



Experimentalvorlesung

Hauptgruppenchemie

*Axel Schulz
Institut für Chemie
der Universität Rostock
2015*



8. Hauptgruppe – Die Edelgase

■ Inhalt

- **Elektronenkonfiguration**
- **Darstellung - Lindeverfahren**
- **Löslichkeit von Gasen**
- **Edelgasverbindungen**
- **VSEPR-Modell**

Alle Folien sind im Internet als pdf Dokument erhältlich:

<http://www.schulz.chemie.uni-rostock.de/>

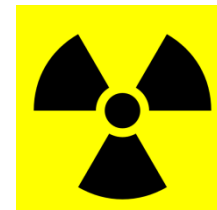
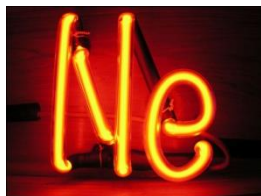


Die Edelgase im PSE

1 H 1.0079																	2 He 4.0026									
3 Li 6.941	4 Be 9.0122											5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180									
11 Na 22.990	12 Mg 24.305											13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.066	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948									
19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.867	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.933	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.723	32 Ge 72.61	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80									
37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc* 98.906	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.80	53 I 126.90	54 Xe 131.29									
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33											72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po* 208.98	85 At* 209.99	86 Rn* 222.02
87 Fr* 223.02	88 Ra* 226.03											104 Rf* 261.11	105 Db* 262.11	106 Sg* 263.12	107 Bh* 262.12	108 Hs* 265	109 Mt* 268	110 Eka-Pt 271	111 Eka-Au 272	112 Eka-Hg						
		57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm* 146.92	62 Sm 150.36	63 Eu 151.97	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97										
		89 Ac* 227.03	90 Th* 232.04	91 Pa* 231.04	92 U* 238.03	93 Np* 237.05	94 Pu* 244.06	95 Am* 243.06	96 Cm* 247.07	97 Bk* 247.07	98 Cf* 251.08	99 Es* 252.08	100 Fm* 257.10	101 Md* 258.10	102 No* 259.10	103 Lr* 260.11										

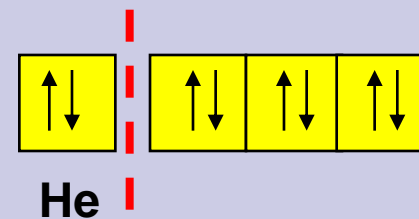


Edelgase: Elektronenkonfiguration



Rn

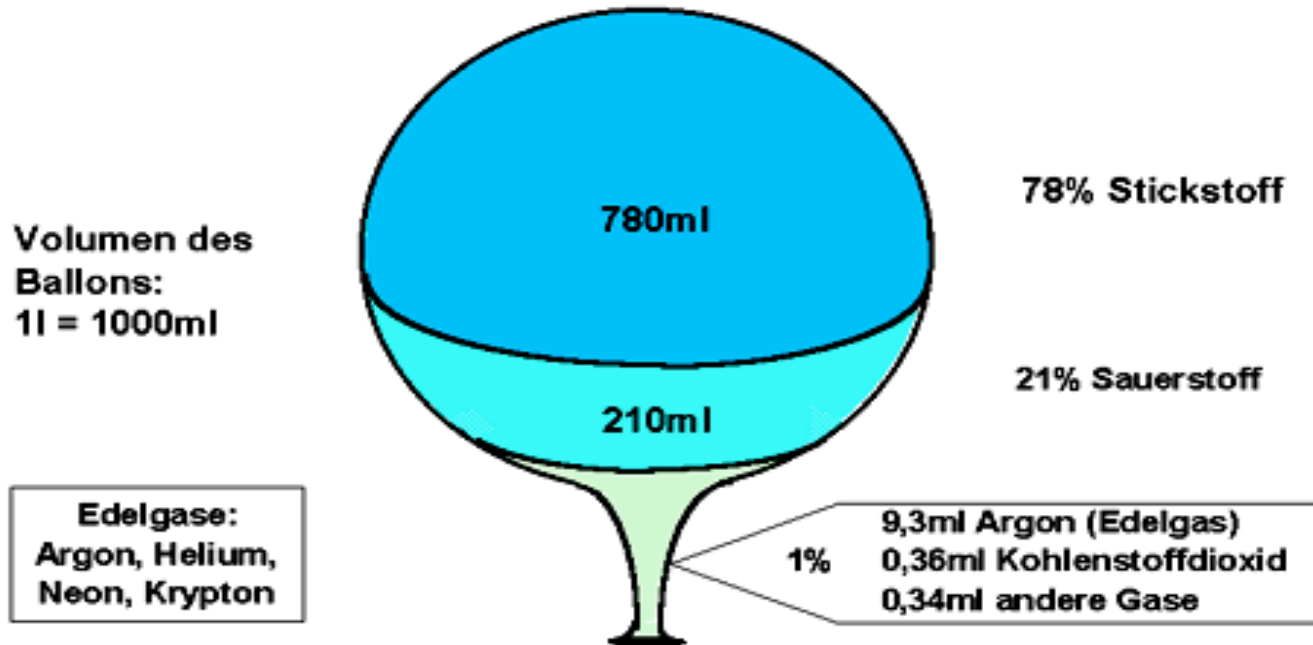
- Nichtmetallische atomare Gase
- Edelgasschale: $ns^2 np^2$
- Unreaktiv – Edel
- Abgabe von Elektronen (z.B. Xe^+),
- meist werden kovalente Bindungen ausgebildet
- Reaktivität nimmt zu je schwerer das Edelgas





Luftverflüssigung und Edelgase

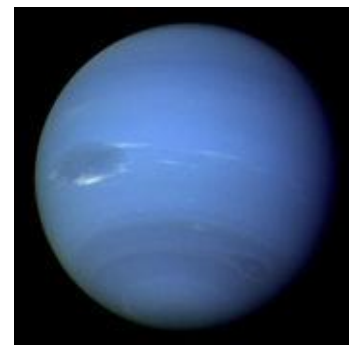
Zusammensetzung der Luft im 20. Jahrhundert





Vorkommen der Edelgase: Im Universum

- Helium macht ungefähr 19 % von Neptuns Atmosphäre aus



Heliumgehalt unserer Planeten

Neptun	19 % ± 3,2 %
Uranus	15,2 % ± 3,3 %
Jupiter	10,2 %
Merkur	6 %
Saturn	3,25 %
Venus	12 ppm
Erde	5,2 ppm



