

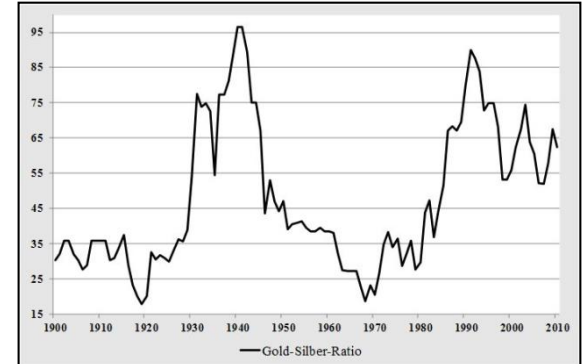
Chemie Rekorde

Die größte Dehnbarkeit aller Metalle besitzt Gold

Aus einem Gramm Gold kann ein 24 km langer Faden gezogen werden. Das Metall ist auch zu durchscheinenden Blättchen von 100 Nanometern Dicke auswalzbar, d.h. einer Dicke, die nur mehr ca. 1/10 der Wellenlänge des roten Lichtes entspricht und daher im durchscheinenden Licht blaugrün erscheint (→ Blattgold).

Der lateinische Name *aurum* (Au) stammt aus der Mythologie. *Aurora* ist die römische Göttin der Morgenröte. Auric Goldfinger war der Bösewicht im dritten Bondfilm von 1965!

Bis Ende 2022 wurden weltweit ca. 210.000 t Gold gefördert, was einem Würfel mit einer Kantenlänge von 22,12 m entspricht.

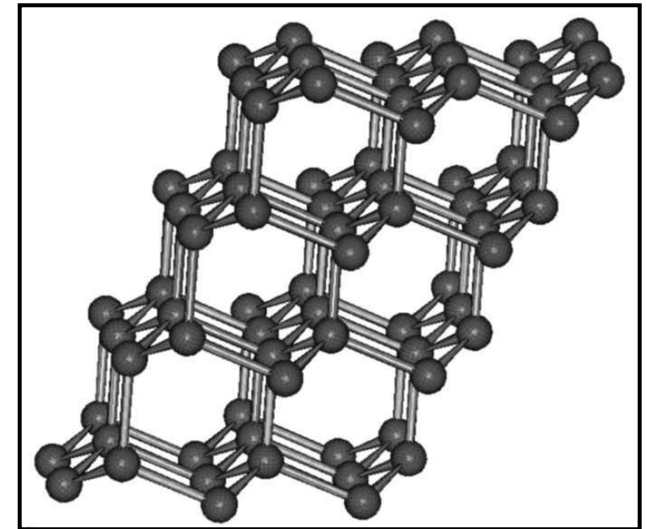


Chemie Rekorde

Das härteste Material ist Diamant, seine Härte nach der Mohs-Härteskala (1- 10) beträgt 10.

Er besitzt eine Reihe weiterer extremer Eigenschaften:

- **Der Diamant ist der am wenigsten komprimierbare Stoff.**
- **Seine hohe Dispersion zusammen mit seiner höchsten Transparenz für Strahlung - vom tiefen UV über den sichtbaren Bereich bis zum fernen Infrarot - ist ohne Beispiel.**
- **Außerordentlich ist auch seine Wärmeleitfähigkeit, die etwa 4 mal höher als die des Kupfers ist. Ein Diamant auf den Lippen entzieht dem Körper Wärme und fühlt sich kalt an - eine äußerst ungewöhnliche Eigenschaft kristalliner Stoffe.**



Chemie Rekorde

Die größte Reißlänge unter den metallischen Werkstoffen besitzen Titanlegierungen

- Unter Reißlänge versteht man jene Länge eines beliebigen Querschnittes, der freihängend unter der Belastung seines Eigengewichtes an der Aufhängung reißen würde. Diese Kenngröße spielt beim Leichtmetallbau eine wichtige Rolle, sowie überall dort, wo große Trägheits- und Fliehkräfte angreifen, wie etwa in der Luftschrauben, Verdichterschaufeln oder Pleuelstangen. Titan ist aufgrund seiner ausgezeichneten Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit auch bei hohen Temperaturen in der Hochleistungstechnik begehrt.
- Der in den späten sechziger Jahren von den USA eingesetzte strategische Aufklärer SR-71, *Blackbird*, besteht in zentralen Elementen aus hochwertigen Titanlegierungen. Insbesondere die Außenhaut des Flugkörpers wurde aus diesem Werkstoff gefertigt, da kein anderes Leichtmetall Temperaturen von über 800 °C bei Fluggeschwindigkeiten jenseits Mach 3.2 (über 4000 km/h) standhalten könnte.



Chemie Rekorde

Die heißeste Flamme lässt sich mit gasförmigen, äußerst giftigen Dicyan (CN)₂ erzeugen.

Dabei können Flammentemperaturen von bis zu 4800 °C erreicht werden.



