

Atomphysik und Strahlung

LINKS: <http://www.realschule.bayern.de/lehrer/dokumente/untmat/ph/atomph/1st-atph.htm>
<http://www.chemieplanet.de/elemente/atomf.htm>

Die Struktur der **Atome**: Atomdurchmesser ca. 10^{-10} m, Kern 10^{-15} m
 Der Kern besteht aus positiv geladenen **Protonen** und neutralen **Neutronen**, in der Hülle sind die negativ geladenen **Elektronen** (gleiche Anzahl wie Protonen)

Die **Kernladungszahl** Z gibt die Anzahl der Protonen an.

Die **Nukleonenzahl** die Anzahl von Protonen und Neutronen – das entspricht auch etwa der Massenzahl, da die Elektronen fast nichts zur Masse des Atoms beitragen.

Die **Massenzahl** ist eine Durchschnittszahl über real vorkommende Isotopengemische. Bei Kohlenstoff kommt C12 mit 98,9% vor, der Rest sind C13 und C14 (radioaktiv).

In der **Nuklidkarte** werden die Atomarten aufgezeichnet. Speziell **Isotope** – das sind Atome mit gleicher Protonenzahl, aber unterschiedlicher Neutronenzahl →

http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Isotope

In Atomkernen mit mehreren Protonen wirkt die **Coulombkraft** wegen der gleichartigen positiven Ladung als Abstoßungskraft. Dennoch halten die Atomkerne zusammen. Es müssen innerhalb des Atomkernes Kräfte wirksam sein, die die Nukleonen im Kern zusammenhalten. Man bezeichnet diese Kräfte als **Kernkräfte**.

Periodensystem der Elemente

1																	18	
1	H Wasserstoff 1.01																	He Helium 4.00
2	3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.01											5 B Bor 10.81	6 C Kohlenstoff 12.01	7 N Stickstoff 14.01	8 O Sauerstoff 15.999	9 F Fluor 18.998	10 Ne Neon 20.18
3	11 Na Natrium 22.99	12 Mg Magnesium 24.31											13 Al Aluminium 26.98	14 Si Silicium 28.09	15 P Phosphor 30.97	16 S Schwefel 32.07	17 Cl Chlor 35.45	18 Ar Argon 39.95
4	19 K Kalium 39.10	20 Ca Calcium 40.08	21 Sc Scandium 44.96	22 Ti Titan 47.88	23 V Vanadium 50.94	24 Cr Chrom 52.00	25 Mn Mangan 54.94	26 Fe Eisen 55.85	27 Co Cobalt 58.93	28 Ni Nickel 58.70	29 Cu Kupfer 63.55	30 Zn Zink 65.41	31 Ga Gallium 69.72	32 Ge Germanium 72.64	33 As Arsen 74.92	34 Se Selen 78.96	35 Br Brom 79.90	36 Kr Krypton 83.80
5	37 Rb Rubidium 85.47	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.91	40 Zr Zirkonium 91.22	41 Nb Niobium 92.91	42 Mo Molybdän 95.94	43 Tc Technetium (98)	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.91	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silber 107.87	48 Cd Cadmium 112.41	49 In Indium 114.82	50 Sn Zinn 118.71	51 Sb Antimon 121.76	52 Te Tellur 127.60	53 I Jod 126.90	54 Xe Xenon 131.29
6	55 Cs Cäsium 132.91	56 Ba Barium 137.33	La-Lu	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantal 180.95	74 W Wolfram 183.84	75 Re Rhenium 186.21	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platin 195.08	79 Au Gold 196.97	80 Hg Quecksilber 200.59	81 Tl Thallium 204.38	82 Pb Blei 207.2	83 Bi Bismut 208.98	84 Po Polonium (209)	85 At Astat (210)	86 Rn Radon (222)
7	87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	Ac-Lr	104 Rf Rutherfordium (261)	105 Db Dubnium (262)	106 Sg Seaborgium (263)	107 Bh Bohrium (262)	108 Hs Hassium (265)	109 Mt Meitnerium (266)	110 Ds Darmstadtium (281)	111 Rg Roentgenium (272)							

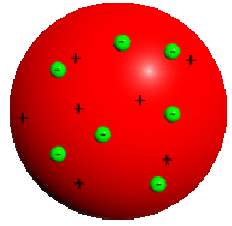
© Peter Wich - Experimentalchemie.de - Chemie erleben!

