

Chemie

Formelsammlung

Gewerbliche Berufsschule Sursee

1. Inhaltsverzeichnis

1. Inhaltsverzeichnis	2
2. Stoffe	4
2.1. Stoffgemische, Typen	4
2.2. Stoffgemische Beispiele	4
2.3. Stoffeigenschaften	4
2.4. Aggregatzustände	4
2.5. Grundlagen der Chemie	4
2.6. Schwer- und Leichtmetall	4
3. Atomaufbau	4
3.1. Die Elementarteilchen	4
3.2. Atomschalen	4
3.3. Oktettregel	4
3.4. Atommodelle	5
3.4.1. Dalton-Modell	5
3.4.2. Bohr-Modell	5
3.4.3. Orbital-Modell	5
4. Periodensystem der Elemente	5
4.1. Aufbau	5
4.2. Einteilung in Stoffklassen	5
4.3. Wertigkeiten der wichtigsten Elemente	5
4.4. Hauptgruppen	5
5. Redox-Reaktion	5
6. Summenformel	6
7. Strukturformel	6
8. Bindungsarten	6
8.1. Chemische Bindungsarten	6
8.1.1. Metallbindung	6
8.1.2. Ionenbindung	6
8.1.3. Atombindung	6
9. Moleküle/Dipolmoleküle	7
10. Trennverfahren	7
10.1. Filtrieren	7
10.2. Destillieren	7
10.3. Chromatographieren (Extrahieren)	7
11. Säuren und Basen (Laugen)	7
11.1. Säuren	7
11.2. Basen	7
11.3. Im Wasser	7
11.4. pH Wert	7
11.4.1. Einheit	7
12. Elektrochemie	8
12.1. Korrosionsverhinderung	8
13. Kunststoffe	8
13.1. Thermoplast	8
13.2. Duroplast	8

13.3. Elastoplaste8
 13.4. Vorteile und Nachteile von Kunststoffen9
14. Giftklassen.....9
 14.1. Giftklasse 1:.....9
 14.2. Giftklasse 2:.....9
 14.3. Giftklasse 3:.....9
 14.4. Giftklasse 4 und 5:.....9
15. Recycling10
 15.1. Lösemittel10
 15.2. Flüssige Rückstände10
 15.3. Wässrige Lösungen.....10
 15.4. Feste Chemikalien.....10
 15.5. Gasige Chemikalien10
 15.6. Altöl.....10
 15.7. Glas/Metall/Papier10
 15.8. Batterien10
16. Anhang A: Periodensystem der Elemente13

2. Stoffe

2.1. Stoffgemische, Typen

- Suspension** Ein **fester**, wasserunlöslicher, fein verteilter Stoff trübt ein **flüssiges Gemisch**. (Aufschlämmung)
- Emulsion** Ein **flüssiger**, wasserlöslicher, fein verteilter Stoff trübt ein **flüssiges Gemisch**
- Rauch** Ein **fester**, fein verteilter Stoff schwebt in der **Luft**.
- Nebel** Ein **flüssiger**, fein verteilter Stoff schwebt in der **Luft**
- Schaum** Flüssiges bis gasförmiges Stoffgemisch mit überwiegend flüssigem Stoffanteil
- Aerosol** Überbegriff für festgasförmige und flüssiggasförmige Stoffgemische (z.B. Rauch, Nebel, Schaum, etc.)

2.2. Stoffgemische Beispiele

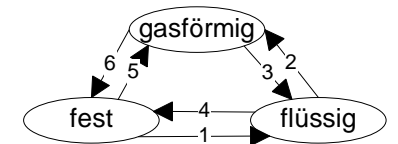
fest	fest	Gesteine
flüssig	fest	Farben (Dispersion)
gas	fest	Rauch
flüssig	flüssig	Bier
gas	flüssig	Mineralwasser, Nebel
gas	gas	Atemluft

2.3. Stoffeigenschaften

Stoffe können anhand ihrer Eigenschaften definiert werden.

- | | |
|-----------------------|----------------|
| Farbe | Dichte |
| Geschmack | Härte |
| Geruch | Verformbarkeit |
| Oberfläche | Schmelzpunkt |
| Wärmeleitfähigkeit | Siedepunkt |
| elektr. Leitfähigkeit | Löslichkeit |

2.4. Aggregatzustände



- | | |
|----------------|-----------------|
| 1 schmelzen | 4 erstarren |
| 2 verdampfen | 5 sublimieren |
| 3 kondensieren | 6 resublimieren |

2.5. Grundlagen der Chemie

- Die Masse des Produktes ist gleich den Massen der Ausgangsstoffe.
- Stoffe reagieren nur in bestimmten Proportionen.