Chemie Rekorde

Das giftigste der nicht radioaktiven Elemente ist Beryllium

Seine Stäube und Dämpfe führen zu irreversiblen Lungenschäden (Berylosis).

Es kommt in der Form des Smaragd $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ als einer der kostbarsten Edelsteine vor.



Chemie Rekorde

Die übelriechendsten Substanzen findet man in der Klasse der Mercaptane bzw. Thiole.

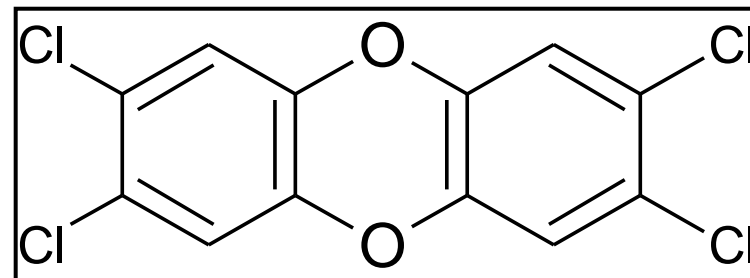
Neben dem bekannten, sehr giftigen Schwefelwasserstoff (Geruch nach faulen Eiern) wird der extrem giftige Arsenwasserstoff (AsH_3) als äußerst unangenehm beschrieben (knoblauchartig).

Da Geruch eine subjektive Beurteilung beinhaltet, ist eine Beurteilung schwierig. In führender Position sind jedenfalls Ethylmercaptan $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$ und Butylselenomercaptan ($\text{C}_4\text{H}_9\text{SeH}$) zu nennen. Qualitativ wird deren Geruch als eine Mischung von faulem Kohl, Knoblauch, Zwiebeln und Kloakengas beschrieben.



Chemie Rekorde

Das toxischste künstliche Gift ist 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin (TCDD)



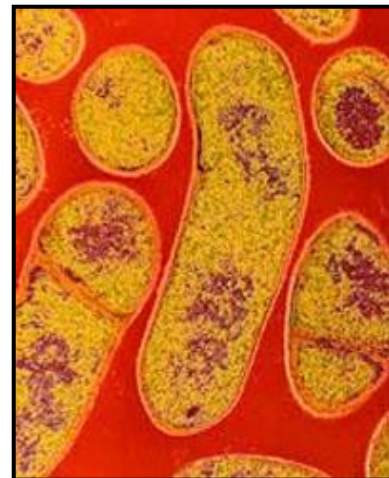
Der LD₅₀-Wert beträgt für die orale Aufnahme bei Ratten 22 µg·kg⁻¹. Es verursacht beim Menschen Chlorakne, eine chronische Hautkrankheit mit Akne-artigem Hautausschlag und erhöhter Lichtempfindlichkeit der Haut) und hat im Tierversuch zu Krebs geführt.

Auch beim Menschen wird vermutet, dass Dioxine Krebs auslösen können. Es ist sehr stabil und entsteht bei der Verbrennung von organischem Material mit Chlor.

Chemie Rekorde

Als giftigste bekannte Verbindungen gelten Bakteriengifte, welche alle von Menschenhand erzeugten Gifte weit in den Schatten stellen.

An erster Stelle rangiert das Botulinustoxin, ein Stoffwechselprodukt des stäbchenförmigen Bakteriums *Clostridium botulinum*, das sich in Fleisch- und Gemüsekonserven entwickeln kann. Bei diesem Toxin handelt es sich um ein Protein (Molmasse 150.000 g/mol). Die Substanz wirkt als Nervengift (Neurotoxin) bereits im Nanogramm-Bereich, ist aber insbesondere durch Erhitzen relativ leicht zersetzbar.



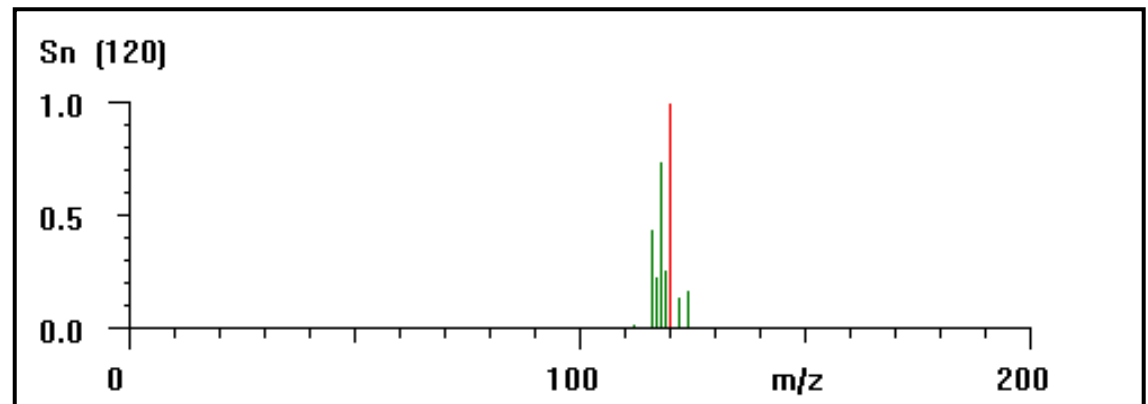
Toxin	Vorkommen	Verbindungstyp	LD ₅₀ [µg/kg Maus]	
Botulinus	<i>Clostridium botulinum</i>	Protein	3·10 ⁻⁵	„Botulinustoxin“
Tetanus	<i>Clostridium tetani</i>	Protein	1·10 ⁻⁵	
Batrachotoxin	<i>Phyllobates aurotaenia</i>	Alkaloid	2	„Pfeilgiftfrosch“
Tetrodo	<i>Spheroides rubripes</i>	Saccharidderivat	10	„Kugelfisch“

