

<p>98) Photoeffekt Beschreibung des Experiments</p> <p>Scheitern der klassischen Physik</p> <p>Photonenkonzept</p> <p>Plancksche Gleichung</p> <p>Energie und Impuls der Photonen</p>	<p>Der Photoeffekt behandelt das Freisetzen elektrisch geladener Teilchen aus einem Material, wenn dieses von elektromagnetischer Strahlung (etwa Licht oder Ultraviolettstrahlung) getroffen wird. Dieser Effekt wurde 1886 von Heinrich Hertz erstmals beobachtet und von dessen Assistenten Wilhelm Hallwachs systematisch untersucht (1887 Hallwachseffekt). Unoxidierte Metalle geben im negativ aufgeladenen Zustand Elektronen ab, wenn ihre Oberfläche durch Licht bestrahlt wird. Die von den Elektronen aufgenommene kinetische Energie hängt von der Frequenz (und damit von der Farbe) des bestrahlenden Lichtes ab und nicht von dessen Intensität. Dies stand im Gegensatz zur klassischen Physik (klassische Mechanik und Elektrodynamik), die dies nicht erklären konnte, da nach allem, was man damals wusste, die Energie einer Welle von deren Amplitude und nicht von der Frequenz abhängig ist.</p> <p>Albert Einstein zeigte 1905, dass eine Beschreibung des Lichts durch Lichtquanten, heute Photonen genannt, den Effekt gut erklären kann. Insofern gilt der fotoelektrische Effekt als eines der Schlüsselexperimente zur Begründung der Quantenphysik, da er den Versuch aufgrund der Lichtquantenhypothese erklärte. Einstein wurde 1921 für diese Arbeit mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet.</p> <p>Die Energie E elektromagnetischer Strahlung einer gegebenen Frequenz f kann nur in bestimmten Portionen absorbiert und emittiert werden. Die Energie einer Strahlung kann sich also nur um den folgenden Betrag ändern (= Energie eines Photons)</p> $E = h \cdot f$ <p>Der Impuls p eines Photons beträgt damit</p> $p = \frac{h}{\lambda} \quad \text{mit } h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
<p>99) Comptoneffekt Streuung von Röntgenstrahlen an Kristallen</p> <p>Berechnung der Comptonwellenlänge aus dem Teilchenkonzept der Strahlung</p>	<p>Als Compton-Effekt bezeichnet man die Verminderung der Frequenz von Photonen bei der Streuung an (quasi-) freien Elektronen um einen Wert Δf verkleinert wird (Energie $E = h \cdot f$ sinkt).</p> <p>Bei der Streuung von Röntgenstrahlen an einem Graphitblock entdeckte man, dass die Frequenz der gestreuten Röntgenstrahlen niedriger wurde. Daher vermutete man, dass die Energie an die nahezu freien Elektronen im Körper abgegeben wurde, die dann schneller dahinzischen konnten.</p> <p>Die Comptonwellenlänge der gestreuten Strahlung lässt sich berechnen, wenn man annimmt, dass das Licht aus Photonen-Teilchen besteht, die Energie und Impuls haben und in ein Billardspiel mit den Elektronen eintreten. Energie- und Impulserhaltungssatz genügen, um dann die neue Wellenlänge zu berechnen.</p>
<p>100) Materiewellen und ihre experimentelle Bestätigung de Broglie-Wellenlänge von Teilchen Teilchenbeugung</p>	<p>Im Jahre 1923 stellte der französische Physiker Louis de Broglie die Hypothese auf, dass Elektronen auch Welleneigenschaften zeigen mit einer Wellenlänge von</p> $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_0E}}$ <p>mit $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ Elektronenmasse ($h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$)</p> <p>Teilchenbeugung entsteht wenn ein Elektronenstrahl durch einen engen Spalt von Atomen in einem Nickelkristall geschickt werden. Die Ablenkung ist dann $\sin \varphi = n\lambda/d$</p> <p>→ $\lambda = 0,165 \text{ nm}$ für $n = 1$ und $d = 0,2 \text{ nm}$ und $\varphi = 50^\circ$</p>