2.6. Schwer- und Leichtmetall

Die Grenze zwischen Schwer und Leichtmetall ist 5g/cm³.

3. Atomaufbau

DEFINITION: Massenzentrum (Atomkern), das von einem fast massenleeren Raum (Atomhülle) umgeben wird.

3.1. Die Elementarteilchen

Protonen (+) und Neutronen (neutral) bilden den Atomkern. Die Elektronen (-) kreisen in mehreren Schalen um den Kern. Protonen und Elektronen sind gleich gross, Protonen sind aber 2000mal schwerer.

3.2. Atomschalen

Maximal 7 Schalen mit je 8 Elektronen (ausser 1. Schale: max. 2 e⁻). Die Valenzelektronen (auf der äussersten Schale) bestimmen das chemische, physikalische und elektrische Verhalten des Werkstoffes.

3.3. Oktettregel

Ein Atom ist bestrebt, 8 Valenzelektronen in Form von 4 Paaren zu sammeln!

3.4. Atommodelle

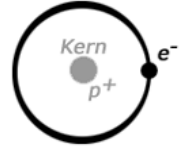
3.4.1. Dalton-Modell



Massegefüllte Kugeln (Innenleben unbekannt)

3.4.2. Bohr-Modell

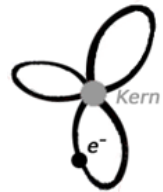
1920 → ursprünglich von Rutherford, 1910



Atomkern mit auf Schalen kreisenden Elektronen.

3.4.3. Orbital-Modell

moderne Chemie, 1950



Atomkern mit auf Schalen darum kreisenden Elektronen. Die Schalen sind kompliziert angeordnete Ovale, die vom Kern wegführen.

4. Periodensystem der Elemente

4.1. Aufbau

		[1]	
		I	II
[2] {	1. Periode	1H	
	2. Periode	3Li	4Be

[1] Gruppennummer (Anzahl Valenzelektronen; „Wertigkeit“)

[2] Periodennummer (Anzahl Atom-schalen)

26.98154	← Massenzahl (Atommasse)
Al	← Elementsymbol
13	← Ordnungszahl (Anz. Protonen)
Aluminium	← Elementname

4.2. Einteilung in Stoffklassen

Metalle	Halbmetalle
Nichtmetalle	Edelgase

Metalle geben bei einer chemischen Reaktion Elektronen ab. Daher entspricht ihre **Wertigkeit** der Anzahl Valenzelektronen.

Nichtmetalle nehmen bei einer chemischen Verbindung Elektronen auf. Daher entspricht ihre **Wertigkeit** der Ergänzung auf 8 Valenzelektronen.

4.3. Wertigkeiten der wichtigsten Elemente

Wertigk.	Elemente
I	H, F, Cl, Br, I, Li, Na, K, Ag, Cu
II	O, S, C, Mg, Ca, Cu, Zn, Mn, Fe
III	N, P, Al, Cr, Fe
IV	C, S, Si, Mn
V	N, P
VI	S, Cr
VII	Cl, I, Mn

4.4. Hauptgruppen

I	Alkalimetalle
II	Erdalkalimetalle
III	Erdmetalle
IV	Kohlenstoffgruppe
V	Stickstoff/Phosphor-Gruppe
VI	Sauerstoff/Schwefel-Gruppe
VII	Halogene
VIII	Edelgase

I Weiche Metalle; reagieren heftig mit Wasser (ausser H).

II Weniger Reaktionsfreudige Leichtmetalle; Mg techn. wichtig

III V.a. Al → grosse techn. Bedeutung

IV Kohlenstoff ist der Grundbaustoff der organischen Chemie

V

VI

VII Reaktionsfähige Nichtmetalle

VIII Bilden praktisch keine chemischen Verbindungen

5. Redox-Reaktion

Exotherme Reaktion: Setzt Energie frei (z.B. Eisen+Schwefel → Eisensulfid).

Endotherme Reaktion: Nimmt Energie auf. (z.B. Silberoxid → Silber + Sauerstoff).