Chemie Rekorde

Die größte Zahl stabiler Isotope wird mit 10 beim Element Zinn gefunden. Primzahlisotope in rot!

Völlig isotopenfrei, also nur aus einem stabilen Nuklid bestehend, sind 20 in der Natur vorkommende Elemente (Reinelemente), nämlich

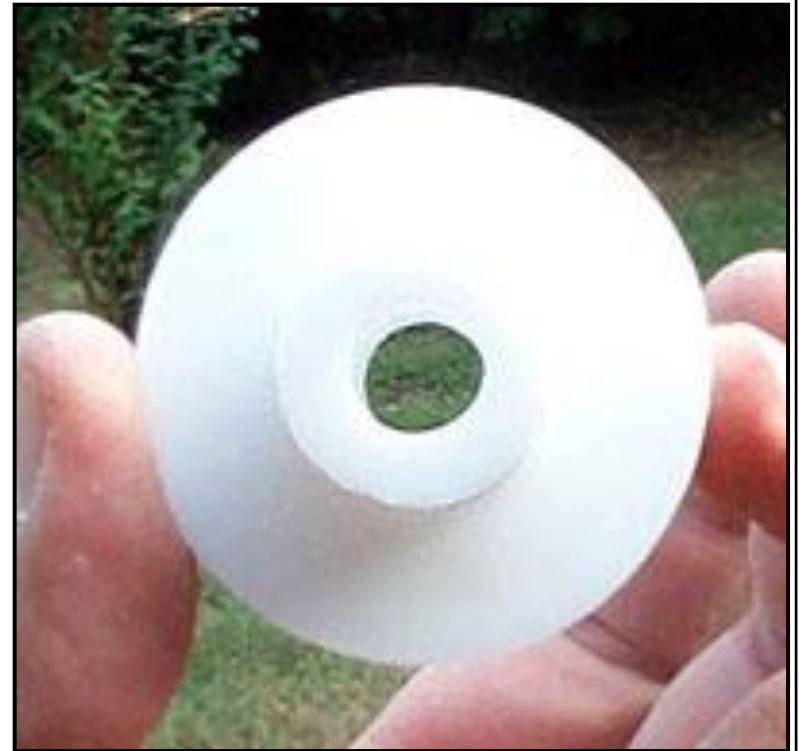
Beryllium	${}^9\text{Be}$	Praseodym	${}^{141}\text{Pr}$
Fluor	${}^{19}\text{F}$	Terbium	${}^{159}\text{Tb}$
Natrium	${}^{23}\text{Na}$	Holmium	${}^{165}\text{Ho}$
Aluminium	${}^{27}\text{Al}$	Thulium	${}^{196}\text{Tm}$
Phosphor	${}^{31}\text{P}$	Gold	${}^{197}\text{Au}$
Scandium	${}^{45}\text{Sc}$	Bismut	${}^{209}\text{Bi}$
Mangan	${}^{55}\text{Mn}$		
Cobalt	${}^{59}\text{Co}$		
Arsen	${}^{75}\text{As}$		
Yttrium	${}^{89}\text{Y}$		
Niob	${}^{93}\text{Nb}$		
Rhodium	${}^{103}\text{Rh}$		
Iod	${}^{127}\text{I}$		
Cäsium	${}^{133}\text{Cs}$		



Chemie Rekorde

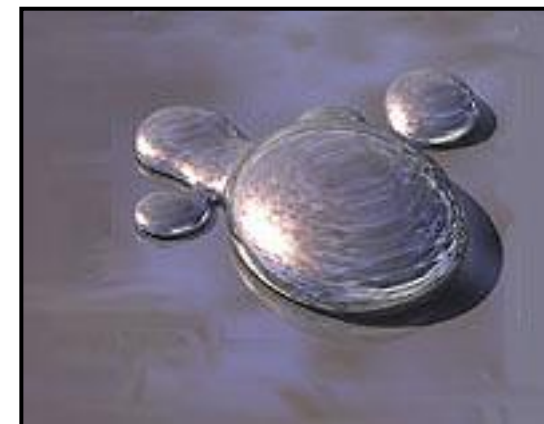
Den geringsten Reibungskoeffizienten aller Festkörper besitzt Polyfluortetraethylen PTFE $[\text{C}_2\text{F}_4]_n$ mit 0.02. Es besitzt damit eben so wenig Reibung wie nasses Eis auf nassem Eis.