57 La Lanthan 138.91	58 Ce Cer 140.12	59 Pr Praseodym 140.91	60 Nd Neodym 144.24	61 Pm Promethium (147)	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.97	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.93	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.93	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.93	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutetium 174.97
89 Ac Actinium 227.03	90 Th Thorium 232.04	91 Pa Protactinium 231.04	92 U Uran 238.03	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkelium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobelium (259)	103 Lr Lawrencium (262)

Geschichte der Atommodelle (aus Wikipedia):

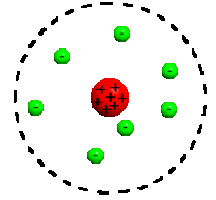
Thomsonsches Atommodell (1903)

Nach dem **Thomsonschen Atommodell** besteht das Atom aus einer gleichmäßig verteilten positiven Ladung und negativ geladenen Elektronen, die sich darin bewegen. Dieses Modell wird auch als **Plumpudding-Modell** oder zu deutsch **Rosinenkuchenmodell** bezeichnet.



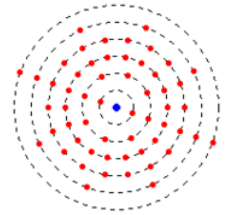
Rutherfordsches Atommodell (1911)

Nach dem **Rutherfordschen Atommodell** (nach **Ernest Rutherford**) besteht das Atom aus einem positiv geladenen Atomkern, der nahezu die gesamte Masse des Atoms beinhaltet und einer Atomhülle, in der die Elektronen um den Kern kreisen. Dieses Modell wurde entworfen, weil geladene Teilchen Atome weitgehend störungsfrei passieren können.



Bohrsches Atommodell (1913)

Nach dem **Bohrschen Atommodell** (nach **Niels Bohr**) besteht das Atom aus einem positiv geladenen, massetragenden Kern und Elektronen, die diesen auf diskreten Bahnen umkreisen.

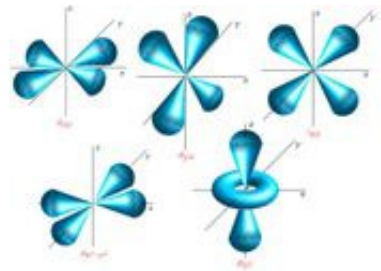
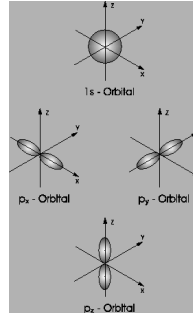


Problem: Warum stürzen die Elektronen nicht in den Kern, da sie ja bei beschleunigter Kreisbewegung um den Kern Strahlung abgeben müssten und auf immer kleinere Bahnen kreisen müssten.

Lösung: Elektronen werden nicht mehr als Teilchen gesehen, sondern als Welle → Orbitalmodell

Orbitalmodell (1928)

Nach dem **Orbitalmodell** besteht das Atom aus einem Kern, der von Orbitalen mit Elektronen umgeben ist. Die Form der Orbitale ist durch die räumliche **Aufenthaltswahrscheinlichkeit** der Elektronen gegeben. Im strengen Sinn ist ein Orbital eine Lösung der **Schrödingergleichung**.