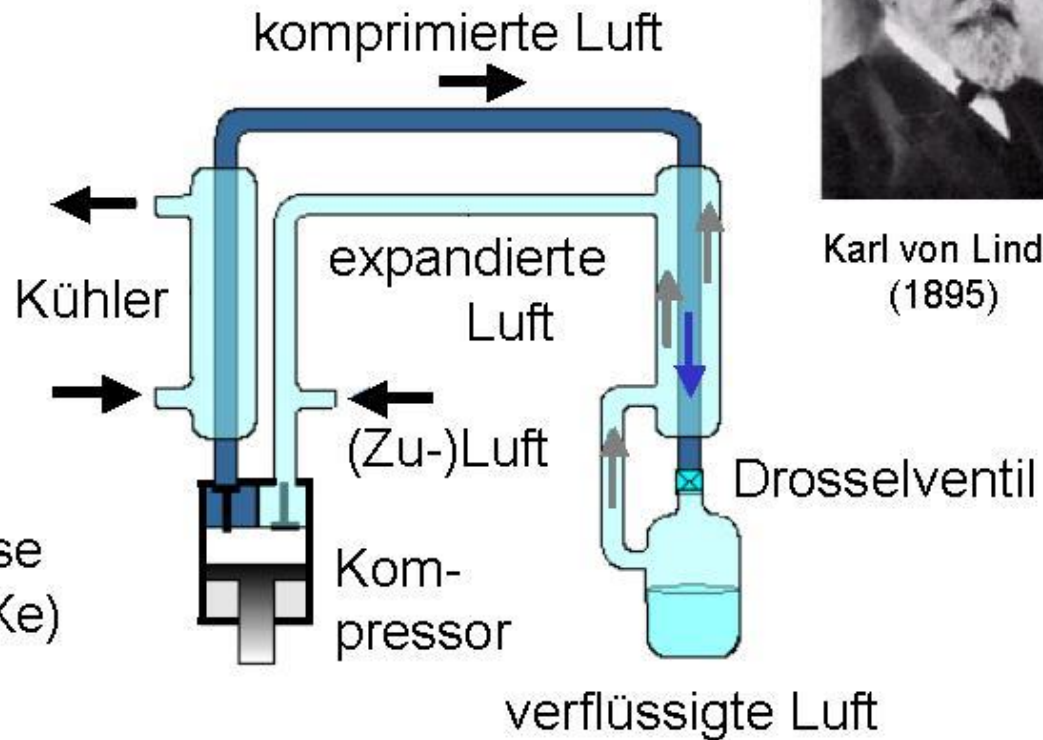
Linde-Verfahren

1894 erste Luftverflüssigungsapparat

Luft:

78,09% N₂
 20,95% O₂
 0,93% Ar
 0,03% CO₂

Rest: Edelgase
 (Ne, He, Kr, Xe)



Karl von Linde
 (1895)



Siedepunkte: Luftverflüssigung

Unterschiedliche Fraktionen vor der Feintrennung

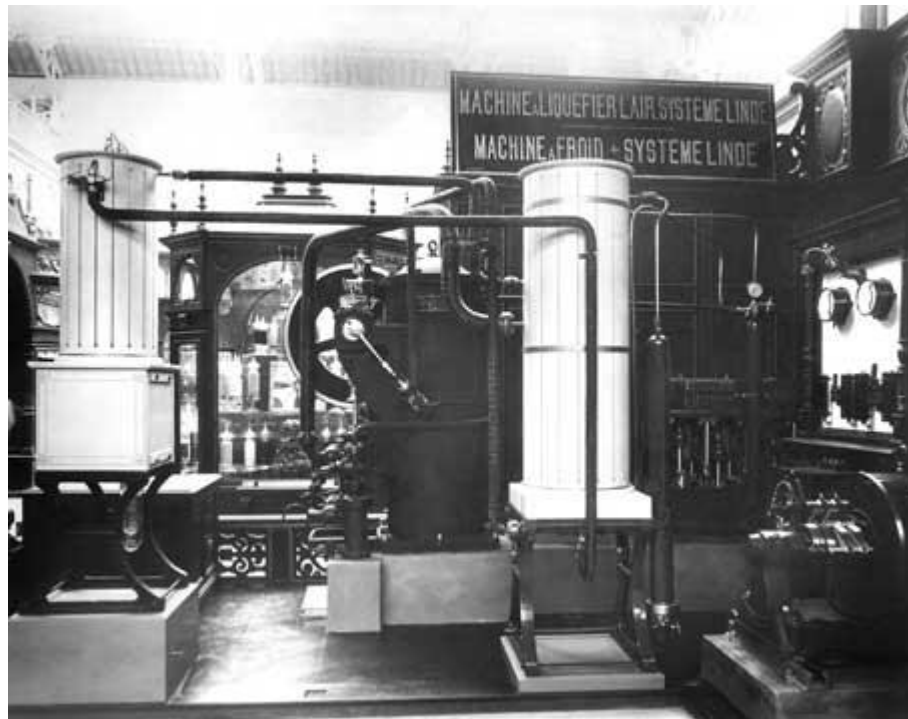
He	Ne	N ₂	Ar	O ₂	Kr	Xe
-269	-246	-196	-186	-183	-153	-108

Blue brackets are drawn above the first three elements (He, Ne, N₂), above the next two elements (Ar, O₂), and below the last three elements (O₂, Kr, Xe).



Historische Luftverflüssigungsanlage

1900 bekam Lindes Luftverflüssigungsmaschine bei der **Weltausstellung in Paris** den Grand Prix, den begehrtesten Preis der Ausstellung.



Luftverflüssigungsanlage auf der Weltausstellung in Paris, Frankreich (1900)



Vorkommen, Gewinnung und Verwendung

He: Amerikanische Erdgase

Entfernen des CO_2

Kühlen auf $-205^\circ\text{C} \Rightarrow$ nur He bleibt gasförmig

He: Kryotechnik (Supraleiter), Ballonfüllungen

Trägergas, Inertgas

Ar, Ne, Kr, Xe:

aus der Luftverflüssigung

z. B. bei der Herstellung von reinem N_2

für die NH_3 -Synthese

Ar: Inertgase z. B. für das Schweißen und für Glühlampen,

für das Schmelzen von Titan,

Ar, Ne, Kr, Xe:

Entladungslampen, Bogenlampen



Eigenschaften der Edelgase

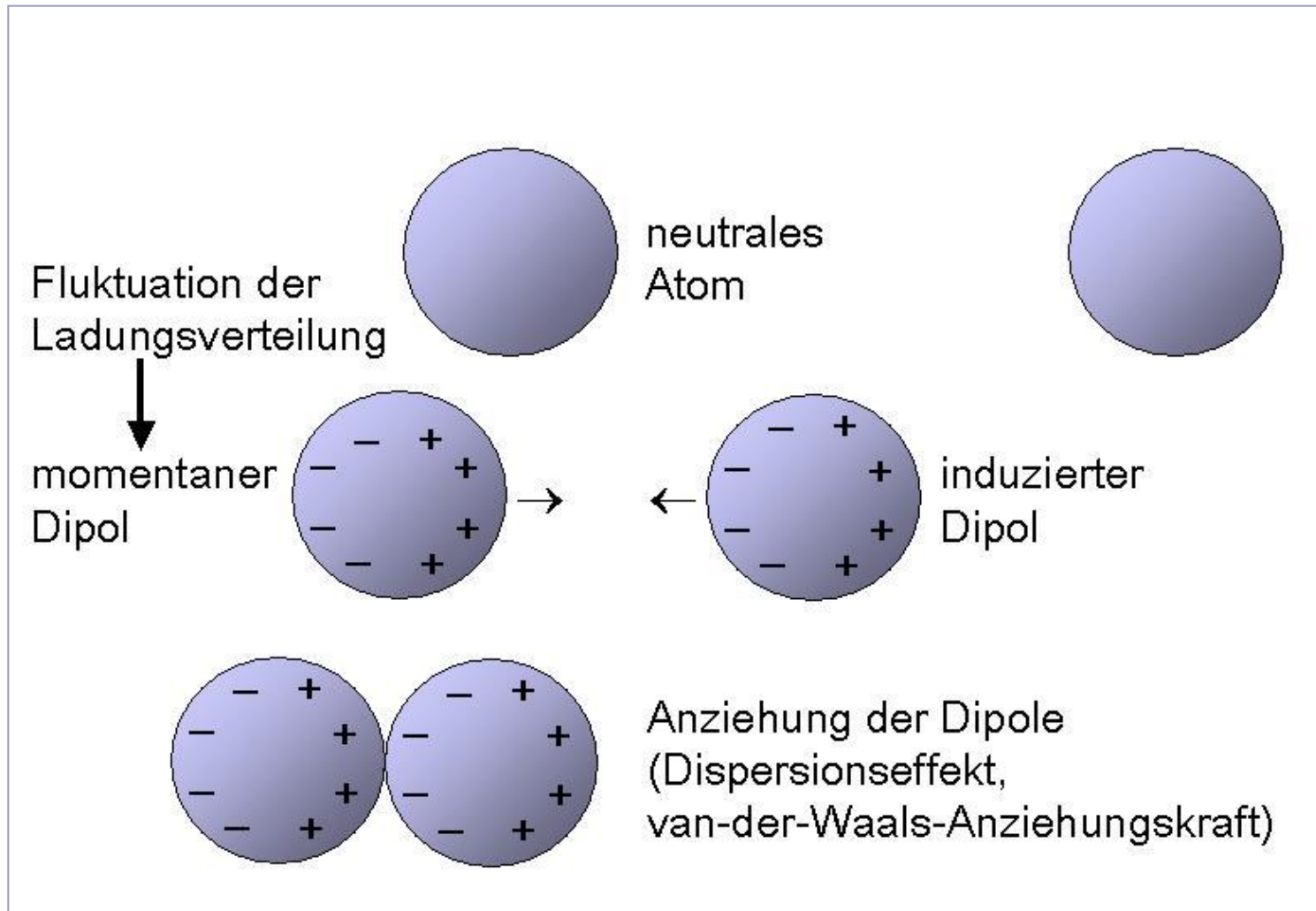
**Geruch-, farb- und geschmacklos;
niedrige Schmelz- und Siedepunkte; in Wasser kaum löslich**

	Smp. °C	Sdp. °C	Ionisierungs- energie 10 ³ kJ/mol	Volumen% in Luft
Helium (He)	-272.2*	-268.9	2.37	5·10 ⁻⁴
Neon (Ne)	-248.6	-245.9	2.08	3·10 ⁻³
Argon (Ar)	-189.3	-185.8	1.52	0.934
Krypton (Kr)	-157	-152.9	1.35	1·10 ⁻⁴
Xenon (Xe)	-112	-107.1	1.17	9·10 ⁻⁶
Radon (Rn)	-71	-61.8	1.04	ca. 6·10 ⁻¹⁸

* Unter 2.6 MPa Druck



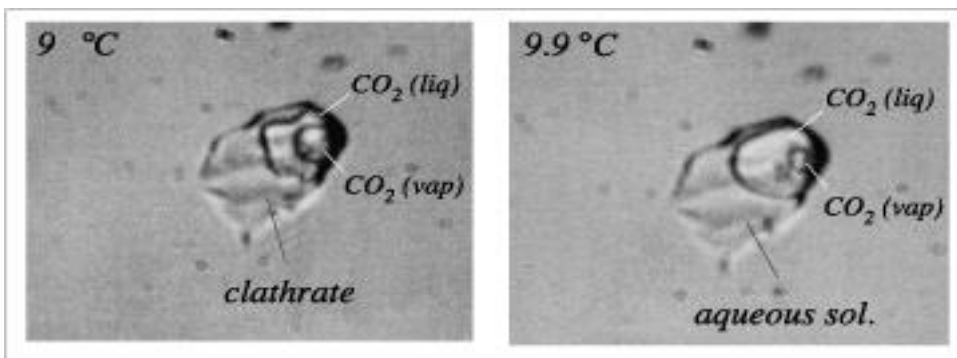
Warum kondensieren Edelgase?





Löslichkeit von Gasen

Festkörper: **Clathratbildung** z.B. Edelgase (E)
im Eis eingeschlossen **E * 6 H₂O**

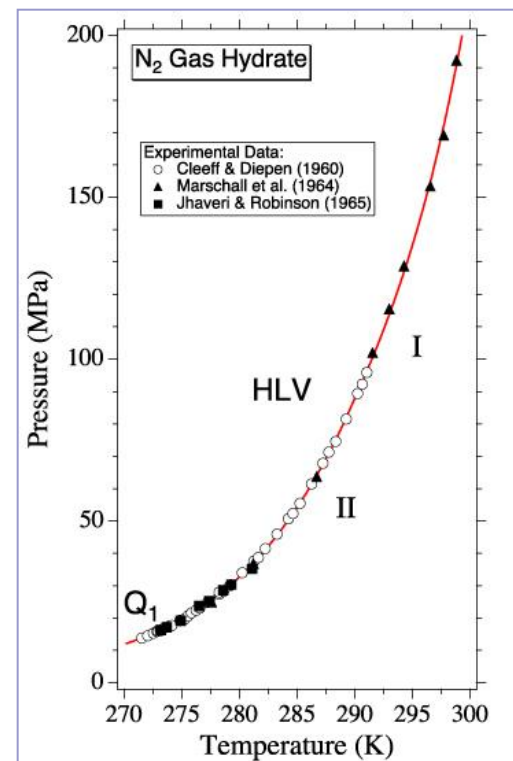


Gas	K _H	
	0°C	75°C
He	0.0004	0.0004
N ₂	0.0010	0.0004
O ₂	0.0022	0.0008
Ar	0.0025	0.0008
CO ₂	0.0773	0.0134
NH ₃	245.00	10.90

Löslichkeitskonstanten einiger Gase in Wasser

Henry-Gesetz:

$$K_H = m_{\text{Gas, gesättigt}} / p_{\text{Gas}}$$

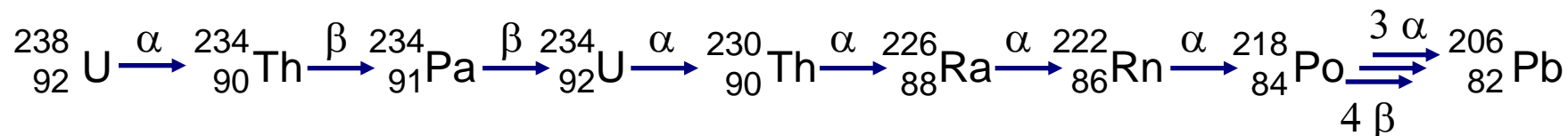


Stabilität des N₂-H₂O
Clathrats $p = f(T)$



Helium (griech. *ἥλιος* *hélios*, „Sonne“)

Natürliches He entsteht z.B. in der Uran/Radium-Reihe:



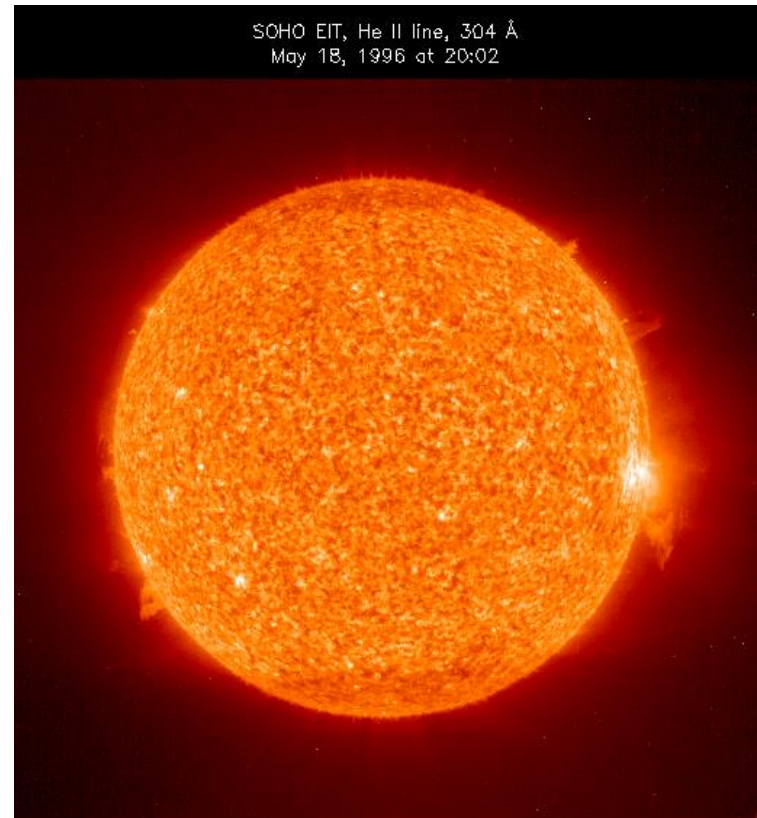
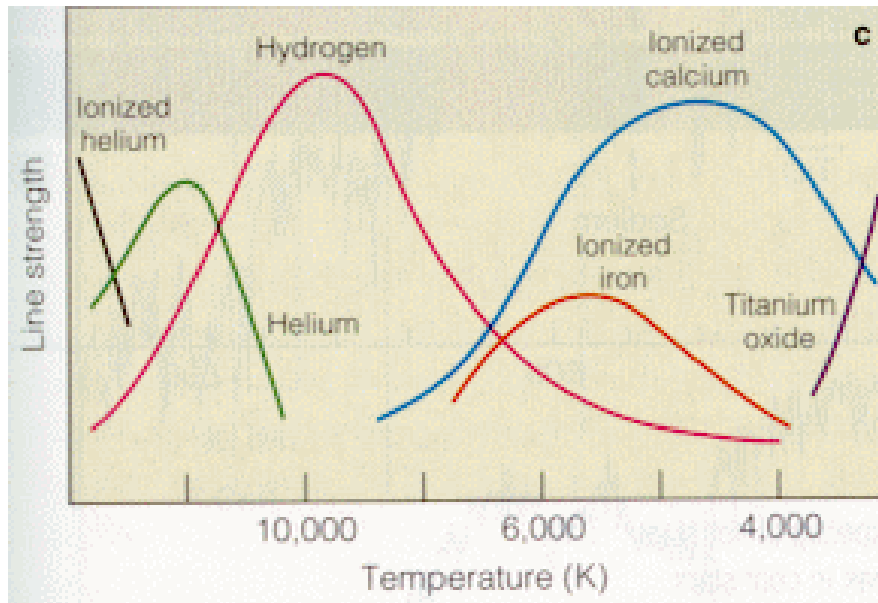
■ Helium

bleibt bis zu sehr tiefen Temperaturen gasförmig, erst bei Temperaturen nahe des absoluten Nullpunkts wird es flüssig. Es ist die einzige Substanz, die bei Normaldruck selbst am absoluten Nullpunkt (0 K bzw. $-273,15\text{ °C}$) nicht fest wird. Helium ist die Substanz mit der größten bekannten chemischen Reaktions-trägheit. Auch unter Extrembedingungen konnten bis jetzt keine Verbindungen des Heliums nachgewiesen werden, die nicht sofort nach der Bildung zerfallen.



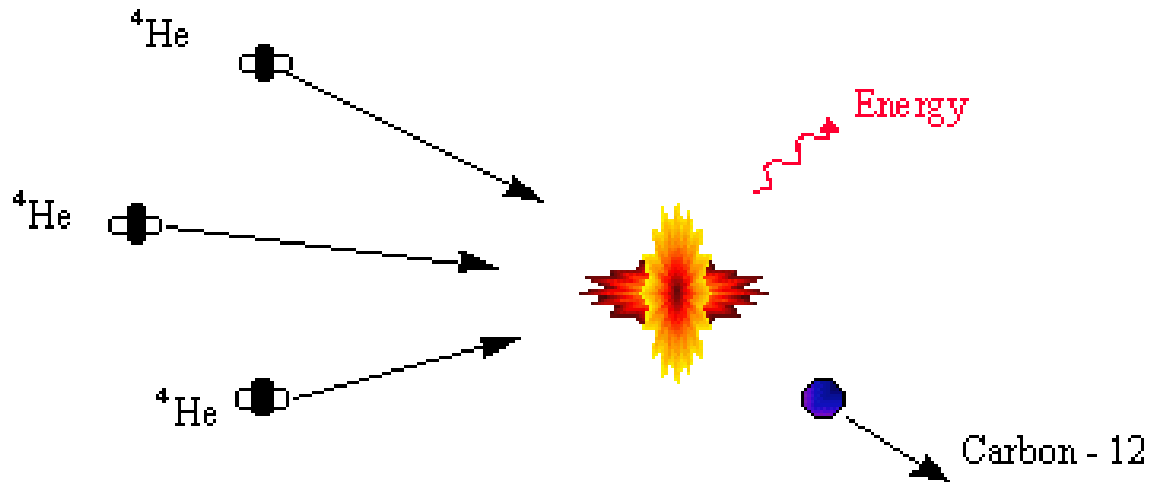


Linienpektrum und Sterntemperatur





Heliumbrennen



Helium Burning

When the temperature in the core of a star reaches about 100 million degrees, three colliding helium nuclei can fuse to form a carbon nucleus. This set of reactions is also called the **triple alpha process**.