Darüber hinaus zeichnet sich das unter dem Handelsnamen *Teflon* bekannte Polymer durch extreme chemische und thermische Stabilität aus, wodurch es u. a. für besonders hochwertige Dichtungen und Schläuche verwendet werden kann.



Chemie Rekorde

Der größte Flüssigkeitsbereich wird beim Element Neptunium beobachtet. Aus einem Schmelzpunkt von $630\text{ }^{\circ}\text{C}$ und einem Siedepunkt von $3900\text{ }^{\circ}\text{C}$ ergibt sich eine Differenz von $3270\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Am kleinsten ist dieser Flüssigbereich beim Edelgas Neon mit $2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-248,6\text{ }^{\circ}\text{C}/-246,3\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Neon ist nach Wasserstoff und Helium das dritthäufigste Element im Universum.

Chemie Rekorde

Cäsium ist das unedelste und reaktionsfähigste aller Metalle

Es ist auch das Element mit dem größten thermischen Ausdehnungskoeffizient ($9,4 \cdot 10^{-5}$ pro K). Cäsium ist ein goldglänzendes, sehr weiches Metall, das bereits bei $28,4\text{ °C}$ schmilzt und sich an der Luft mit rotvioletter Flammenfärbung sofort entzündet.

Cäsiumhydroxid ist die stärkste Hydroxidbase.



Chemie Rekorde

Die häufigsten Elemente der Erdhülle (Atmo-, Bio-, Hydro-, Kryo- und Lithosphäre) nach Gewichtsanteilen sind:

1. Sauerstoff	48,9%
2. Silizium	26,3%
3. Aluminium	7,7%
4. Eisen	4,7%
5. Calcium	3,4%
6. Natrium	2,6%
7. Kalium	2,4%
8. Magnesium	<u>1,9%</u>
	97,9%



Alle übrigen Elemente des PSE machen demnach nur 2,1% aus.

Chemie Rekorde

Die häufigsten Elemente im Universum nach Atomzahlanteilen sind

- | | |
|----------------|-------|
| 1. Wasserstoff | 88,6% |
| 2. Helium | 11,3% |

Alle übrigen Elemente des PSE, die von den Astronomen allesamt als Metalle bezeichnet werden, machen nur etwa 0,1% aus

Während Wasserstoff und Helium beim Urknall entstanden sind, mussten alle schwereren Elemente bis zum Eisen durch Kernfusion in den Sternen gebildet werden. Noch schwerere Elemente werden nur durch Supernovaexplosionen hervorgebracht.

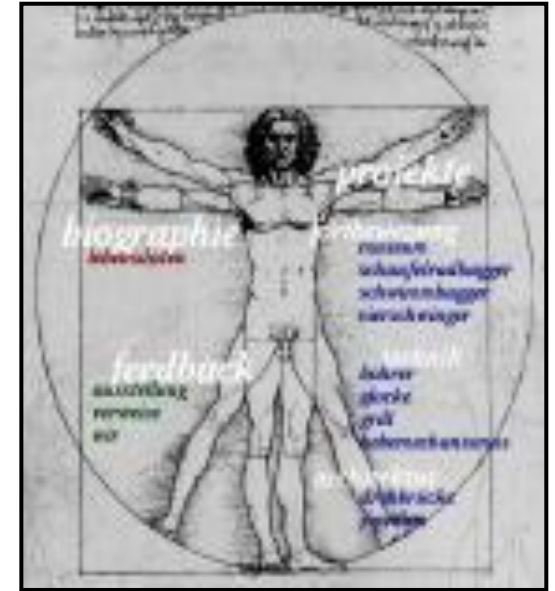


Chemie Rekorde

Die häufigsten Elemente im menschlichen Körper nach Gewichtsanteilen sind

1.	Sauerstoff	65,4%
2.	Kohlenstoff	18,1%
3.	Wasserstoff	10,1%
4.	Stickstoff	3,0%
5.	Calcium	1,5%
6.	Phosphor	1,0%
7.	Schwefel	<u>0,25%</u>
		99,35%

Alle übrigen Elemente des PSE machen nur etwa 0,65% der Masse des menschlichen Körpers aus!



Chemie Rekorde

Schweres Wasser, Deuteriumoxid (D_2O), ist im natürlichen Wasser im Verhältnis von ca. 1:5000 enthalten.

Es kann als Rückstand der Elektrolyse wässriger Lösungen gewonnen werden.

Im Gegensatz zu normalen Wasser H_2O sind am Sauerstoff anstatt normaler Wasserstoffatome, schwere Wasserstoffatome (Deuterium) gebunden.