Elektronen-Besetzung nach Schalen, Orbitalen, Richtungen und Spins:

Die Atome in der Natur werden der Reihe nach aus den Bausteinen: **Proton, Neutron und Elektron** aufgebaut. Dabei müssen im Kern Protonen mit Neutronen gekoppelt werden, da sonst die gegenseitige Abstoßung der Protonen (positiv-positiv) zum Kernzerfall führt (was ja bei radioaktiven Elementen auch der Fall ist). Drum herum "fließen" die Elektronen auf Orbitalen, immer so viele, wie Protonen vorhanden sind. Dann ist das Atom nach außen hin neutral.

Das ergibt der Reihe nach folgende Atome:

Name	Protonen	Neutronen	Elektronen (orbitale) [(s ₁)] [(s ₂) + (p _{x2} p _{y2} p _{z2})] [(s ₃) + (p _{x3} p _{y3} p _{z3})]	Symbol ^{p+n} _p Name	Bild
Wasserstoff	1	0 Wasserstoff 1 Deuterium 2 Tritium	[(1)] radioaktiv	¹ ₁ H ² ₁ H ³ ₁ H	
Helium	2	2	[(2)]	⁴ ₂ He	
Kohlenstoff	6	6 8	[(2)] [(2) + (1+1+0)] radioaktiv	¹² ₆ C ¹⁴ ₆ C	

Quantensprung: <http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/quantumzone/bohr.html>

Wenn ein Elektron durch Energiezufuhr auf ein höheres Orbital geschleudert wird, kann es wieder auf sein ursprüngliches Orbital springen (Quantensprung) und sendet dabei einen Energieblitz in Form einer Lichtwelle aus. Der Quantensprung kann nur in bestimmten Größen (Quanten) erfolgen, ist also nicht kontinuierlich klein.

Radioaktive Strahlung und Röntgenstrahlung entsteht durch Atom-Kernzerfall:

- breitet sich allseitig und geradlinig aus,
- durchdringt Stoffe.
- ist unsichtbar,
- ist Träger von Energie

Alphastrahlung: Heliumkerne (2 Protonen, 2 Neutronen) – Abschirmung: 1 Blatt Papier, aber starke ionisierende Wirkung (Ionen sind geladene Teilchen!)

Betastrahlung: schnelle Elektronen – Abschirmung: Blechplatten

Gammastrahlung: elektromagnetische Welle: Abschirmung: 1 cm Blei und 7 cm Beton halbieren die Strahlung

radioaktive Zerfallsreihe: $^{235}\text{U} \rightarrow ^{231}\text{Th} + \alpha\text{-Strahlung (He)}$
 $^{231}\text{Th} \rightarrow ^{231}\text{Pa} + \beta\text{-Strahlung (e}^{-}\text{)}$

Schutzmaßnahmen gegen Strahlung:

- **Abstand** von radioaktiven Materialien halten:
Je größer der Abstand, um so geringer ist die Stärke der radioaktiven Strahlung und damit um so geringer die Wahrscheinlichkeit einer bleibenden Veränderung im Körper des Menschen (quadratisches Abstandsgesetz!)
- Strahler mit möglichst **geringer Aktivität** verwenden:
Je geringer die Strahlendosis ist, die auf den Menschen wirkt, um so geringer die eintretenden Veränderungen durch die radioaktive Strahlung.
- Strahlung so gut wie möglich **abschirmen**:
Je besser die Abschirmung, um so weniger Strahlungsenergie wirkt auf den Menschen ein, um so geringer also auch die Gefahr einer radioaktiven Schädigung.
- Strahlung nicht länger als nötig einwirken lassen:
Je geringer die **Strahlendosis**, um so geringer auch eventuelle Veränderungen im Körper des Menschen.

Je höher die Frequenz (je kürzer die Wellenlänge) **desto gefährlicher** die Strahlung (ab 10^{-9} m ist die Strahlung wie ein Geschoss und zerstört Teile der menschlichen Zelle) – da wirkt selbst die geringste Strahlendosis zerstörerisch. Der Selbstheilungsprozess der Zelle repariert das natürlich wieder – solange die Dosis nicht über 1 Sievert steigt !