Oxidation: Abgabe von Elektronen.

Oxidationsmittel: Stoffe, die Elektronen aufnehmen.

Reduktion: Aufnahme von Elektronen.

Reduktionsmittel: Stoffe, die Elektronen abgeben.

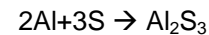
Analyse: Zerlegung

Synthese: Aufbau

Kation: Positiv geladenes Ion (Metalle)

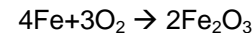
Anion: Negativ geladenes Ion (Nichtmetalle)

6. Summenformel



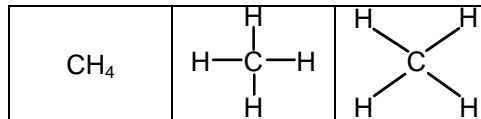
[Al (Wertigkeit 3); S (Wertigkeit 2)]

Es sind 2 Al Atome und 3 S Atome notwendig um ein gleiches Verhältnis zu erhalten.



4 Eisen-Atome können durch 2 Eisen-Moleküle a 2 Atome ersetzt werden.

7. Strukturformel



8. Bindungsarten

Verbindung: Ein neuer Stoff mit neuen, eigenen Eigenschaften entsteht.

Gemisch: Kann wieder in die ursprünglichen Stoffe zerlegt werden.

Elektronegativitätszahl (EN): Definiert die Anziehung auf die Valenzelektronen. Ist die EN-Differenz grösser als 1.7 entsteht eine Ionenbindung.

8.1. Chemische Bindungsarten

Kation: Positiv geladenes Ion (Metalle)

Anion: Negativ geladenes Ion (Nichtmetalle)

Elektrolyt: Ionenhaltige Lösung

Elektrolyse: Zerlegung eines Elektrolyts durch elektrischen Strom.

8.1.1. Metallbindung

Atome eines Metalls lagern sich zusammen und geben Valenzelektronen ab.

Eigenschaften:

- sehr gut strom- und wärmeleitend.
- Festkörper
- biegsam aber trotzdem „zäh“
- bearbeitbar (verformen, spanabheben...)

Bindung chemisch:

- Metalle untereinander (tiefe EN-Zahl → tiefes Verlangen nach Elektronen)
- chemisch „instabil“, da energiereich

8.1.2. Ionenbindung

Ein Element mit Elektronenüberschuss (Metall) gibt seine Valenzelektronen einem Element mit Elektronenmangel (Nichtmetall). Die Elektronen werden ausgetauscht.

Eigenschaften:

- Kristallförmig
- hart & spröde
- hoher Schmelzpunkt
- geschmolzen oder aufgelöst stromleitend

Bindung chemisch:

- Metalle (tiefe EN) und Nichtmetalle (hohe EN); Differenz >1.7
- chemisch stabil, da energiearm
- Kation (+) und Anion (-) → starke Anziehung
- Entstehung ist exotherm

8.1.3. Atombindung

Wenige Valenzelektronen werden von zwei Atomen gemeinsam in Anspruch genommen.

Eigenschaften:

- keine Stromleitung
- flüchtige Stoffe
- flüssig oder gasförmig

Bindung chemisch:

- Nichtmetalle untereinander (hohe EN-Zahl → hohes Verlangen nach Elektronen)
- bildet Moleküle
- chemisch eher instabil (reagiert aber mit einem Metall).

9. Moleküle/Dipolmoleküle

Molekül: Verbindung von zwei oder mehr Atomen.

Dipolmolekül: Molekül mit 2 entgegengesetzten Ladungen; da die Elektronen aufgrund unterschiedlicher EN-Zahlen auf eine Seite wandern.

Dissoziation: Aufspaltung von Molekülen.

Hydratation: Ionen, die allseitig von Wassermolekülen umhüllt sind.

10. Trennverfahren

10.1. Filtrieren

Trennung von fest und flüssig.

Sedimentieren: Absetzen von Festkörpern in einer Flüssigkeit.

Dekantieren: Abgiessen der Flüssigkeit.

10.2. Destillieren

Trennen durch verdampfen und abkühlen.

Verdunsten: Dampfbildung unterhalb des Siedepunktes.

10.3. Chromatographieren (Extrahieren)

Herauslösen einzelner Stoffe aus festen Substanzen und Lösungen mit Hilfe von **Lösungsmitteln**.