Es schmilzt erst bei $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, siedet bei $101,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ und sein Dichtemaximum liegt nicht wie bei normalen Wasser bei $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ sondern bei $11,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Aufgrund seiner niedrigeren Lösefähigkeit ist es für fast alle Lebewesen giftig.



Chemie Rekorde

Überschwerer Wasserstoff, Tritium, Symbol T oder ^3H , ist neben Deuterium das dritte (tritons = griech. dritte) Isotop des Wasserstoffs.

Das radioaktive Element entsteht in der hohen Atmosphäre durch die Höhenstrahlung und zerfällt mit einer Halbwertszeit von 12 Jahren unter Emission von β -Strahlung.

Die natürlich vorkommende Gesamtmenge auf der Erde wird nur auf etwa 1,8 kg geschätzt.

Tritium wird u.a. zur Anregung der Lumineszenz von Leuchtziffern in Armbanduhren verwendet



Chemie Rekorde

Die geringste Viskosität besitzt Helium-II bei einer Temperatur nahe am absoluten Nullpunkt von $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ und zwar aufgrund seines Überganges in die Suprafluidität (Bose-Einstein-Kondensat).

Die Suprafluidität ist ein makroskopisches Quantenphänomen, bei der die Viskosität gegen null und die Wärmeleitfähigkeit gegen unendlich geht. Das Suprafluid fließt spontan über Gefäßwände und durchdringt auch allerdünnste Kapillaren, durch die selbst ein Gas nicht mehr zu dringen vermag.

Helium-II kann damit als ultimatives Kühlmittel in der Hochtechnologie eingesetzt werden.



Chemie Rekorde

Das dichteste Element ist Osmium

Seine Dichte beträgt $22,59 \text{ g/cm}^3$ und ist damit nur wenig höher als die von Iridium, das mit einer Dichte von $22,56 \text{ g/cm}^3$ auf dem zweiten Platz liegt.



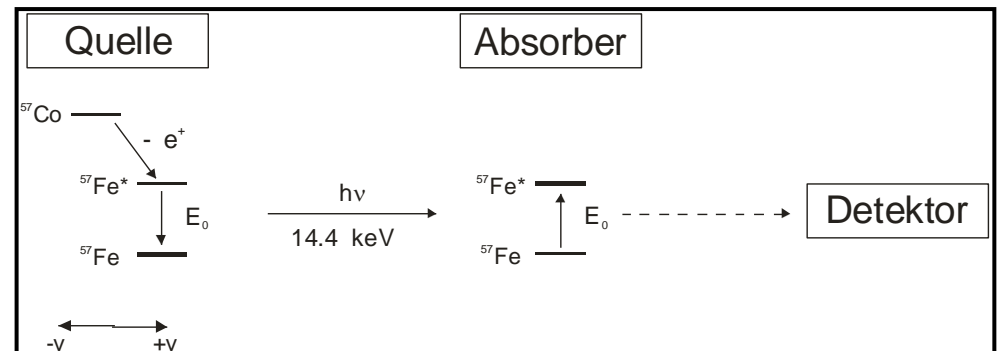
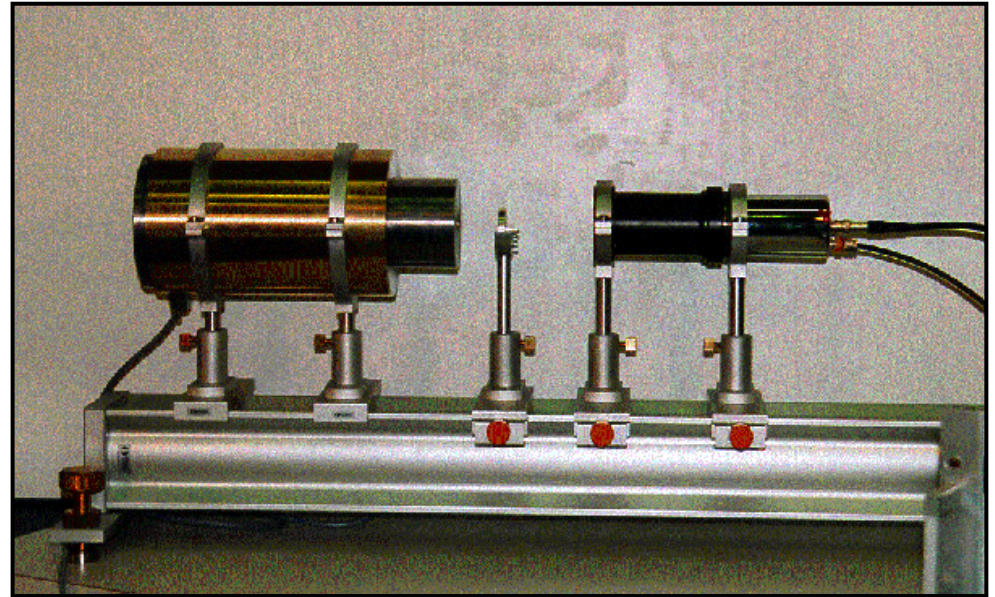
Im Osmiumtetroxid OsO_4 , das extrem giftig ist, liegt Osmium in der hohen formalen Oxidationsstufe +VIII vor.