<p><u>101) Unschärferelation</u></p> <p>Gedankenexperiment mit Elektronenkanone,</p> <p>Formulierung der Unschärferelation auf zwei Arten,</p> <p>Einschränkung der Berechenbarkeit</p>	<p>In der Quantenphysik besagt die Heisenbergsche Unschärferelation oder Unbestimmtheitsrelation, dass der Ort x und der Impuls p eines Teilchens nicht gleichzeitig beliebig genau bestimmt werden können. Sie wurde 1927 von Werner Heisenberg entdeckt. Danach gilt für die Ortsunschärfe Δx und die Impulsunschärfe Δp stets</p> $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi} = \frac{\hbar}{2}$ <p>wobei $h = 6,6261 \cdot 10^{-34}$ Js das plancksche Wirkungsquantum ist.</p> <p>Ein Elektronenstrahl aus einer Elektronenkanone (TV-Röhre) soll durch einen Einzelspalt gebogen werden. Der Spalt hat die Breite d, der Beugungswinkel des ersten Beugungsminimums ist α, dann gilt: $\sin \alpha = \frac{\lambda}{d}$. Da die Impulse der Elektronen nicht Null sind, sondern um einen Mittelwert $\Delta p = p \cdot \sin \alpha$ streuen, so gilt:</p> $\Delta p \cdot \Delta x = p \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot \Delta x = h$ <p>und weil der Elektronenimpuls $p = \frac{h}{\lambda}$ ist und $d = \Delta x$ gilt →</p> $\Delta x \cdot \Delta p \approx h$ <p><u>Zweite Unschärfe-Formulierung:</u> $\Delta E \cdot \Delta t \approx h$ für eine kurze Energieschwankung. Brauchbar für die Erklärung des <u>Tunneleffekts</u>.</p> <p>Laplace träumte davon, dass ein Geist (Dämon), der alle Anfangsbedingungen der Weltraummechanik kennen würde, auch alle zukünftigen Bewegungen vorhersehen könnte. Durch die quantenmechanische Unschärfe der Anfangsbedingungen lässt sich keine Voraussage über längere Zeiträume mehr machen. Das ist wie beim Billard, wenn eine Kugel 10 weitere treffen soll. Durch kleinste Ungenauigkeiten lässt sich die Bahn nicht mehr vorhersehen (Chaos-effekt)</p>
<p><u>102) Tunneleffekt und Bornsche Deutung</u></p> <p>Beispiel zur Unschärferelation</p> <p>Rastertunnelmikroskop</p>	<p>a) Einsperrung bedeutet Bewegung: Durch Einsperren eines Teilchens auf einen engen Raum (Elektron auf 10^{-10}m Atomdurchmesser, Proton auf 10^{-15} m Atomkern Durchmesser) ergibt sich durch die Unschärferelation, dass der Impuls eine Mindestgröße bekommt, das Teilchen also mit immer größerer Geschwindigkeit und Energie herumflitzt, je kleiner der Raum wird, wo es sein kann.</p> <p>b) Der Tunneleffekt entsteht, wenn eine Energiebarriere, die für klassische Teilchen nicht überwindbar wäre (Alpha teilchen im Kerninneren, das durch die Kernkraft eigentlich drinnen bleiben soll) durch kurzfristigen Energieüberschuss diese Barriere überwindet. Da das nur sehr kurzzeitig möglich ist, ist es nur für sehr schnelle Teilchen möglich die Energiebarriere zu überwinden. Laut Statistik kann das aber nur sehr wenige Teilchen betreffen, die so hohe Impulse haben, daher geschieht der α-Zerfall sehr selten.</p> <p>Von außen schaut es so aus, als würde ein Tunnel in die Energiebarriere gegraben worden sein, daher der Name Tunneleffekt.</p> <p>Das Rastertunnelmikroskop ist ein Mikroskop, das in der Oberflächenphysik eingesetzt wird, und ein Objekt durch "Abtasten" abbildet.</p> <p>Es wird eine elektrisch leitende Spitze systematisch (in einem <i>Raster</i>) über das Untersuchungsobjekt gefahren. Sowohl Nadel als auch Objekt sind von Elektronenwolken umgeben. Der Abstand zwischen dem Objekt und der Spitze wird nun so gering gehalten, dass die Elektronen zwischen der Spitze und dem Objekt ausgetauscht werden (Quantenmechanischer Tunneleffekt). Dies geschieht üblicherweise bei einer Entfernung von unter 1 nm.</p> <p>Wird nun eine elektrische Spannung zwischen dem Untersuchungsobjekt und der Spitze angelegt, so kann ein Strom, der so genannte Tunnelstrom fließen. Die Stärke dieses Stroms hängt sehr stark (exponentiell) vom Abstand der Nadel zum Objekt ab. Die Höhe der Spitze wird fortlaufend so verändert, dass der Strom konstant bleibt. Somit lässt nun über die Position der Spitze das dreidimensionale Bild der Oberfläche rekonstruieren. Die Auflösung ist bei diesem Verfahren so hoch, dass die atomare Struktur der Oberfläche sichtbar wird.</p>

102) Bedeutung der Amplitude der Wellenfunktion	Die Amplitude der Wellenfunktion wird mit dem Buchstaben Psi (Ψ) bezeichnet und deren Quadrat gibt die Wahrscheinlichkeit des Aufenthaltes von Teilchen (Elektronen) an. Daraus entstehen dann z.B. die Elektronenwolken von Elementen (das kugelförmige s-Orbital, das hantelförmige p-Orbital,...)