Natürliche Heliumquellen



He-Quellen in USA: Erdgas mit bis 7% He
 USA größter Lieferant –
 2002 Algerien 16% des Heliums



Künstliche Gewinnung

^3He kann nur aus Kernreaktionen gewonnen werden und ist daher sehr teuer. Es entsteht beispielsweise beim Betazerfall von Tritium:

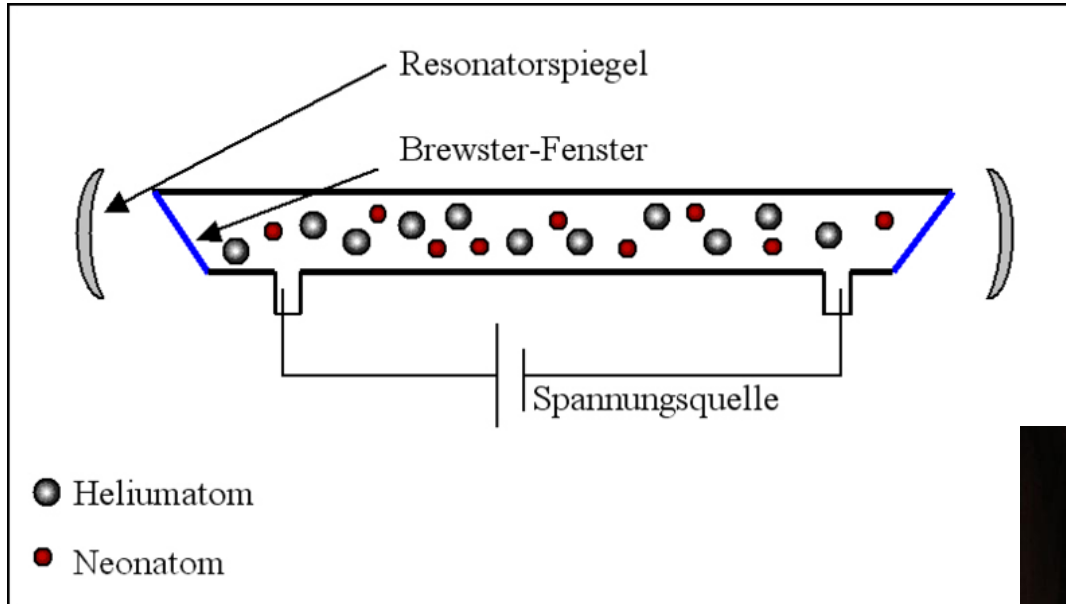


Tritium ^3H und ^4He können durch Neutronenbeschuss von Lithium in einem Kernreaktor gewonnen werden:





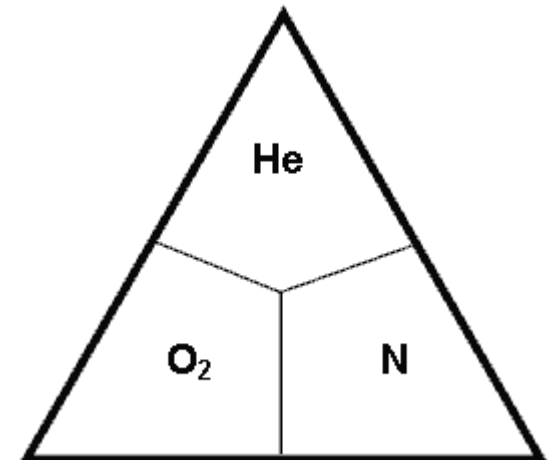
Anwendung: He-Laser und He-Plasma





Verwendung: Beatmungsgase

- Helium-Sauerstoff-Gemische (80:20) dienen für Asthmatiker als Beatmungsgas – die Viskosität des Gasgemisches ist wesentlich geringer als die von Luft und es lässt sich daher leichter atmen.
- Beim kommerziellen Tauchen werden verschiedene Gemische mit Helium wie **Trimix** (bestehend aus Sauerstoff, Stickstoff und Helium) als Atemgas verwendet.



Die negativen Effekte von Sauerstoff und Stickstoff (Stickstoffnarkose, Sauerstoffvergiftung des ZNS und Dekompressionskrankheiten) werden dadurch minimiert.



Experiment

- **Mickey-Mouse-Stimme** durch Einatmen von Helium





Zeppelin

Da Helium nur ein Siebtel der Dichte von Luft hat, dient es auch als Traggas.

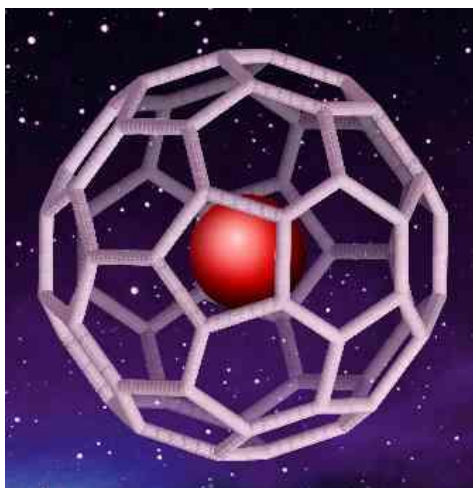


Sichere He-Zeppeline



Massensterben und ein endohedraler Komplex ...

Vor 250 Millionen Jahren ...

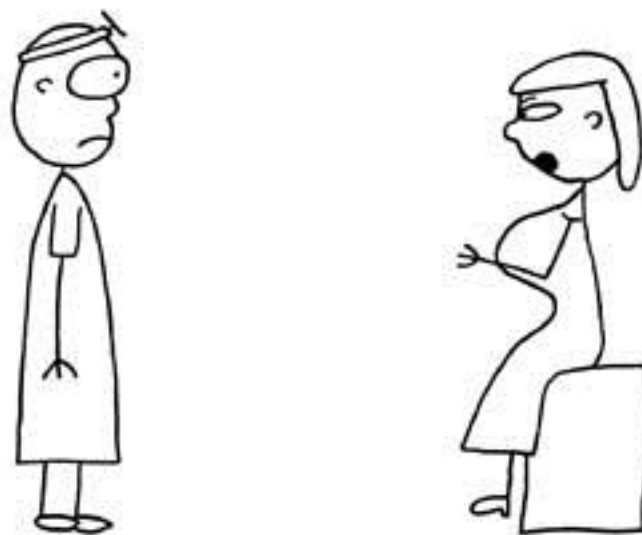


Science, **291**, 1530 (2001)

Verhältnis $^3\text{He}/^4\text{He}$ ist 100 größer als normal ...



Exotische Anwendungen



A breast reduction? Are you insane?
I just want helium-filled implants,
so they'll be easier to lug around.



Neon – Krypton – Argon – Xenon

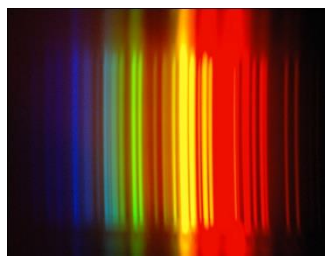
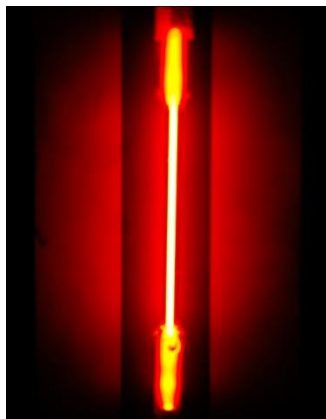
- **Neon** (griech. νέος „neu“) und
- **Krypton** (griech. κρυπτός „verborgen“)
1898 durch W. Ramsay und M. W. Travers im "Rückstand" verdampfter Luft entdeckt.
- **Argon** (griech. 'αργό(v) „das träge [Element]“
Entdeckt wurde Argon durch Lord Rayleigh und Sir W. Ramsay im Jahre **1894**
- **Xenon** (griech. xenos „fremd“) wurde am **1898** durch W. Ramsay und M. W. Travers aus Rohkrypton abgetrennt.



