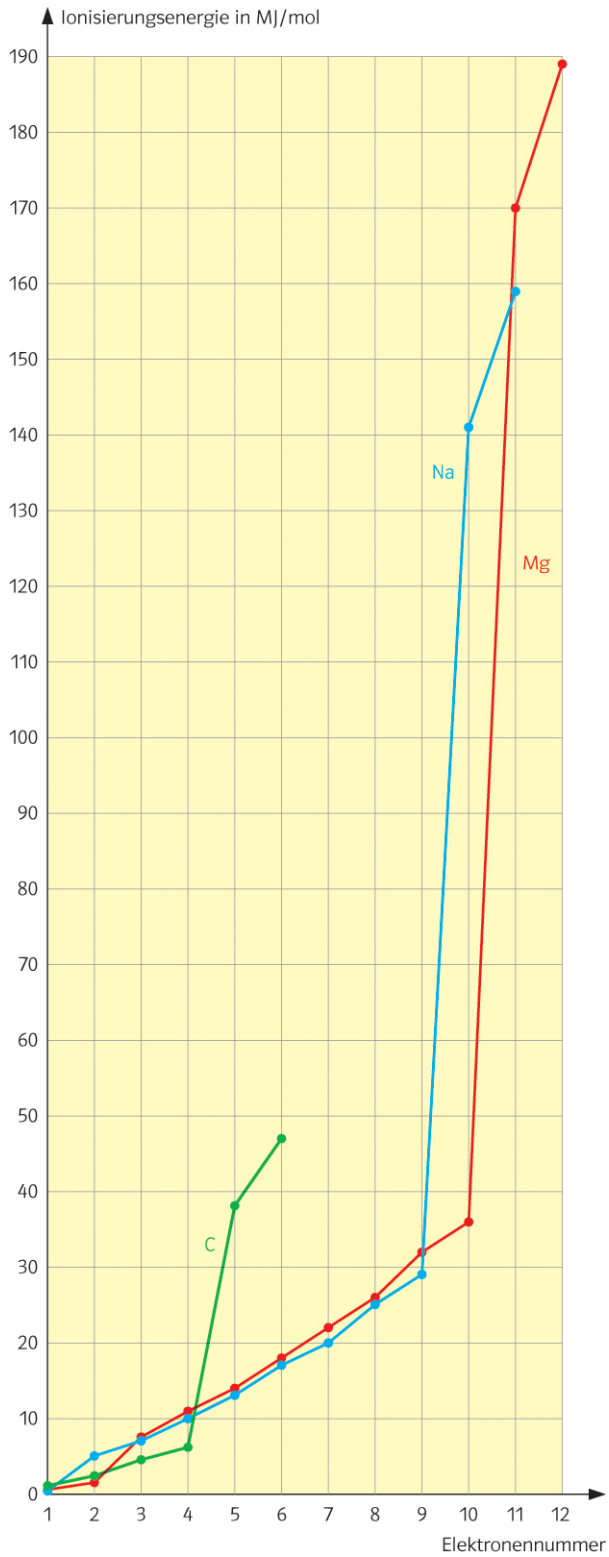
A 15

a)

Nummer des Elektrons	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ionisierungsenergie (Mg) in MJ/mol	0,7	1,5	7,7	11	14	18	22	26	32	36	170	189
Ionisierungsenergie (Na) in MJ/mol	0,5	5	7	10	13	17	20	25	29	141	159	
Ionisierungsenergie (C) in MJ/mol	1,1	2,4	4,6	6,2	38	47						

Bereits in dieser Darstellung werden die Sprünge bei den Werten für die Ionisierungsenergie deutlich (beim Mg-Atom zum Beispiel zwischen dem 2. und 3. sowie zwischen dem 10. und 11. Elektron).

b)



Aus der oben stehenden Grafik ist klar ersichtlich, dass für die Abspaltung der jeweils letzten zwei Elektronen der höchste Energiebetrag erforderlich ist; dieser ist umso grösser, je höher die Kernladung ist. Die beiden letzten Elektronen sind besonders energiearm, da ihr Abstand zum Atomkern am kleinsten ist. Die Ionisierungsenergien dieser Elektronen sind durch einen deutlichen «Energiesprung» von den Ionisierungsenergien der restlichen Elektronen getrennt. Somit gehören diese Elektronen einer anderen Energiestufe an als die restlichen Elektronen.

Bei der vollständigen Ionisierung des Kohlenstoff-Atoms tritt nur ein «Energiesprung» auf. Die Elektronen des Kohlenstoff-Atoms lassen sich also zwei verschiedenen Energiestufen zuordnen.