Äquivalenzdosis: Einheit **1 Sievert (Sv) = 100 rem** (radiation emission) – gibt die biologische Wirkung von Strahlungsenergieeinfluss auf den Menschen an
(1 Sievert = Beginn der *siechenden* Todesgrenze)

äußere Strahlenbelastung des Menschen durch Sonne und Erdstrahlen: ca. **1 mSv pro Jahr**

innere Eigenstrahlung des Körpers (K40, C14, Ra226, Rn222 durch Nahrungsaufnahme, Baustoffe und Organeinbau) – ca. **1 mSv pro Jahr**

Röntgenbestrahlung und sonstige Zusatzbelastungen: ca. **0,5 mSv pro Jahr**

Leute in strahlengefährdeten Anlagen (AKW) – **maximal 50 mSv pro Jahr**

akute Gefahrgrenze: **0,5–1 Sv** : Blutbildveränderungen,...

5 Sv – 50% Todesfälle

Todesgrenze: **8 Sv → 100% Tote**

Aktivität gibt an, wie viele Atome zerfallen:

- 1 Becquerel (Bq) = 1 Zerfall pro Sekunde
- 1 Curie (Ci) $\approx 10^{10}$ Zerfälle pro Sekunde (bei **1 g Radium**, das Marie Curie untersuchte!)

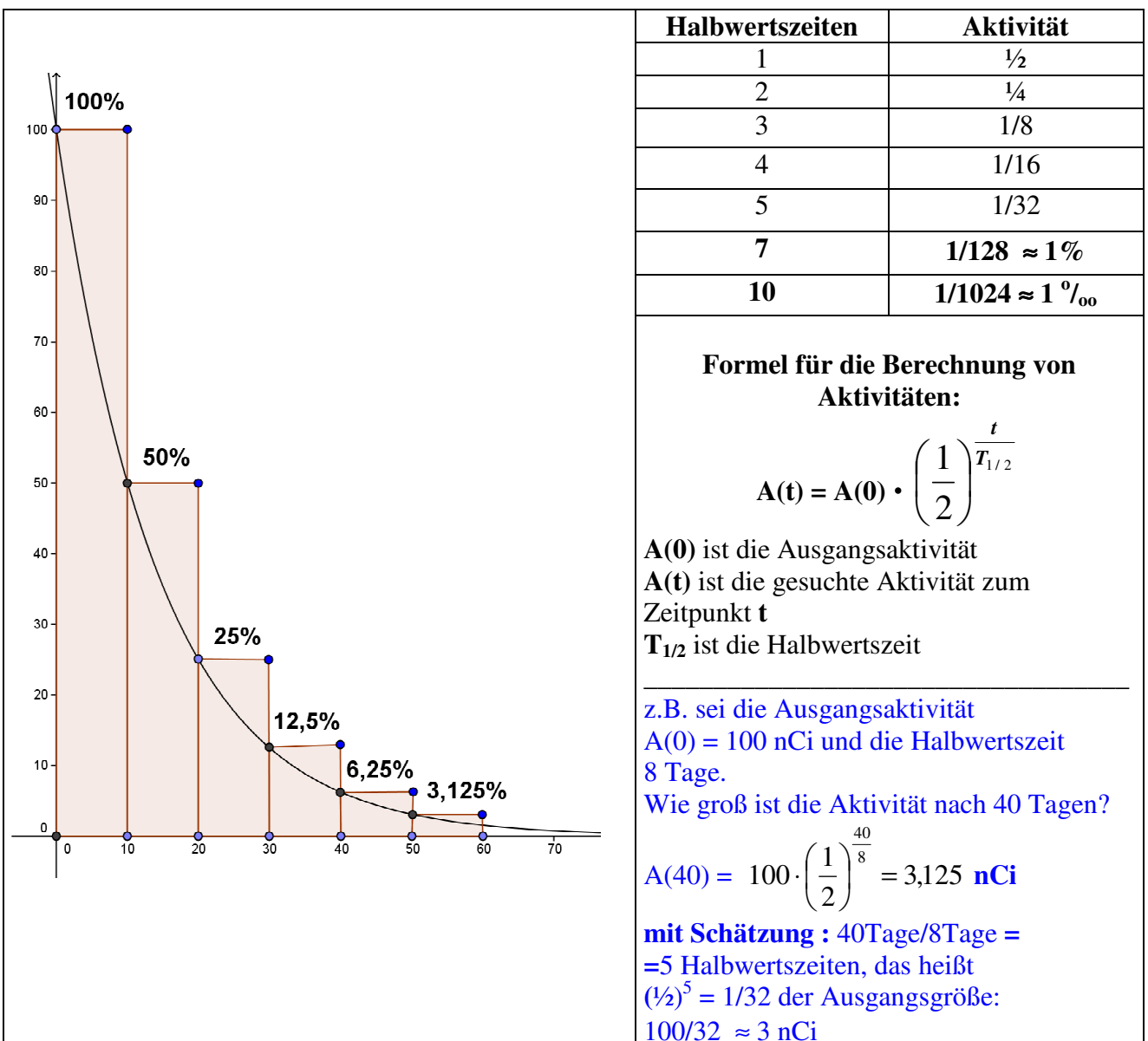
Grenzwerte für Lebensmittel nach Tschernobyls Reaktorunfall:

- Milch: 5 nCi (= 200 Becquerel) pro Liter Cäsium 137 bzw. Jod 131
- Obst: 2–3 nCi (= 100 Becquerel) pro Liter Cäsium 137 bzw. Jod 131

Halbwertszeit von radioaktiven Strahlern: Zeit, in der die Aktivität auf die Hälfte gefallen ist:
(Kraker–Paill Buch S.196)

Radon 220 – 25 sec	Jod 131 – 8 Tage	Sr 90 – 28 Jahre	Cs 137 – 30 Jahre	C 14 – 5730 Jahre
Uran 235 – 4,5 Mrd.Jahre	Plutonium 239 – 66 Jahre		Cs 134 – 2 Jahre (biologisch: 100 Tage)	

Aus: <http://www.zw-jena.de/energie/quantifizierung.html>:



INFO Plutonium: <http://www.umweltlexikon-online.de/fp/archiv/RUBwerkstoffmaterialsubstanz/Plutonium.php>

27 Millionstel Gramm Plutonium durch Einatmen beim Menschen führen mit fast 100 Prozent Wahrscheinlichkeit zu Krebs (nur Einatmen ist gefährlich!)

Atomkraftwerke

Kernreaktoren bestehen aus dem Containment mit Brennstäben mit dem spaltbaren Material (Uran) und dazwischen Regelstäben, die herausgezogen und hineingestoßen werden können. Diese bestehen aus Cadmium, das die Neutronen leicht absorbiert. Das Ganze ist in einer Kühlflüssigkeit (Wasser, flüssiges Natrium), die zirkuliert und die entstehende Wärme in einem Wärmetauscher (beim Druckwasserreaktor oder direkt – beim Leichtwasserreaktor) abgibt, worauf Wasser auf Dampftemperatur erhitzt wird und eine Turbine antreibt. Das Wasser muss durch einen großen Turm gekühlt und in einen Fluss eingeleitet werden, der dadurch um 1–5°C erwärmt wird!