<p>103) Quantenmechanische Beschreibung des Atoms</p> <p>Spektrallinien und Energieniveaus</p> <p>Orbitale Quantisierung</p> <p>Pauliverbot</p> <p>Periodensystem</p>	 <p>Wenn man Wasserstoff energetisch anregt, z.B. durch Verbrennung, so emittiert er Licht verschiedener Frequenzen. Nicht aller Frequenzen. Das ergibt bestimmte „<u>Spektrallinien</u>“ (mit bestimmten Farben → <u>Flammenfärbung</u>), die bestimmten Energieniveaus zuordenbar sind. Das widersprach dem Atommodell von Rutherford, der die Elektronen auf Kreisbahnen um den Kern rotieren sah. Da hätten die Elektronen aber Energie verlieren müssen (durch Rotation beschleunigte Ladung strahlt). Also erfand Bohr die Quantenbedingungen: Er dachte sich, dass die Elektronen stehende Wellen um den Atomkern bilden. Damit müsste der Bahnumfang ein ganzzahliges Vielfaches der de Broglie-Wellenlänge des Elektrons sein, also $2\pi r = n\lambda$. Daraus ergibt sich auch eine Quantisierung der Energiewerte, die das Elektron annehmen kann: $E_n = -13,6/n^2 \text{ eV}$ ($n=1,2,3,\dots$). Das Bohrsche Atommodell versagt aber bei den anderen Elementen und musste daher dem quantenmechanischen Modell von Schrödinger Platz machen:</p> <p>Daraus ergeben sich die Orbitale für die Elektronen: kugelförmiges s-Orbital, hantelförmige p-Orbitale in 3 Himmelsrichtungen,... Auf jedem Orbital haben nur maximal 2 Elektronen Platz, die sich in der Spinzahl unterscheiden müssen. Es gibt 4 Quantenzahlen:</p> <p>n - Hauptquantenzahl (beliebige natürliche Zahl größer als 0) Bezeichnet Energieniveaus und Bahnradien, ergibt die Zeilen im Periodensystem der Elemente</p> <p>l - Nebenquantenzahl Kennzeichnet Bahndrehimpuls des Elektrons, gibt die Form des Orbitals in einem Atom an (Kugel, Hantel, Doppelhantel,...)</p> <p>m - magnetische Quantenzahl gibt die Raumrichtung der Hanteln an (x-y-z-Richtung)</p> <p>s - Spinquantenzahl bei Elektronen beschreibt die Orientierung des Spins des Elektrons, es gibt nur zwei Möglichkeiten: up, down</p> <p>Das Pauliverbot besagt, dass zwei Elektronen sich in mindestens einer Quantenzahl unterscheiden müssen.</p> <p>Daraus entsteht das <u>Periodensystem</u> der Elemente, das von einer sukzessiven Besetzung der Bahnen, Orbitale mit Raumrichtung und Spin entsteht.</p> <p>1. Zeile Wasserstoff und Helium, dann ist das erste s-Orbital gefüllt, p-Orbitale gibt es in der ersten Periode nicht. Dann kommt Lithium, Beryllium (s-Orbital), Bor, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Fluor, Neon (s- und p-Orbital), dann kommt die dritte Zeile,...</p>

<p><u>104) Elektronenmikroskop</u> Auflösungsvermögen und Beschleunigungsspannung</p> <p>Bedeutung für die Forschung</p> <p>Prinzip der Bildentstehung</p>	<p>Ein Elektronenmikroskop ist ein Mikroskop, welches das Innere oder die Oberfläche einer Probe mittels Elektronenstrahlen abbilden kann.