Bei der vollständigen Ionisierung des Natrium- bzw. Magnesium-Atoms gibt es zusätzlich einen «Energiesprung» nach der Entfernung des ersten bzw. zweiten Elektrons. Die Elektronen des Natrium- und Magnesium-Atoms lassen sich damit drei verschiedenen Energietufen zuordnen.

A 16

- a) Die Hüllen der Atome, die in \triangleright Abb. 63 untereinander stehen, haben dieselbe Anzahl Elektronen auf der äussersten Schale.
- b) Die Hüllen der Atome, die in den Zeilen nebeneinander stehen, weisen dieselbe Anzahl Schalen auf.

A 17

Antwort: Das Lithium-Atom.

Begründung: Das Lithium-Atom hat zwei Schalen weniger als das Kalium-Atom. Der Abstand zwischen dem Atomkern und dem Valenzelektron ist beim Lithium-Atom daher kleiner; somit ist das Elektron energieärmer. Für die Abspaltung des Valenzelektrons muss somit beim Lithium-Atom mehr Energie aufgewendet werden als beim Kalium-Atom, das heisst, die 1. Ionisierungsenergie ist beim Lithium-Atom grösser als beim Kalium-Atom.

A 18

K: 1 Ba: 2 Al: 3 O: 6 P: 5 Cl: 7 Ne: 8

A 19

Mg: 2+ Li: 1+ C: 4+ S: 6+ F: 7+

A 20

Die Atome der Alkali- und Erdalkalimetalle haben mit zunehmender Atommasse mehr Schalen. Die Valenzelektronen werden umso schwächer gebunden, je weiter diese Elektronen vom Atomkern entfernt sind, je grösser also die Anzahl Schalen ist. Dies erklärt, dass die Reaktionsfähigkeit der Alkali- und Erdalkalimetalle mit steigender Masse (und damit Schalenanzahl) ihrer Atome zunimmt.

A 21

Halogen-Atome nehmen umso leichter ein zusätzliches Elektron auf, je weniger Schalen sie besitzen. Die stärksten elektrostatischen Anziehungskräfte auf die Valenzelektronen wirken beim Fluor-Atom, das nur eine innere Schale besitzt. Das Fluor-Atom nimmt am leichtesten ein zusätzliches Elektron auf. Fluor ist daher das reaktionsfähigste Halogen. Mit steigender Atommasse nimmt die Anzahl Schalen zu; zusätzliche Elektronen werden weniger leicht aufgenommen. Die Reaktionsfähigkeit der Halogene nimmt daher mit steigender Atommasse ab.

A 22

- Die Atome, die in derselben Hauptgruppe untereinander stehen, besitzen jeweils dieselbe Anzahl Valenzelektronen.
- Die Atome, die in derselben Periode stehen, besitzen jeweils dieselbe Anzahl Schalen.

A 23

Im Unterschied zu den übrigen Edelgas-Atomen, die alle acht Valenzelektronen besitzen, sind in der Valenzschale des Helium-Atoms nur zwei Elektronen vorhanden. Dies ist die maximale Anzahl der Elektronen in der ersten Schale.

A 24

- Wasserstoff-Atome haben (wie die Alkalimetall-Atome) *ein* Valenzelektron.
- Obwohl Wasserstoff- und Alkalimetall-Atome die gleiche Anzahl Valenzelektronen aufweisen, ist der Wasserstoff ein typisches Nichtmetall. Die Sonderstellung des Wasserstoffs ist darauf zurückzuführen, dass das Elektron des Wasserstoff-Atoms durch die Nähe des Atomkerns wesentlich stärker angezogen wird als das Valenzelektron eines Alkalimetall-Atoms. Dies bestätigt ein Vergleich der Ionisierungsenergie des Wasserstoff-Atoms mit den Ionisierungsenergien der Alkalimetall-Atome in \triangleright Abb. 69. Darüber hinaus ist das Wasserstoff-Atom das einzige Atom, bei dem nach Abspaltung eines Elektrons nur noch der Atomkern übrig bleibt, der zudem ja viel kleiner ist als das ganze Atom. Bei keinem anderen Atom hat die Abspaltung eines Elektrons eine derart extreme Grössenänderung zur Folge.

Überprüfung und Vertiefung

Ü 1

Die meisten Verwendungsmöglichkeiten für Edelgase ergeben sich aus deren Reaktions-trägheit. Gekoppelt an die jeweiligen spezifischen Eigenschaften ergibt sie spezielle An-wendungen für die einzelnen Elemente.

Beispiel Helium: Geringere Dichte als Luft, daher Füllgas für Ballone.

Beispiel Argon: Ihre grössere Dichte als Luft und ihr relativ grosser Anteil in der Luft (günstiger Preis!) führen zur Verwendung als Schutzgas beim Schweiessen.