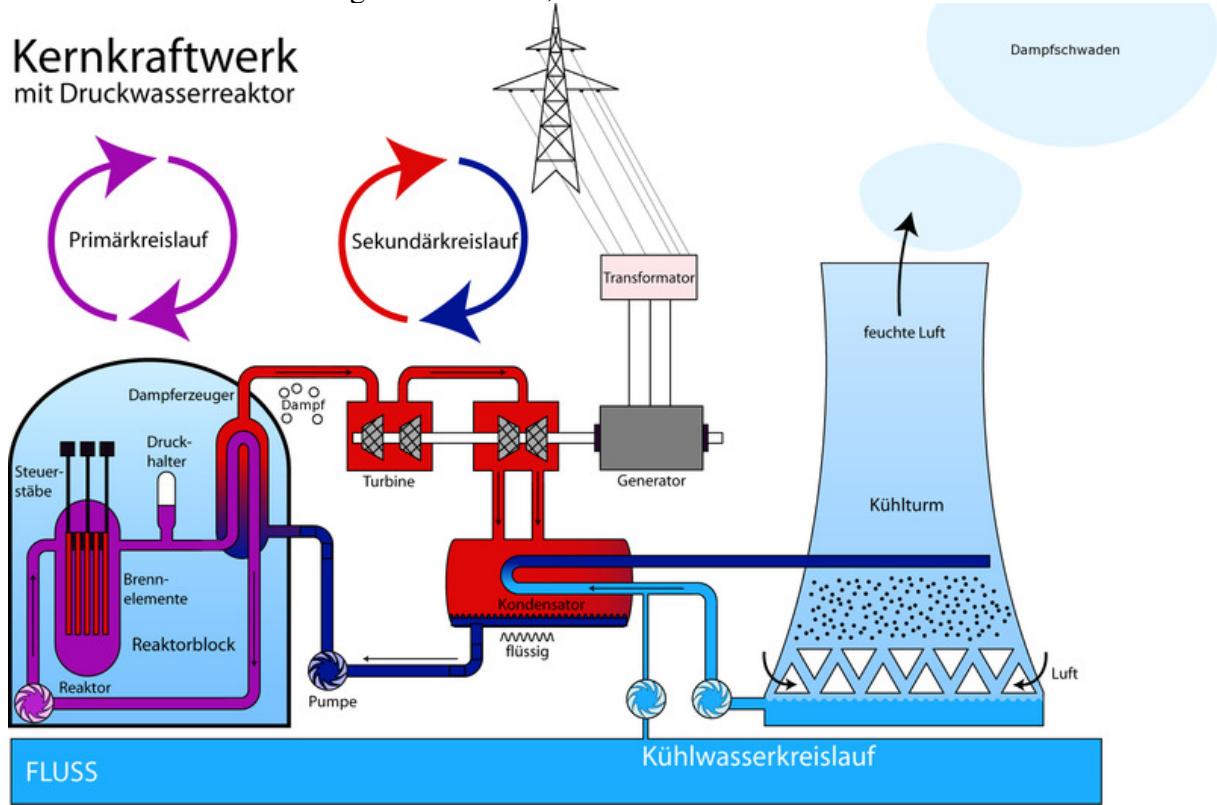
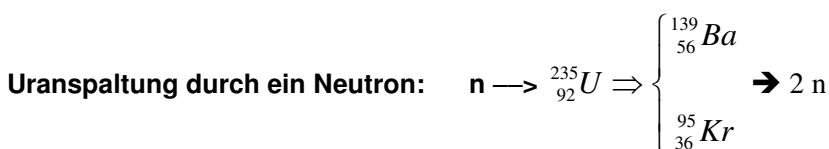


Bild von Steffen Kuntorf

Reaktoren werden nach der Art der Kühlung, der Moderation und der Bauweise unterteilt. Mit normalem, leichtem Wasser moderierte Reaktionen finden im Leichtwasserreaktor statt, der als Siedewasserreaktor oder Druckwasserreaktor ausgelegt sein kann.. Leichtwasserreaktoren benötigen angereichertes Uran, Plutonium oder Mischoxide (MOX) als Brennstoff. Mit schwerem Wasser moderierte Schwerwasserreaktoren erfordern eine große Menge des teuren schweren Wassers (Deuterium), können aber mit natürlichem, nicht angereichertem Uran betrieben werden.