Chemie Rekorde

Die höchste Auflösung in der analytischen Chemie wird bei der Mößbauerspektroskopie erreicht

Die relative Genauigkeit für 14,4 keV Photonen (^{57}Fe -Resonanz) liegt bei ca. 10^{-15} !

**Unter genau kontrollierten experimentellen Bedingungen lässt sich sogar der Einfluss der Gravitation auf die Energie der Photonen beobachten
⇒ Gravitations-Rotverschiebung**

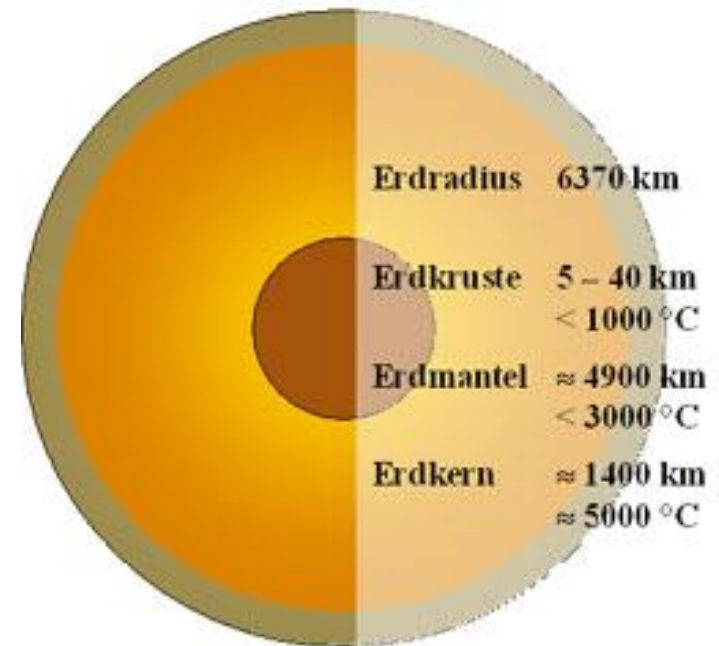


Chemie Rekorde

Die längste bekannte Halbwertszeit eines Nuklids im Sonnensystem hat Te-128 mit $7,2 \cdot 10^{24}$ Jahre

Extrem lange Halbwertszeiten haben auch die folgenden Nuklide

Ge-76	$1,5 \cdot 10^{21}$ Jahre
Zr-96	$3,9 \cdot 10^{19}$ Jahre
Sm-148	$7,0 \cdot 10^{15}$ Jahre
Sm-149	$2,0 \cdot 10^{15}$ Jahre
Th-232	$1,4 \cdot 10^{10}$ Jahre
U-238	$4,5 \cdot 10^9$ Jahre
K-40	$1,3 \cdot 10^9$ Jahre



Vor allem der Zerfall der primordialen Nuklide K-40, Th-232 und U-238 ist für die Erdwärme verantwortlich und somit auch die Grundlage der Geothermie bzw. der Plattentektonik. Der hohe Argongehalt der Erdatmosphäre, ca. 0,93%, lässt sich auf den Zerfall des K-40 zu Ar-40 (Einfang eines K-Elektrons) zurückführen.

Chemie Rekorde

Den höchsten Schmelzpunkt aller Metalle hat Wolfram. Es schmilzt bei ca. 3410 °C

Extrem hohe Schmelz- und Siedepunkte haben auch binäre Boride, Carbide und Nitride, wie z.B.

- **HfC** **3890 °C**
- **TaC** **3810 °C**
- **NbC** **3770 °C**
- **ZrC** **3530 °C**
- **HfN** **3300 °C**
- **TaB₂** **3140 °C**
- **HfB₂** **3100 °C**
- **AlN** **3000 °C**
- **BN** **2970 °C**
- **SiC** **2830 °C**



Chemie Rekorde

Den niedrigsten Schmelzpunkt aller Metalle hat Quecksilber. Es schmilzt bei $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$

Wegen der Lanthanoidenkontraktion und des relativistischen Effekts kommt es zu einem Massezuwachs der Elektronen und die Kernladung wird weniger effizient abgeschirmt. Daraus resultiert, dass besetzte Orbitale stärker kontrahieren und so die Elektronen stärker an dem Atomkern gebunden sind. Darum hat Hg auch eine schlechte elektr. Leitfähigkeit.