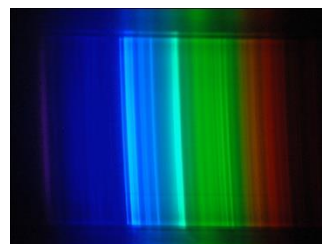
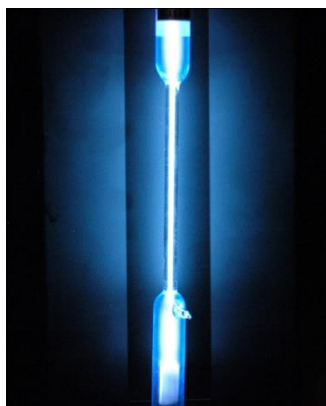
W. Ramsay
(1852 - 1916)
Glasgow University



Ionisiertes Neon und Xenon



Neon



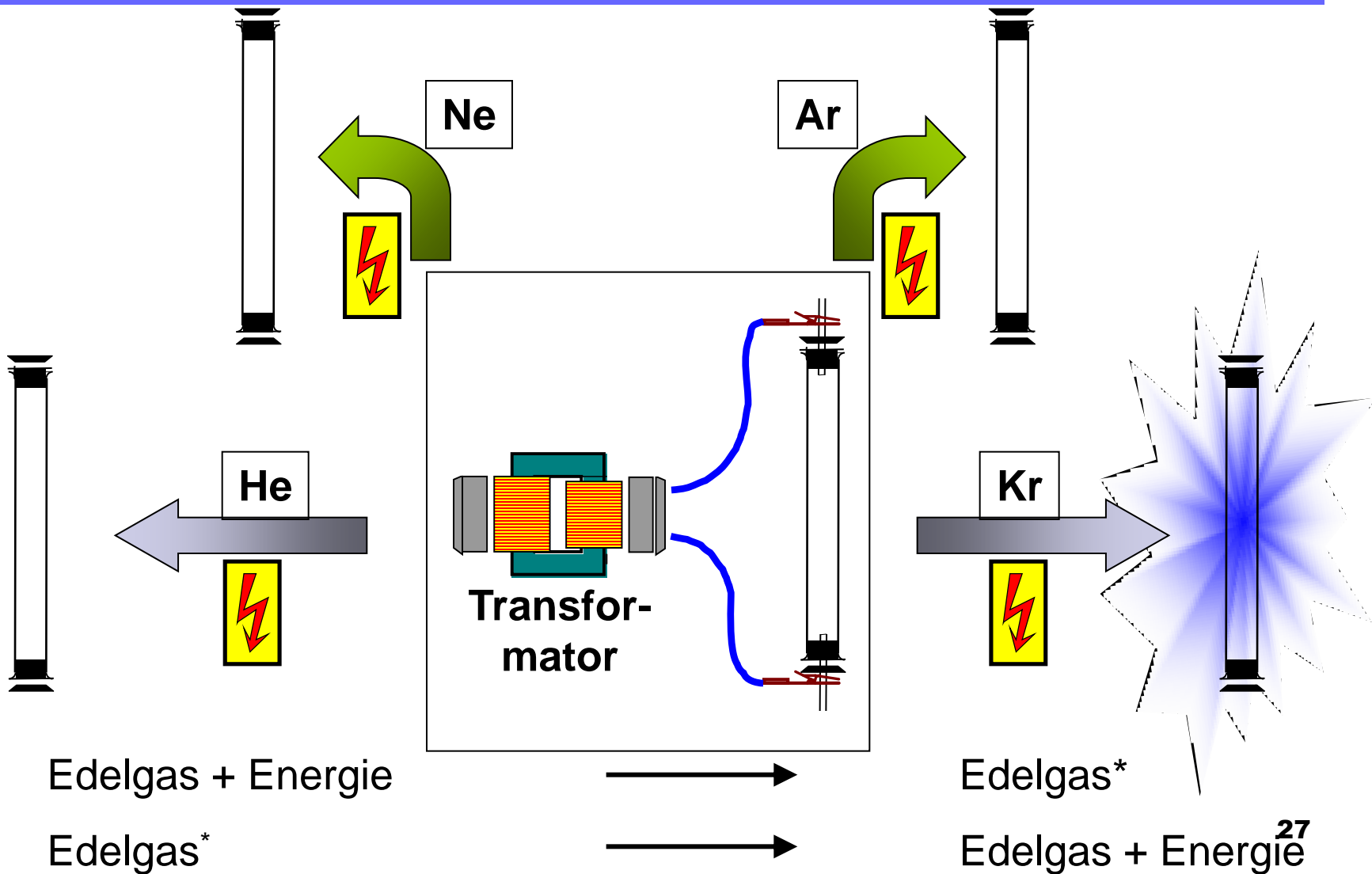
Xenon



Xenonlampen



Leuchtstoffröhren





Experiment

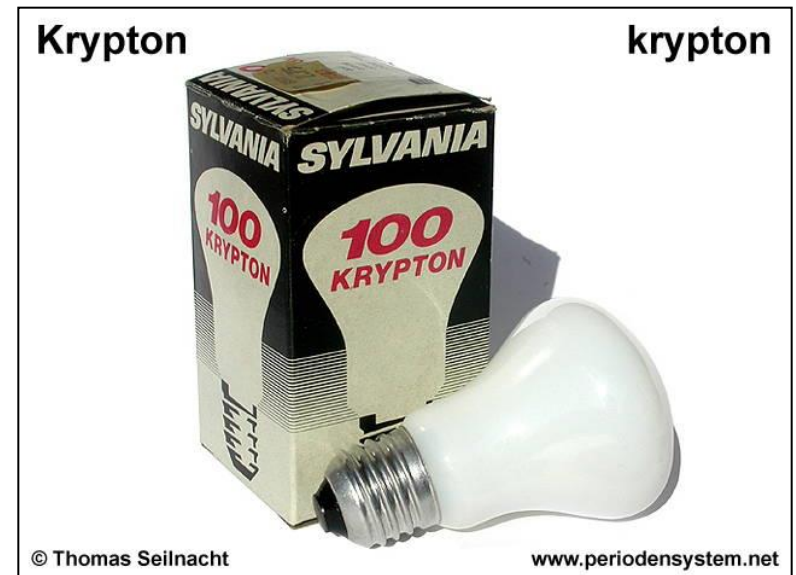
■ Leuchten von Edelgasen : Helium, Neon, Argon, Krypton

Eine Kette edelgasgefüllter Leuchtröhren wird mit einem Funkeninduktor verbunden. Zur Anregung ist eine Gleichspannung von etwa 4V üblich. Um sekundär hohe Spannungsspitzen zu erhalten, muss die Unterbrechung möglichst schnell erfolgen. Der Primärstrom wird in rascher Aufeinanderfolge unterbrochen. Dadurch entsteht sekundär eine hochgespannte, zerhackte Gleichspannung. Die Edelgasröhren beginnen zu leuchten.



Glühbirnen

Ein Liter Luft enthält etwa 0,00114 ml Krypton ($1,14 \times 10^{-4}$ Volumenprozent).