Eignet sich für kleinste Stoffmengen.

11. Säuren und Basen (Laugen)

Säuren: Kombination aus positiven Wasserstoffatomen und negativen Säurerestgruppen.

Basen: Kombination aus positiven Metallionen und negativen Hydroxyl- oder OH-Gruppen.

Salze: Kombination aus positiven Metallionen und negativen Säurerestionen.

11.1. Säuren

- Geben Protonen ab
- Bestehen immer aus Wasserstoff H und Nichtmetallen (+ evtl. weitere Elemente)
- enthalten H_3O^+ Ionen, welche die charakteristische Säurewirkung verursacht

11.2. Basen

- Nehmen Protonen auf

11.3. Im Wasser

- Säuren bilden Oxonium-Ionen
- Basen bilden Hydroxid-Ionen

11.4. pH Wert

pH < 7: Saure Lösung

pH = 7: Neutral (Wasser)

pH > 7: alkalische Lösung (Base)

Der pH-Wert gibt die Anzahl H_3O^+ Ionen in mol/l an.

11.4.1. Einheit

10^{-x} mol/l (x = pH-Wert)

12. Elektrochemie

Elektrolyt: Ionenhaltige Lösung

Elektrolyse: Zerlegung eines Elektrolyts durch elektrischen Strom.

Kation

Kation: Positiv geladenes Ion (Metalle)

Anion: Negativ geladenes Ion (Nichtmetalle)

Kathode: negativer Pol einer elektrischen Stromquelle.

Anode: positiver Pol einer elektrischen Stromquelle.

Korrosion

Korrosion: Oxidation mit Wasser oder Luftsauerstoff.

12.1. Korrosionsverhinderung

- Unterbrechung des **Stromkreises:**

- Elektrolyt entfernen

- Schutzschicht (Al & Chrom bilden automatisch eine Schutzschicht → Oxidschicht)

- Schutzschicht aus **Edelmetall** (vergolden).

- Schutzschicht aus unedlen Metallen (**Opferanode**). z.B. Magnesium-Blöcke an Eisenschiff. Magnesium gibt Elektronen an das Eisen ab.

- Lackieren (Kunststoff-Überzug)

- Ölen, Fetten

13. Kunststoffe

Kunststoffe bestehen aus Makromolekülen. Makromoleküle sind fadenförmige oder dreidimensionale Riesenmoleküle mit mindestens tausend gebundenen Atomen. Die Bildung von Makromolekülen, allgemein auch Polymere genannt, erfolgt durch chemische Verknüpfung von gleichartigen oder verschiedenen Grundbausteinen, welche auch Monomere genannt werden. Es gibt 3 Herstellungsprozesse. Polyaddition, Polymerisation und Polykondensation.

13.1. Thermoplast

Kunststoffe mit fadenförmigen Molekülen die nicht vernetzt sind. Oberhalb einer charakteristischen Temperatur wird der Kunststoff verformbar.

Beispiele: PVC, Polyäthylen, Polystyrol

13.2. Duroplast

Duroplaste bestehen aus räumlich stark vernetzten Riesen-Makromolekülen. Sie bleiben bis zu ihrer Zersetzung bei relativ hohen Temperaturen formstabil.

Beispiele: Phenoplaste, Aminoplaste, Epoxydharze

13.3. Elastoplaste

Kunststoffe mit gummiähnlichem Verhalten heissen Elastomere. Dies sind schwachvernetzte Makromoleküle.

Beispiele: Synthetische Elastomere, Silikon-Gummi

13.4. Vorteile und Nachteile von Kunststoffen

Vorteile:

- Nichtleiter
- Chemikalienbeständig
- glatte Oberfläche
- Verformbarkeit
- geringe Dichte

Nachteile:

- geringe Härte
- geringe Temperaturbeständigkeit
- Brennbarkeit
- Angreifbarkeit durch Lösungsmittel
- elektrische Aufladung

14. Giftklassen

14.1. Giftklasse 1:

- Kennzeichnung: schwarzes Band, weisse Schrift, Totenkopf
- Eigenschaften: besonders gefährliche Gifte und stark ätzende Stoffe
- Bezug: nur in Betrieb möglich (keine Formalitäten)
- Aufbewahrung: Verschluss, Unbefugten nicht zugänglich