Niedrige Schmelzpunkte haben auch folgende Metalle:

- **Fr** **$27,0\text{ }^{\circ}\text{C}$**
- **Cs** **$28,4\text{ }^{\circ}\text{C}$**
- **Ga** **$29,8\text{ }^{\circ}\text{C}$**
- **Rb** **$39,3\text{ }^{\circ}\text{C}$**
- **K** **$63,4\text{ }^{\circ}\text{C}$**
- **Na** **$97,8\text{ }^{\circ}\text{C}$**
- **In** **$156,6\text{ }^{\circ}\text{C}$**
- **Li** **$180,5\text{ }^{\circ}\text{C}$**



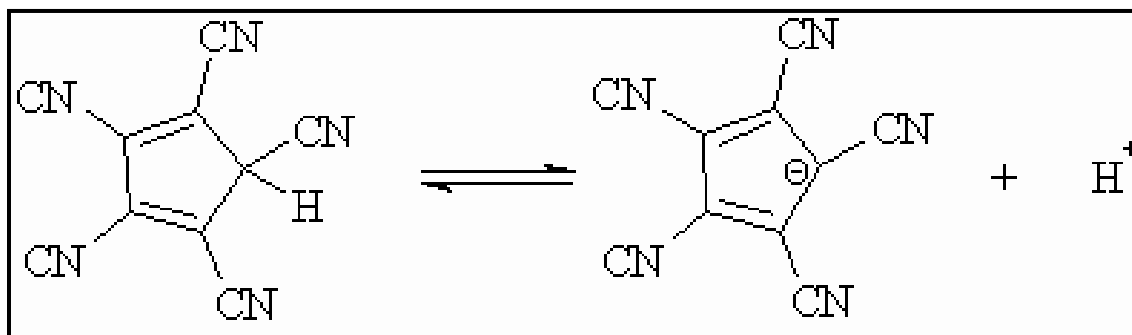
Chemie Rekorde

Die stärkste organische Säure ist das Pentacyanocyclopentadien

Die Stärke der Säure lässt sich durch die Stabilität des durch Deprotonierung entstehenden Carbanions und durch die elektronenziehende Kraft der Cyanogruppe erklären.

Eine Cyanogruppe stabilisiert eine negative Ladung am Kohlenwasserstoff. Je mehr Cyanogruppen an einem Molekül (hochsubstituiertes Derivat) gebunden sind, desto stärker ist die Säure.

Pentacyanocyclopentadien hat einen pka-Wert kleiner als -11.



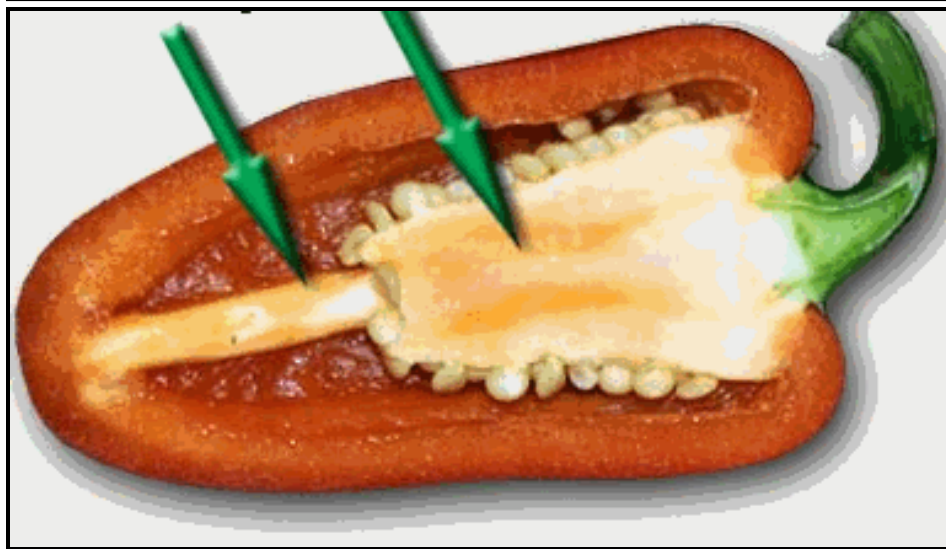
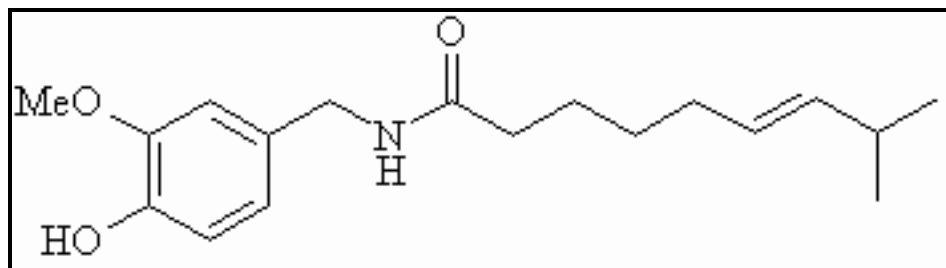
Chemie Rekorde

Die schärfste Verbindung ist das Capsaicin, der würzige Inhaltsstoff des Paprika, des Cayenne-Pfeffers und der Chilischote

Es wurde bereits 1876 isoliert. Capsaicin schützt die, für die Fortpflanzung lebenswichtigen Schoten, vor Fressfeinden.