</p> <p>Da schnelle Elektronen eine sehr viel kleinere Wellenlänge als sichtbares Licht haben (→ Welle-Teilchen-Dualismus) und die Auflösung eines Mikroskops durch die Wellenlänge begrenzt ist, kann mit einem Elektronenmikroskop eine deutlich höhere Auflösung (derzeit etwa 0,1 nm) erreicht werden als mit einem Lichtmikroskop (etwa 200 nm). Neben dem offensichtlichsten Vorteil des Elektronenmikroskops, der enormen Vergrößerung, bietet das Elektronenmikroskop auch eine wesentlich bessere plastische Abbildung. Die Objekte müssen jedoch sehr aufwendig präpariert werden. So darf das Objekt bei der Betrachtung in einem Elektronenmikroskop nur wenige Atomschichten dick sein. Außerdem herrscht in Elektronenmikroskopen ein Hochvakuum. All diese Voraussetzungen machen es unmöglich, lebende Organismen zu beobachten.</p> <p>In der Biologie kam es zu bahnbrechenden Entdeckungen: So wurden beispielsweise die Ribosomen entdeckt, die eine wichtige Rolle bei der Proteinsynthese spielen.</p> <p>Die Hauptbestandteile eines Elektronenmikroskops sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Die Elektronenkanone, die die freien Elektronen in einer Kathode (als Elektronenquelle dient ein Wolframdraht) erzeugt und in Richtung einer ringförmig um die Strahlachse liegenden Anode beschleunigt. Zwischen Anode und Kathode liegt eine Hochspannung, die, je nach Mikroskop, von wenigen kV bis zu 3 MV variiert. ❖ Elektronen-magnetlinsen, die die Flugbahnen der Elektronen ablenken können. Meistens werden magnetische Linsen verwendet, welche die gleiche Funktion wie Glaslinsen im Lichtmikroskop haben. ❖ Das Vakuum, das dafür sorgt, dass die Elektronenquelle arbeiten kann und die Elektronen auf ihrem Weg nicht durch Kollision mit Luftmolekülen behindert werden. ❖ Detektoren, die die Elektronen selbst oder sekundäre Signale registrieren.
<p><u>105) Doppelspaltversuch mit klassischen Teilchen und mit Wellen</u></p> <p>Konsequenzen für die Natur der Elektronen</p>	<p>Beim Doppelspaltexperiment lässt man kohärentes Licht auf eine Blende mit zwei schmalen Schlitzen fallen. Auf einem Beobachtungsschirm hinter der Blende zeigt sich dann ein Interferenzmuster aus hellen und dunklen Streifen. Dieses Muster entsteht durch Interferenz der Lichtwellen von den beiden Blendenöffnungen.</p> <p>Das Experiment kann nicht nur mit Licht, sondern auch mit 'Teilchen' (Elektronen, Neutronen, Atomen usw.) durchgeführt werden. Es zeigt sich auch in diesen Fällen ein Interferenzmuster wie bei Durchführung mit Licht. Das bedeutet, dass auch klassische Teilchen unter bestimmten Bedingungen Welleneigenschaften zeigen. (Man spricht dann von 'Materiewellen'). Mit dem Doppelspaltexperiment kann man also sehr schön den Welle-Teilchen-Dualismus demonstrieren, der nur im Rahmen der Quantenmechanik erklärt werden kann.</p>
<p><u>106) Erkenntnisprobleme in der Quantenphysik</u></p>	<p>→ siehe Wendekärtchen</p>

<p><u>107) Streuversuche</u> Prinzipieller Aufbau eines Streuexperiments</p> <p>Rutherford'sche Streuversuche</p> <p>Streuung von Quantenteilchen und de Broglie-Wellenlänge</p> <p>moderne Streuversuche</p>	<p>Jeder Beschuss eines Objektes mit Kugeln wird von diesem Objekt in verschiedene Richtungen abgelenkt. Aus der Streuung (wie viele Kugeln wohin abgelenkt wurden) kann man auf die Größe und Form des Objekts schließen.