14.2. Giftklasse 2:

- Kennzeichnung: wie Giftklasse 1
- Eigenschaften: wie Giftklasse 1
- Bezug: Privat nur gegen Giftschein; Betrieb ohne Formalitäten
- Aufbewahrung: wie Giftklasse 1

14.3. Giftklasse 3:

- Kennzeichnung: gelbes Band, schwarze Schrift
- Eigenschaften: starke Gifte und ätzende Stoffe
- Bezug: Privat gegen unterschriebene Empfangsbestätigung; Betrieb keine Formalitäten.
- Aufbewahrung: Unbefugten nicht zugänglich

14.4. Giftklasse 4 und 5:

- Kennzeichnung: rotes Band, schwarze Schrift
- Eigenschaften: **4:** weniger gefährliche Stoffe; **5:** schwache gifte
- Bezug: Keine Vorschriften
- Aufbewahrung: Keine Vorschriften

15. Recycling

15.1. Lösemittel

Lösemittel sind nach Möglichkeit durch Destillation zu regenerieren. Nicht regenerierbare Lösemittelgemische müssen nach betriebsinternen Weisungen den Sammelstellen zugeführt und entsorgt werden.

15.2. Flüssige Rückstände

Flüssige Rückstände, z.B. aus Destillationen oder chemischen Reaktionen, sind Abfalllösemittel beizumischen und der Sammelstelle zuzuführen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, flüssige Rückstände in Kieselgut aufzunehmen und in einen Plastiksack zu verpacken. Anschliessend sind sie wie Feststoffe zu entsorgen.

15.3. Wässrige Lösungen

Geringe Mengen Säure oder Lauge können in verdünnter Form der Kanalisation zugeführt werden. Farbige Lösungen sind vor dem Kanalisieren zu entfärben. Lösliche Schwermetallsalze (z.B. Kupfersulfate, Quecksilberchlorid) sind durch chemische Umsetzungen auszufällen und den Sammelstellen zuzuführen.

15.4. Feste Chemikalien

Feste Chemikalien werden verpackt (Plastiksack/Glasflasche) und nach speziellen betriebsinternen Weisungen der Sammelstelle zugeführt.

15.5. Gasige Chemikalien

Da in einem Laborgebäude normalerweise keine zentrale Abwasserreinigungsanlage zur Verfügung steht, sind gasige Chemikalien oder Abgase aus Versuchsansätzen grundsätzlich am

Entstehungsort zu absorbieren oder zu vernichten.

15.6. Altöl

Altöl wird in speziellen Fässern gesammelt und regeneriert oder verbrannt.

15.7. Glas/Metall/Papier

Glasabfälle werden nach Farben sortiert und zur Wiederverwertung in speziellen Behältern gesammelt. Metallabfälle werden gesammelt, sortiert und wiederverwertet. Papier und Karton wird in den dafür bestimmten Containern zusammengetragen.

15.8. Batterien

Batterien sollten entweder in einer Spezialdeponie entsorgt oder dem Verkäufer zurückgebracht werden.