Die sowjetischen Reaktoren vom Typ RBMK nutzen ebenfalls Graphit als Moderator. Hier liegt das Graphit in riesigen Blöcken vor, durch die hunderte Kanäle gebohrt sind, in denen sich die Druckröhren mit den Brennelementen und der Wasserkühlung befinden. Dieser Reaktortyp ist einerseits träge (was viel Zeit zum Regeln lässt), andererseits aber unsicherer als andere Typen, da ein Kühlmittelverlust hier nicht Moderatorverlust bedeutet, also nicht die Reaktivität verringert. Die Reaktorblöcke in Tschernobyl waren von diesem Typ. (aus Wikipedia)



Tschernobyl, UdSSR

In dem graphitmoderierten Druckröhren-Siedewasserreaktor (1000 MWe) kam es im April 1986 nach schweren Bedienungsfehlern und massiven Verstößen gegen Betriebsvorschriften zu einem Leistungsanstieg auf mehr als das 100fache der normalen Reaktorleistung. Dies führte zur Zerstörung der Brennelemente und des Reaktorgebäudes.

Der Graphitblock des Reaktorkerns geriet in Brand und konnte erst nach mehreren Tagen gelöscht werden. Das Fehlen von Sicherheitsbarrieren führte zu massiven Freisetzung von radioaktiven Stoffen. Über 30 Arbeiter in Tschernobyl waren sofort tot oder starben kurz danach an akuten Strahlenschäden. Die Umgebung musste evakuiert werden und ist bis heute im weiteren Umkreis nicht bewohnbar.

Tschernobyl-Wolke in Österreich

Durch den Wind wurden erhebliche Mengen radioaktiver Spaltprodukte in große Höhen getragen und dann über weite Entfernungen verteilt. Dadurch kam es **bei uns** zu einer zusätzlichen Strahlenbelastung, die etwa der mittleren natürlichen Belastung eines Jahres entspricht. Gemüse und Milch musste entsorgt werden, Kinderspielplätze mussten neuen Sand bekommen. Keiner wusste genau, was er tun konnte, da die Belastung ja unsichtbar ist und erst verspätet von den Behörden bekannt gegeben wurde (1. Maiaufmarsch im Regen von Tschernobyl)

Risiko der Atomenergie: <http://www.greenpeace.de/themen/atomkraft/>

- ❖ Beim **Abbau und bei der Anreicherung** von Uran wird Radioaktivität frei.
- ❖ Beim **Betrieb des AKW** gibt es Sicherheitsrisiken, die vor allem dadurch verschärft werden, dass ein Abschalten des AKW unwirtschaftlich ist (Kühlkreislaufprobleme wegen des hohen **Drucks** des Wassers über 100 bar!)
- ❖ **Wiederaufbereitung und Atomtransporte** sind gefährlicher als der Normalbetrieb eines AKW. gänzlich ungelöst ist die **Endlagerung** der Brennstäbe und was noch problematischer ist – des **ganzen AKW**, das nach Ende der Lebenszeit (20–40 Jahre) völlig verstrahlt ist und als strahlende Ruine in der Landschaft stehen bleibt oder mit viel Geld abmontiert und endgelagert werden muss, wobei man das Lager ewig bewachen muss, da es kein wirklich sicheres Endlager (für Millionen Jahre) gibt.

Kernwaffen

Die Entwicklung der **Kernwaffen** erfolgte im 2. Weltkrieg. Albert Einstein schrieb einen Brief an den Präsidenten der USA, Theodor Roosevelt, in dem er auf die Gefahr der Entwicklung einer deutschen Atombombe hinwies. Daraufhin wurde die Atombombe entwickelt und in Hiroshima und Nagasaki zu Kriegsende ausprobiert (200 000 Tote und viele strahlenverseuchte Menschen).