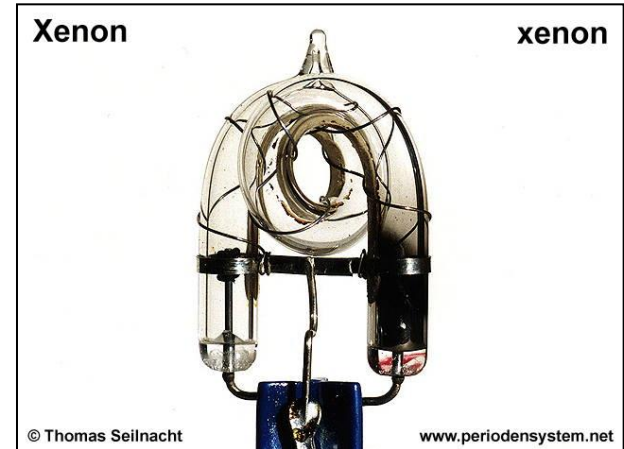


Kryptonfüllungen ermöglichen im Gegensatz zu Stickstoff-Argon-Füllungen in Glühbirnen noch höhere Temperaturen.



Xenonlampen

Ein Liter Luft enthält etwa
0,000087 ml Xenon
($8,7 \times 10^{-6}$ Volumenprozent).

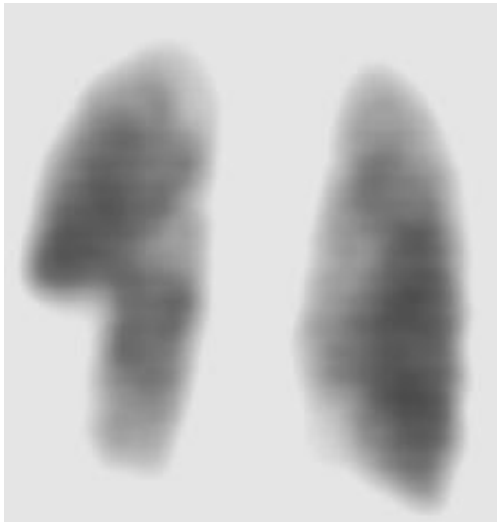


Es dient zur Herstellung von Xenon-Blitzröhren, für Bauteile in Radaranlagen und zur Herstellung von Xenon-Hochdrucklampen für Stadionbeleuchtungen. Das Xenon erzeugt ein sehr weißes Licht mit einer Farbtemperatur von 6000 Kelvin, was annähernd dem Sonnenlicht (6500 Kelvin) entspricht.

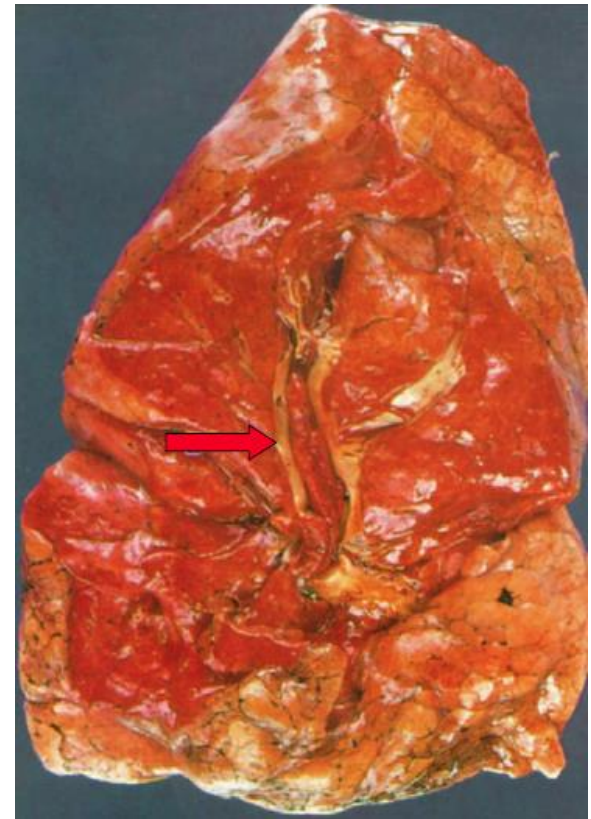


Ventilationsszintigraphie mit radioaktiven Edelgasen

Perfusionsgas z.B. ^{133}Xe (auch ^{81}Kr)



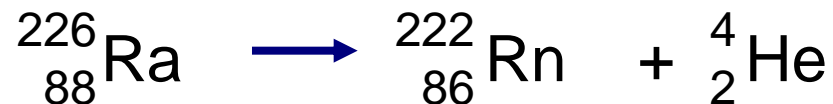
Lungenembolie





Das Radon

Radon: von Radium von lat. *radius* „Strahl“, wegen seiner Radioaktivität
1900 von F. Dorn entdeckt „Radium Emanation“ („aus Radium herausgehendes“)



Stabilste Isotop: ${}_{86}^{222}\text{Rn}$

$\tau_{1/2} = 3.8 \text{ d}$

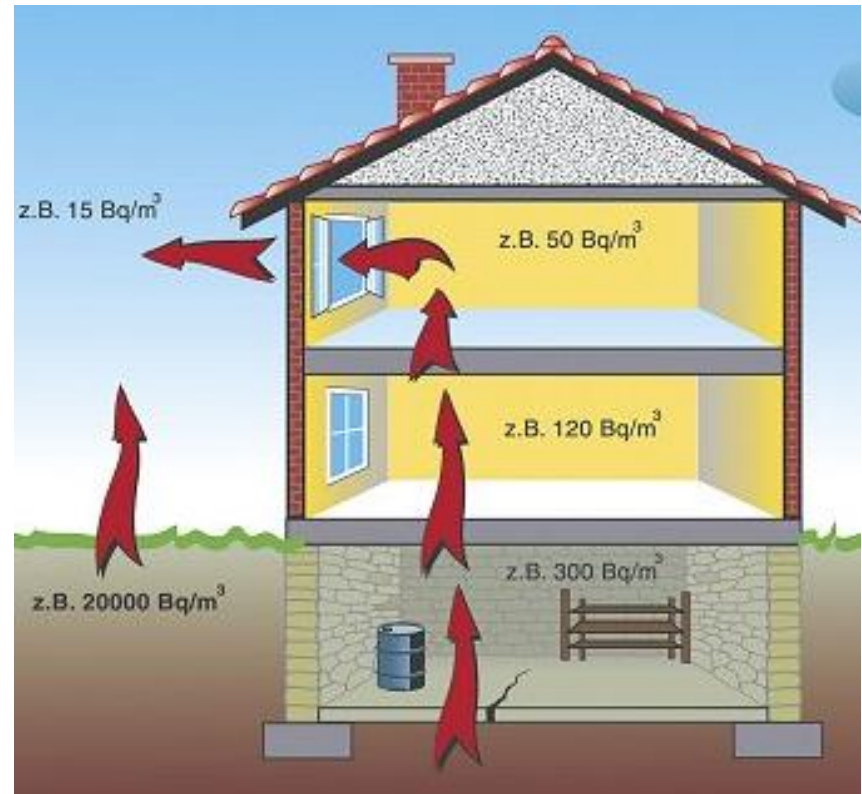
***Vorsicht in Kellern in Gebieten wo Uranerze sich befinden!
Radon entweicht als Gas und kann sich konzentrieren.***



Zur Gefährlichkeit von Radon

Radon ist ein farbloses, geruchloses und radioaktives Gas. Es besitzt eine sehr hohe Dichte. Es ist das **schwerste aller Gase** und ist ca. siebenmal so schwer wie Luft. Das Edelgas leuchtet im Dunkeln.