16. Anhang A: Periodensystem der Elemente

Periodensystem der Elementarstoffe

																		VIII
I																	II	
1H Wasserstoff 1.0079 u 20.268 K 14.025 K 0.0899 g/l 1 2.20																	2He Helium 4.00260 u 4.215 K 1 K, 26 atm 0.1787 g/l	
II	III	IV	V	VI	VII												VIII	
3Li Lithium 6.941 u 1615 K 453.7 K 0.53 g/cm³ 1 0.98	4Be Beryllium 9.01218 u 2745 K 1560 K 1.85 g/cm³ 2 1.57	5B Bor 10.81 u 4275 K 2300 K 2.34 g/cm³ 3 2.04	6C Kohlenstoff 12.011 u 4470 K 4100 K 2.62 g/cm³ ±4,2 2.55	7N Stickstoff 14.0067 u 77.35 K 63.14 K 1.251 g/l ±3,5,4,2 3.04	8O Sauerstoff 15.9994 u 90.18 K 50.35 K 1.429 g/l -2 3.44	9F Fluor 18.998403 u 84.95 K 53.48 K 1.696 g/l -1 3.98												10Ne Neon 20.179 u 27.096 K 24.553 K 0.901 g/l
11Na Natrium 22.98977 u 1156 K 371.0 K 0.97 g/cm³ 1 0.93	12Mg Magnesium 24.305 u 1363 K 922 K 1.74 g/cm³ 2 1.31	13Al Aluminium 26.98154 u 2793 K 933.25 K 2.70 g/cm³ 3 1.61	14Si Silicium 28.0855 u 3540 K 1685 K 2.33 g/cm³ 4 1.90	15P Phosphor 30.97376 u 550 K 317.30 K 1.82 g/cm³ ±3,5,4 2.19	16S Schwefel 32.06 u 717.75 K 388.36 K 2.07 g/cm³ ±2,4,6 2.58	17Cl Chlor 35.453 u 239.1 K 172.16 K 3.17 g/l ±1,3,5,7 3.16												18Ar Argon 39.948 u 87.30 K 83.81 K 1.784 g/l
19K	20Ca	21Sc	22Ti	23V	24Cr	25Mn	26Fe	27Co	28Ni	29Cu	30Zn	31Ga	32Ge	33As	34Se	35Br	36Kr	
Kalium 39.0983 u 1032 K 336.35 K 0.86 g/cm³ 1 0.82	Calcium 40.08 u 1757 K 1112 K 1.55 g/cm³ 2 1.00	Scandium 44.9559 u 3104 K 1812 K 3.0 g/cm³ 3 1.36	Titan 47.90 u 3562 K 1943 K 4.50 g/cm³ 4,3 1.54	Vanadium 50.9415 u 3682 K 2175 K 5.8 g/cm³ 5,4,3,2 1.63	Chrom 51.996 u 2945 K 2130 K 7.19 g/cm³ 6,3,2 1.66	Mangan 54.9380 u 2335 K 2130 K 7.43 g/cm³ 7,6,4,2,3 1.55	Eisen 55.847 u 3135 K 1809 K 7.86 g/cm³ 2,3 1.83	Kobalt 58.9332 u 3201 K 1768 K 8.90 g/cm³ 2,3 1.88	Nickel 58.70 u 3187 K 1726 K 8.90 g/cm³ 2,3 1.91	Kupfer 63.546 u 2836 K 1357.6 K 8.96 g/cm³ 2,1 1.90	Zink 65.38 u 1180 K 692.73 K 7.14 g/cm³ 2 1.65	Gallium 69.72 u 2478 K 302.90 K 5.91 g/cm³ 3 1.81	Germanium 72.59 u 3107 K 1210.4 K 5.32 g/cm³ 4 2.01	Arsen 74.9216 u 876 K (subl) 1081 K, 28 atm 5.72 g/cm³ ±3,5 2.18	Selen 78.96 u 958 K 494 K 4.80 g/cm³ -2,4,6 2.55	Brom 79.904 u 332.25 K 265.90 K 3.12 g/cm³ ±1,5 2.96	Krypton 83.80 u 119.80 K 115.78 K 3.74 g/l	

Legende:

- Metalle
- Nichtmetalle
- Halbmetalle
- Hauptgruppenelemente
- Nebengruppenelemente
- Lanthaniden
- Actiniden

Protonen, Neutronen, Elektronen:

	Proton	Neutron	Elektron
Masse	$1.673 \cdot 10^{-27}$	$1.675 \cdot 10^{-27}$	$9.110 \cdot 10^{-31}$
Ladung	$+1.6 \cdot 10^{-19}$ C	0 C	$-1.6 \cdot 10^{-19}$ C
Radius	$8 \cdot 10^{-16}$ m	$8 \cdot 10^{-16}$ m	$< 1 \cdot 10^{-16}$ m