Ü 2

An dieser Stelle im Periodensystem der Elemente kollidieren seine beiden Ordnungsprinzipien (Anordnung nach steigender Atommasse und gleichzeitig nach chemischer Verwandtschaft): Die Atommasse von Tellur ist grösser als die Atommasse von Iod.

Begründung: Iod ist ein *Reinelement*; das einzige in der Natur vorkommende Iod-Nuklid ist ^{129}I . Tellur dagegen ist ein *Mischelement*; den grössten Anteil an natürlichem Tellur bildet zu ungefähr einem Drittel das Isotop ^{130}Te , gefolgt vom Isotop ^{128}Te . Die durchschnittliche Atommasse (gewichtetes Mittel) der natürlichen Tellur-Isotope beträgt 127,60 u. Die Atome des Reinelements Iod haben dagegen eine etwas kleinere Masse (sie beträgt 126,91 u).

Ü 3

Die moderne Definition lautet: Ein Element ist ein Stoff, dessen Atome alle dieselbe Protonenzahl besitzen.

Erläuterung: Die Anzahl der Elektronen ist bei einem (neutralen) Atom immer gleich der Protonenzahl. Da die Elektronen das chemische Verhalten der Atome bestimmen, ist somit die Protonenzahl für die Elementzugehörigkeit entscheidend. Die Atome eines Elements können sich jedoch in der Neutronenzahl unterscheiden: Nuklide mit derselben Protonenzahl, aber unterschiedlicher Neutronenzahl nennt man Isotope.

Ü 4

Es dauert gemäss >Abb. 68 etwa 50 Sekunden, bis die ursprünglich vorhandene Masse m_0 zur Hälfte zerfallen ist. Die Halbwertszeit $t_{1/2}$ von ^{220}Rn ist somit 50 Sekunden.

Für die nach Ablauf von drei Halbwertszeiten noch vorhandene Masse m des ursprünglichen Nuklids gilt:

$$m(3t_{1/2}) = m_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left(\frac{1}{2}\right) = m_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 = m_0 \cdot \frac{1}{2^3} = m_0 \cdot \frac{1}{8}$$

Nach drei Halbwertszeiten liegt also nur noch ein Achtel der Ausgangsmasse vor.

Ü 5

Ein α -Teilchen besteht aus zwei Protonen und zwei Neutronen, also 4 Nukleonen. Der beim Zerfall des Radon-Atoms ^{220}Rn zurückbleibende Atomkern hat somit nur noch $220 - 4 = 216$ Nukleonen. Dem Periodensystem lässt sich entnehmen, dass der Kern eines Radon-Atoms 86 Protonen enthält. Da beim Zerfall mit einem α -Teilchen zwei Protonen ausgesandt werden, bleiben noch $86 - 2 = 84$ Protonen übrig; dies entspricht der Protonenzahl von Polonium. Der zurückbleibende Atomkern ist somit $^{216}_{86}\text{Po}$.

Ü 6

Die betreffenden Nuklide sind $^{14}_6\text{C}$ und $^{14}_7\text{N}$.

Sie unterscheiden sich in der Anzahl der Protonen, Elektronen und Neutronen:

$^{14}_6\text{C}$:	6 p ⁺	6 e ⁻	8 n
$^{14}_7\text{N}$:	7 p ⁺	7 e ⁻	7 n

Ü 7

Den unbekanntem Anteil an ^{35}Cl bezeichnen wir mit x %, denjenigen an ^{37}Cl mit y %. Das gewichtete Mittel berechnet sich damit wie folgt:

$$\frac{x}{100} \cdot 35 \text{ u} + \frac{y}{100} \cdot 37 \text{ u} = 35,5 \text{ u}$$

Da die Summe 100 % ergeben muss, gilt: $x + y = 100$ bzw. $y = 100 - x$.

Setzen wir dies in die obige Gleichung ein, erhalten wir:

$$\begin{aligned} \frac{x}{100} \cdot 35 \text{ u} + \frac{100-x}{100} \cdot 37 \text{ u} &= 35,5 \text{ u} \\ x \cdot 35 \mu + (100-x) \cdot 37 \mu &= 3550 \mu \\ 35x + 3700 - 37x &= 3550 \\ -2x &= -150 \\ x &= 75 \end{aligned}$$

Damit ist $y = 100 - 75 = 25$.

Ergebnis: Der Anteil an ^{35}Cl beträgt 75 %, der Anteil an ^{37}Cl beträgt 25 %.