Fast alle Steine und Baumaterialien enthalten Spuren von radioaktivem Uran oder Thorium. Bei deren radioaktiven Zerfall entstehen die drei Radon-Isotope, die sich daher fast immer in der Umgebung befinden. Aus diesem Grunde **erhöht sich die Konzentration von Radon in schlecht durchlüftenden Wohnräumen, Kellern oder Bergwerken** erheblich.





Schneeberger Krankheit

- Region um den Schneeberg viele Lungenkrebserkrankungen unter Bergleuten



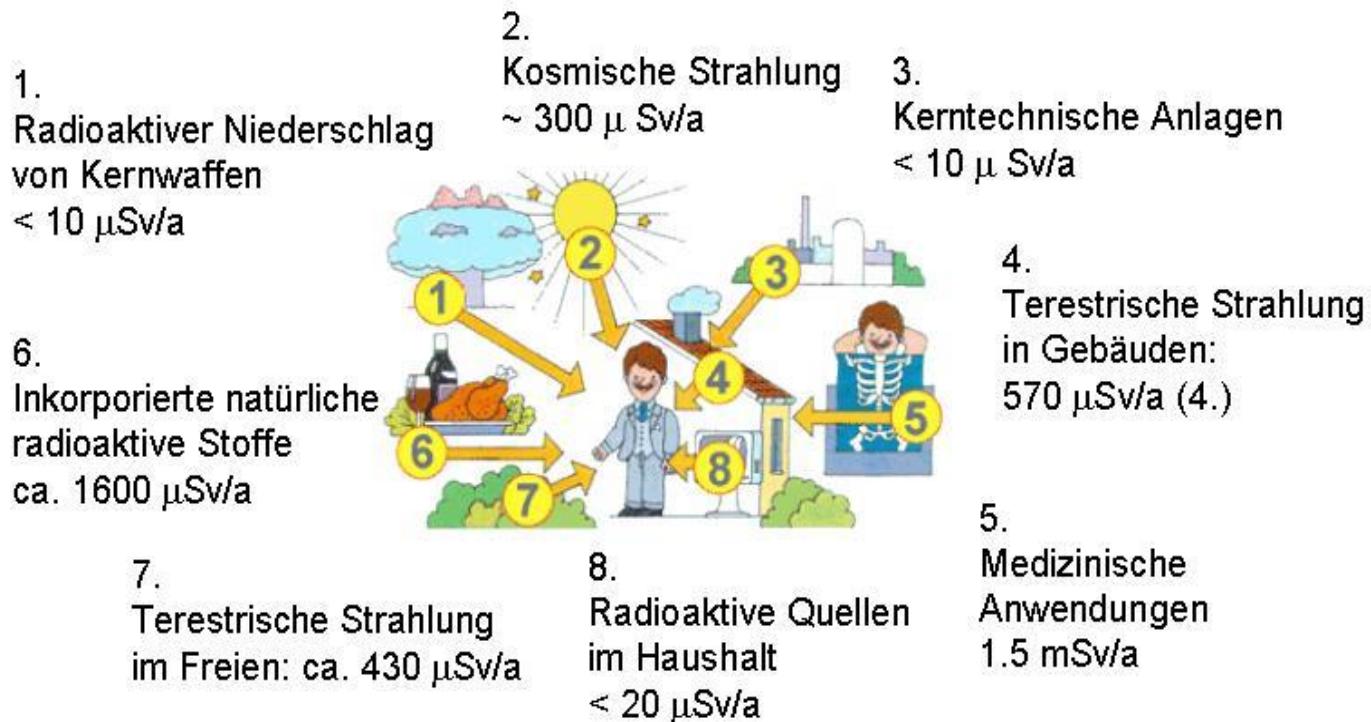
Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

**3000 Lungenkrebsfällen in Deutschland
durch Radon in Wohnungen!**



Strahlung im täglichen Leben

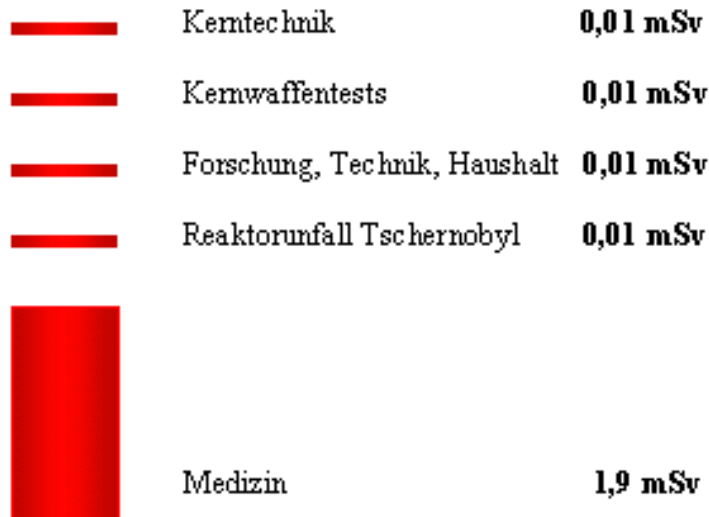
auf ca. 80 Sv rechnet man einen Krebstoten



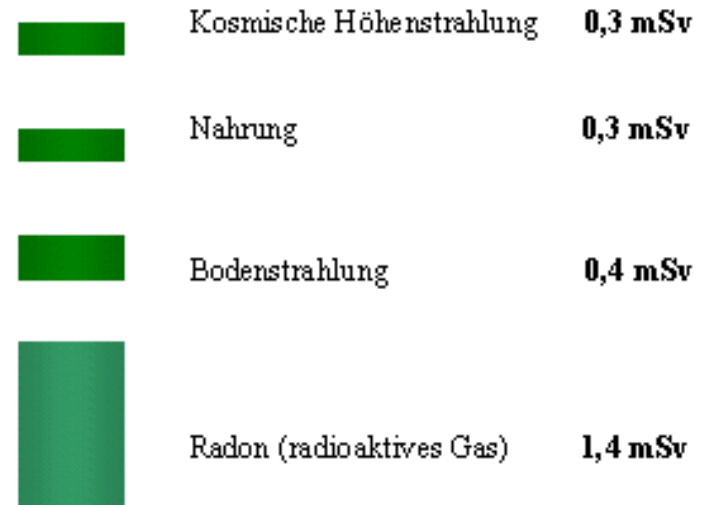


Strahlenbelastung

Die **durchschnittliche Belastung** der Bevölkerung in Deutschland mit radioaktiven Strahlen beträgt 4,0 Millisievert (mSv) pro Jahr davon in **mSv** durch:



Künstliche Strahlungsquellen



Natürliche Strahlungsquellen



Ununoctium - Eka-Radon

- Beschuss von Californium mit Calcium-Ionen
- Ununoctium ist radioaktiv und mit einer Halbwertszeit von 0,89 ms sehr kurzlebig