2001-06-05

																		III	IV	V	VI	VII	VIII
I	II	IIIa	IVa	Va	Via	VIIa	VIIIa					Ia	IIa										
37Rb Rubidium 85.4678 u 961 K 312.64 K 1.53 g/cm³ 1 0.82	38Sr Strontium 87.62 u 1650 K 1041 K 2.6 g/cm³ 2 0.95	39Y Yttrium 88.9059 u 3611 K 1799 K 4.5 g/cm³ 3 1.22	40Zr Zirkonium 91.22 u 4682 K 2125 K 6.49 g/cm³ 4 1.33	41Nb Niobium 92.9064 u 5017 K 2740 K 8.55 g/cm³ 5,3 1.6	42Mo Molybdän 95.94 u 4912 K 2890 K 10.2 g/cm³ 6,5,4,3,2 2.16	43Tc Technetium (98 u) 4538 K 2473 K 11.5 g/cm³ 7 1.9	44Ru Ruthenium 101.07 u 4423 K 2523 K 12.2 g/cm³ 2,3,4,6,8 2.2	45Rh Rhodium 102.9055 u 3970 K 2236 K 12.4 g/cm³ 2,3,4 2.2	46Pd Palladium 106.4 u 3237 K 1825 K 12.0 g/cm³ 2,4 2	47Ag Silber 107.868 u 1040 K 1234 K 10.5 g/cm³ 1 1.93	48Cd Cadmium 112.41 u 1040 K 594.18 K 8.65 g/cm³ 2 1.69	49In Indium 114.82 u 2346 K 429.76 K 7.31 g/cm³ 3 1.78	50Sn Zinn 118.69 u 1860 K 505.06 K 7.30 g/cm³ 4,2 1.96	51Sb Antimon 121.75 u 1860 K 904 K 6.68 g/cm³ ±3,5 2.05	52Te Tellur 127.60 u 1261 K 722.65 K 6.24 g/cm³ -2,4,6 2.1	53I Iod 126.9045 u 458.4 K 386.7 K 4.92 g/cm³ ±1,5,7 2.66	54Xe Xenon 131.30 u 165.03 K 161.36 K 5.89 g/l						
55Cs Cäsium 132.9054 u 944 K 301.55 K 1.87 g/cm³ 1 0.79	56Ba Barium 137.33 u 2171 K 1002 K 3.5 g/cm³ 2 0.89	57La Lanthan 138.9055 u 3730 K 1193 K 6.7 g/cm³ 3 1.1	72Hf Hafnium 178.49 u 4876 K 2500 K 13.1 g/cm³ 4 1.3	73Ta Tantal 180.9479 u 5731 K 3287 K 16.6 g/cm³ 5 1.5	74W Wolfram 183.85 u 5828 K 3680 K 19.3 g/cm³ 6,5,4,3,2 2.36	75Re Rhenium 186.207 u 5869 K 3453 K 21.0 g/cm³ 7,6,4,2,-1 1.9	76Os Osmium 190.2 u 5285 K 3300 K 22.4 g/cm³ 2,3,4,6,8 2.2	77Ir Iridium 192.22 u 4701 K 2716 K 22.5 g/cm³ 2,3,4,6 2.2	78Pt Platin 195.09 u 4100 K 2045 K 21.4 g/cm³ 2,4 2.28	79Au Gold 196.9665 u 3130 K 1937.58 K 19.3 g/cm³ 3,1 2.54	80Hg Quecksilber 200.59 u 630 K 234.28 K 13.53 g/cm³ 2,1 2	81Tl Thallium 204.37 u 1746 K 577 K 11.85 g/cm³ 3,1 2.04	82Pb Blei 207.2 u 2023 K 600.6 K 11.4 g/cm³ 4,2 2.33	83Bi Bismut 208.9804 u 1837 K 544.52 K 9.8 g/cm³ 3,5 2.02	84Po Polonium (209 u) 1235 K 527 K 9.4 g/cm³ 4,2 2	85At Astat (210 u) 610 K 575 K ±1,3,5,7 2.2	86Rn Radon (222 u) 211 K 202 K 9.91 g/l						
87Fr Francium (223 u) 950 K 300 K 1 0.7	88Ra Radium 226.0254 u 1809 K 973 K 5 g/cm³ 2 0.9	89Ac Actinium 227.0278 u 3473 K 1323 K 10.07 g/cm³ 3 1.1	104Rf	105Db	106Sg	107Bh	108Hs	109Mt	110	111	112	113	114	115	116	117	118						
58Ce Cer	59Pr Praseodym	60Nd Neodym	61Pm Promethium	62Sm Samarium	63Eu Europium	64Gd Gadolinium	65Tb Terbium	66Dy Dysprosium	67Ho Holmium	68Er Erbium	69Tm Thulium	70Yb Ytterbium	71Lu Lutetium										
90Th Thorium	91Pa Protaktinium	92U Uran	93Np Neptunium	94Pu Plutonium	95Am Americium	96Cm Curium	97Bk Berkelium	98Cf Californium	99Es Einsteinium	100Fm Fermium	101Md Mendelevium	102No Nobelium	103Lr Lawrencium										

2001-06-05