</p> <p>Rutherford-Streuung beschreibt die Streuung von geladenen Partikeln an einem geladenen Streuzentrum. Im Ausgangsversuch wurde die Streuung von Alpha-Teilchen an Gold-Atomkernen untersucht. Aus der Verteilung der gestreuten Teilchen können Rückschlüsse auf die Struktur des Streuzentrums gezogen werden. Dies führte zur Erkenntnis, dass die positive Ladung in den Atomen sich auf einen kleinen Raum im Atomzentrum konzentriert. Bis dahin galt das Modell von J.J. Thomson, bei dem die positive Ladung des Atoms homogen in einer Kugel verteilt ist (<u>Thomsonsches Atommodell</u>). Beteiligt an diesen Experimenten war auch <u>Ernest Rutherford</u>.</p> <p>Bilder: http://www.mikomma.de/rutherford/rutherford.htm</p> <p>Da Teilchen auch eine de Broglie-Wellenlänge zugeordnet haben, kann man sie bei Streuversuchen als Welle betrachten. Wenn der Wellenstrahl, der sehr klein sein muss (ein paar Wellenlängen breit) an einem Objekt, das im Vergleich dazu eher groß sein muss, gestreut wird, so kann man aus den reflektierten Teilstrahlen auf die Form schließen.</p> <p><i>weitere Streuversuche Sexl-Buch Seite 65</i> (mit Röntgenstrahlen auf Kristalle, DNS, Hämoglobin, mit Elektronen auf Protonen: Quarks)</p>
<p>108) Atomkern Struktur Kernladungszahl Nukleonenzahl Massenzahl</p> <p>Nuklidkarte Isotope</p> <p>Radius der Atomkerne</p> <p>und Kräfte</p>	<p>Die Struktur der Atome: Atomdurchmesser ca. 10^{-10} m, Kern 10^{-15} m Der Kern besteht aus positiv geladenen Protonen und neutralen Neutronen. Die <u>Kernladungszahl</u> gibt die Anzahl der Protonen an. Die <u>Nukleonenzahl</u> die Anzahl von Protonen und Neutronen – das entspricht auch etwa der <u>Massenzahl</u>, da die Elektronen fast nichts zur Masse des Atoms beitragen.</p> <p>Die <u>Massenzahl</u> ist eine Durchschnittszahl über real vorkommende Isotopengemische. Bei Kohlenstoff kommt C12 mit 98,9% vor, der Rest sind C13 und C14 (radioaktiv).</p> <p>In der <u>Nuklidkarte</u> werden die Atomarten aufgezeichnet. Speziell <u>Isotope</u> – das sind Atome mit gleicher Protonenzahl, aber unterschiedlicher Neutronenzahl → http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Isotope</p> <p>$r \approx r_0 \sqrt[3]{A}$ mit $r_0 \approx 1,42 \cdot 10^{-15} m$ (Radius eines Wasserstoffkerns oder eines Protons) [A = Massenzahl]</p> <p>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:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kernkräfte besitzen eine sehr kleine Reichweite. Diese liegt in der Größenordnung von 10^{-15} m . 2. Kernkräfte besitzen sehr große Beträge. 3. Die Kernkräfte sind ladungsunabhängig. 4. Bei den Kernkräften handelt es sich um Austauschkräfte. Dabei spielen bestimmte Elementarteilchen eine Rolle, die man als π - Me-

	<p>sonen oder Pionen bezeichnet. Es gibt positive Pionen (π^+), negativen Pionen (π^-) und neutrale Pionen (π^0). Durch den Austausch dieser Pionen zwischen den beteiligten Nukleonen wandeln sich Protonen in Neutronen und Neutronen in Protonen um. Die Kernkräfte können als das Ergebnis eines zwischen den Nukleonen der Atomkerne erfolgenden dauernden Austausches von Pionen betrachtet werden: $p^+ + \pi^0 \rightarrow n + \pi^+$ $n + \pi^+ \rightarrow p^+ + \pi^0$ $n + \pi^0 \rightarrow p^+ + \pi^-$ $p^+ + \pi^- \rightarrow n + \pi^0$ mit: p = Proton und n = Neutron. Der japanische Physiker H. Yukawa entwickelte