Capsaicin ist farblos und bis auf die Schärfe geschmacklos.

Es ist außerdem ziemlich beständig und es wird weder durch das Erhitzen beim Kochen noch durch Einfrieren zerstört. Isoliert präsentiert es sich als weißes Pulver, das in Alkohol und Fett, nicht aber in Wasser löslich ist.



Chemie Rekorde

Das stärkste Oxidationsmittel ist Sauerstoffdifluorid OF_2 , das bei der Fluorierung einer verdünnten NaOH-Lösung entsteht. Das Halbstufenpotential beträgt im sauren pH-Bereich ($\text{pH} = 1$) 3,29 V vs. NHE.

Hohe Oxidationsstärken haben auch die folgenden Spezies:

<u>Halbreaktion</u>	<u>E^0 [V]</u>
$\text{Pr}^{4+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Pr}^{3+}$	3,2
$\text{Tb}^{4+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Tb}^{3+}$	3,1
$\text{F}_2 + 2 \text{e}^- + 2 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{HF}$	3,07
$\text{OH}\cdot + \text{e}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	2,80
$\text{H}_4\text{XeO}_6^{4-} + 2 \text{e}^- + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{XeO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$	2,38
$\text{XeO}_3 + 6 \text{e}^- + 6 \text{H}^+ \rightarrow 3 \text{H}_2\text{O}$	2,10
$\text{HMnO}_4^- + 3 \text{e}^- + 3 \text{H}^+ \rightarrow \text{MnO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	2,09
$\text{O}_3 + 2 \text{e}^- + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$	2,07
$\text{Ag}^{2+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}^+$	1,99
$2 \text{H}_2\text{O}_2\cdot + 2 \text{e}^- + 2 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$	1,76

Chemie Rekorde

Das stärkste Reduktionsmittel ist die Stickstoffwasserstoffsäure, die im reinen Zustand auch extrem explosiv ist. Ihr Halbstufenpotential beträgt im sauren pH-Bereich (pH = 1) -3,33 V vs. NHE.

Hohe Reduktionsstärken haben auch die folgenden Spezies:

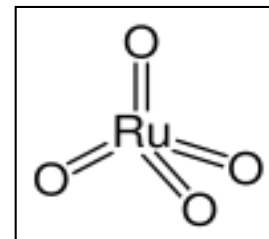
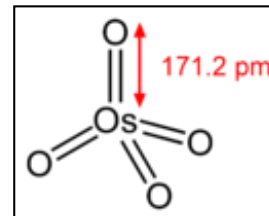
<u>Halbreaktion</u>	<u>E⁰ [V]</u>
Li⁺ + e⁻ → Li	-3,04
Cs⁺ + e⁻ → Cs	-3,03
Er³⁺ + e⁻ → Er²⁺	-3,00
Rb⁺ + e⁻ → Rb	-2,98
K⁺ + e⁻ → K	-2,94
Ba²⁺ + 2 e⁻ → Ba	-2,91
Sr²⁺ + 2 e⁻ → Sr	-2,90
Ca²⁺ + 2 e⁻ → Ca	-2,87
Na⁺ + e⁻ → Na	-2,71
Mg²⁺ + 2 e⁻ → Mg	-2,36

Chemie Rekorde

Die höchste Oxidationsstufe, nämlich +VIII, erreichen Ruthenium und Osmium in den Verbindungen RuO_4 und OsO_4 . Beide Verbindungen sind extrem toxisch und oxidieren 1,2-Diole und Alkene

Andere Elemente die hohe Oxidationsstufen erreichen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt

<u>Element</u>	<u>Höchste Oxidationsstufe</u>	<u>Beispiel</u>
Mn	+VII	MnO_4^-
Tc	+VII	TcO_4^-
Re	+VII	ReO_4^-



Chemie Rekorde

Die teuerste Substanz ist Antimaterie. Auch wenn es noch nicht gelungen ist, davon wägbare Mengen herzustellen, so gibt es doch Schätzungen bzgl. des Preises. Die NASA schätzte diesen 1999 auf 57 Mrd. €/g, US-Forscher 2006 eher auf 23 Mrd. €/g.

Teure Reinsubstanzen, die man erwerben kann, sind der folgenden Tabelle aufgelistet:

Nr.	Substanz	Preis/g
1	Californium	25 Mio. €
2	Rote Diamanten	1,8 Mio. €
3	Painit	240.000 €
4	LSD	67.000 €
5	Tritium	30.000 €
6	Diamanten	19.000 €
7	Taaffeite	11.500 €
8	Plutonium	3.700 €
9	Crystal Meth	82 €
10	Kokain	80 €
11	Heroin	44 €
12	Gold	37 €