Ü 8

Wird ein Elektron aus einem Helium-Atom abgespalten, entsteht ein He^+ -Ion. Obwohl das noch vorhandene Elektron zur gleichen Energiestufe gehört, muss zu seiner Abspaltung eine höhere Energie aufgewendet werden, da die Abspaltung gegen die stärkere Anziehung des positiven Ions erfolgt.

Ü 9

p ⁺ : 17	n: 18	e ⁻ : 10	Ladung: 7+
---------------------	-------	---------------------	------------

Erklärung: Die Anzahl Protonen ist gleich der Kernladungszahl Z , in diesem Fall $Z = 17$. Die Anzahl Neutronen N ergibt sich durch Subtraktion der Protonenzahl Z von der Nucleonenzahl ($N = A - Z$). In diesem Fall $N = 35 - 17 = 18$. Beim neutralen Chlor-Atom ist die Anzahl Elektronen gleich der Anzahl Protonen und beträgt damit ebenfalls 18. Der Rumpf ist das Atom ohne die Valenzelektronen. Da das Chlor-Atom 7 Valenzelektronen hat, ist die Anzahl Elektronen im Rumpf $17 - 7 = 10$. Da Anzahl der Protonen im Rumpf um 7 grösser ist als die Anzahl der Elektronen, ist die Ladung des Rumpfs 7+.

Ü 10

p ⁺ : 9	n: 10	e ⁻ : 10	Ladung: 1+
--------------------	-------	---------------------	------------

Erklärung: Die Anzahl Protonen ist gleich der Ordnungszahl von F im Periodensystem, also 9. Die Atommasse von Fluor ist 19,00 u; diese Masse entspricht der Summe der Massen aller Protonen und Neutronen, die eine Masse von je etwa 1 u haben. Die Anzahl Neutronen ergibt sich daher durch Subtraktion der Protonenzahl von der (gerundeten) Atommasse: $19 - 9 = 10$. (Die Aufgabe ist nur deshalb lösbar, weil Fluor ein Reinelement ist. In der Natur tritt also nur eine Sorte von Fluor-Atomen auf.) Das Fluorid-Ion F⁻ hat ein Elektron mehr als das neutrale Fluor-Atom, das 9 Elektronen besitzt. Die Anzahl Elektronen ist also $9 + 1 = 10$.

Ü 11

- a) 1-
- b) 2+
- c) 17+
- d) 2+

Ü 12

Die 1. Ionisierungsenergie eines Alkalimetall-Atoms ist deutlich kleiner als diejenige eines Edelgas-Atoms mit einer um 1 kleineren Protonenzahl, da das betreffende Elektron aus einer weiter aussen liegenden Schale abgetrennt wird. Die generelle Zunahme der Ionisierungsenergien von den Atomen der Alkalimetalle bis zu den Atomen der Halogene derselben Periode lässt sich mit der Zunahme der Kernladung bei gleich bleibender Schalenanzahl bzw. mit der Zunahme der Rumpfladung erklären.

Ü 13

Beide Kurven zeigen einen prinzipiell gleichen Verlauf. In \triangleright Abb. 70 treten die charakteristischen Minima jeweils erst bei der um 1 erhöhten Kernladungszahl auf. Während zum Beispiel vom Neon- zum Natrium-Atom in \triangleright Abb. 69 der starke Abfall in der Ionisierungsenergie dadurch bedingt ist, dass sich das 11. Elektron beim Natrium-Atom in einer höheren Schale befindet, fällt die Ionisierungsenergie in \triangleright Abb. 70 erst beim Mg⁺-Ion ab (Kernladungszahl 12). (Da das Diagramm in \triangleright Abb. 70 die 2. Ionisierungsenergie darstellt, handelt es sich immer um die Ionisierung der einfach positiv geladenen Ionen.) Das durch die zweite Ionisierung entfernte Elektron ist beim Magnesium-Atom dasjenige mit der Nummer 11. Es befindet sich im Vergleich zu den Elektronen der vorausgehenden Atome in einer höheren Schale. Aus dem Mg⁺-Ion bildet sich bei der Ionisierung das Mg²⁺-Ion.

Ü 14

- a) Für die Zunahme der Atomdurchmesser innerhalb einer Gruppe von oben nach unten ist die Zunahme der Schalenanzahl verantwortlich.
- b) Die Abnahme der Atomdurchmesser innerhalb einer Periode erklärt sich durch die Zunahme der Kernladung bei gleich bleibender Schalenanzahl. Innerhalb einer Periode bleibt die Anzahl Schalen gleich, die Kernladungszahl sowie die Anzahl Elektronen nimmt jedoch von links nach rechts zu. Daher wird auch die Anziehung zwischen dem Atomkern und der Elektronenhülle stärker; als Folge davon nimmt der Atomdurchmesser ab.