<http://www.safog.com/home/atombombe.html>

Die **Atombombe** besteht aus 2 unterkritischen Massen aus 50 kg Uran oder 16 kg Plutonium, die mit einem Sprengsatz zusammengeschossen werden. Dann zündet die Kettenreaktion und die Bombe explodiert.

Die **Wasserstoffbombe** beruht auf dem Fusionsprinzip – Wasserstoff wird zu Helium fusioniert wie in der Sonne. Dazu muss der Druck und die Temperatur sehr hoch sein. Das wird durch die Explosion einer Atombombe im Inneren der Wasserstoffbombe erzeugt. Zum Betrieb braucht man Deuterium und Tritium, da normaler Wasserstoff keine Neutronen hat.

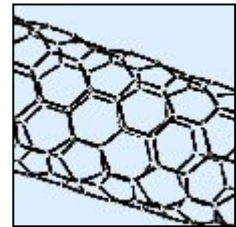
Nanotechnologie (siehe auch eigene Datei)

Den Namen hat diese Technologie von NANO-METER als Maßeinheit für die Teilchen, die hier produziert werden. Sie umfassen Atome (1/10 Nanometer) bis zur Großmolekülen von 100 Nanometern.

Für Nanopartikel gibt es viele mögliche Anwendungsgebiete. So könnten sie z. B. zur Verbesserung diverser Materialien im Haushalt genutzt werden. In der Medizin könnte man mit Hilfe von Nanopartikeln einen zielgerichteten Transport von Medikamenten im Körper oder eine schonendere Form der Krebstherapie erzielen. Auch in der Elektrotechnik könnten Nanopartikel dazu beitragen, z. B. leistungsfähigere und kleinere Computer zu ermöglichen. Doch auch der militärische Nutzen von Nanopartikeln ist groß, so könnten sie z. B. zur Entwicklung intelligenter Waffen genutzt werden.

Vorteile: Nanoteilchen sind gekennzeichnet durch eine große Oberfläche (in Relation zur Masse) und daher chemisch reaktiver (Katalysator), auch Ladungen wirken hier besser. Es gibt andere physikalische Eigenschaften als bei Großmolekülen (hier wirkt schon die Quantenmechanik!)

Kohlenstoffnanoröhrchen haben besonders gute Eigenschaften: 189mal so zugfest wie Stahl, sie sind sehr strombelastbar und gut wärmeleitfähig, so dass sie in der Computertechnologie Anwendung finden werden.



Sonnencremes, Deodorants und Zahnpasten enthalten Nanopartikel, wie Titandioxid (TiO_2) und Aluminiumoxid (Al_2O_3). Auch Lebensmitteln werden bereits Nanopartikel beigelegt. In Tomaten-Ketchup dient Siliziumoxid als Verdickungsmittel, Titandioxid wird zur Aufhellung von Salatdressings verwendet und Aluminiumsilikat wirkt der Verklumpung pulverförmiger Lebensmittel entgegen.

Weitere Beispiele sind Nanopartikel in Farben und Lacken sowie Imprägniermitteln für alle Arten von Oberflächen, welche Schutz vor mechanischer Beschädigung bieten sollen. Auch der Lotosblüteneffekt von Lacken (Schmutz perlt einfach ab, weil die Oberfläche nicht glatt ist und der Schmutz daher nicht picken bleiben kann)

In der Medizin könnten die Nanoteilchen Medikamente feiner in der Blutbahn verteilen – aber auch daher auch gefährlich werden. Hier gibt es viele Gefahren:

Negativ: Nanopartikel sind so klein, dass sie leicht über Lunge oder Darmtrakt aufgenommen werden können, aber nicht so leicht wieder ausgeschieden werden, da unser Körper auf größere Teilchen eingestellt ist → **Feinstaubproblem (Allergien, Asthma, ...)**