im Jahr 1935 die Theorie, dass dieser dauernde Austausch das Auftreten der Bindungskräfte in den Atomkernen bewirkt. Seine Theorie besagt außerdem, dass die Pionen virtuell sind. Die Zeit, in der sie existieren, ist zu kurz, als dass sie reell erkennbar werden. In der Quantenmechanik wurde später der Zusammenhalt der Kerne, aber auch der Zusammenhalt der Quarks in Protonen und Neutronen mit der starken Wechselwirkung beschrieben. Die starke Wechselwirkung soll durch masselose Teilchen, sog. Gluonen getragen werden. Die Gluonen bilden „Bänder“, die die Nukleonen und Atomkerne zusammenhalten – siehe: http://home.germany.net/101-92989/atom/arbeiten/gruppe4/arbeit4d.htm </p>
<p>109) Radioaktivität</p> <p>Arten der Radioaktivität Eigenschaften der Strahlung – Reichweite</p> <p>Verhalten im Magnetfeld</p>	<p>http://www.quantenwelt.de/kernphysik/radio/ http://www.akgym.asn-graz.ac.at/nhpt/unterricht/projekte/radioaktivitaet/index.htm</p> <p>α - Strahlung: Sie besteht aus zweifach positiv geladenen Heliumkernen. Ihre Reichweite beträgt in der Luft 5-7 cm. Bei der Wechselwirkung mit anderen Atomen spalten sie von diesen Elektronen ab und es entstehen positive Ionen. Abschirmung erfolgt z.B. schon durch ein Blatt Papier.</p> <p>β - Strahlung: Besteht aus Elektronen, die bei der Umwandlung von Neutronen in Protonen und Elektronen und weitere Elementarteilchen im Kern entstehen. Die Reichweite in der Luft beträgt einige Meter. Die Strahlen sind energiereich und werden beim Durchgang durch ein Magnetfeld im Vergleich zu α - Teilchen in die entgegengesetzte Richtung abgelenkt. Die Abschirmung erfolgt durch dünnes Aluminiumblech.</p> <p>γ - Strahlung: Kurzwellige, elektromagnetische Strahlung, die durch elektrische oder magnetische Felder nicht abgelenkt wird. Sie entsteht, wenn ein Atomkern von einem angeregten in einen niedrigeren Energie-Zustand übergeht. Abschirmung durch dicke Bleiplatten.</p> <p>Neutronenstrahlen: Es handelt sich um Neutronen, die aus dem Atomkern emittiert werden. Sie können durch die Elektronenhülle in den Atomkern eindringen und so das Element radioaktiv machen. Dabei wird der Kern zu einem Isotop (= ein Atom, das sich nur durch die Zahl seiner Neutronen von einem Atom desselben Elements unterscheidet); die Atommasse wird um eins erhöht.</p> <p>Im Magnetfeld werden die Strahlen aufgeteilt, α-Strahlen nach der einen Seite, β-Strahlen nach der anderen Seite, Gammastrahlen gehen</p>

<p>experimenteller Nachweis – Zählrohr</p> <p>Zerfallsprozesse</p>	<p>gerade durch. Das ist die Reaktion der verschiedenen Ladung ($\alpha = +$, $\beta = -$, $\gamma = 0$) auf das Magnetfeld (Coulombkraft!)</p> <p>Der experimentelle Nachweis erfolgt durch den Geigerzähler o.ä. Geräte mit einem Zählrohr, in dem ein Gas durch die ionisierende Strahlung ionisiert wird und dadurch einen Strom von Ladungen verursacht, der ein Knacken im Kopfhörer erzeugt.</p> <p>Für die ionisierende Strahlung sind Zerfallsprozesse von Atomen verantwortlich:</p> <p>Beim Zerfall gehen instabile Atomkerne in eine stabilere Struktur (d.h. einen tieferen Energiezustand) eines anderen Kerns über. Dabei tritt ein Masseverlust auf, der in Energie umgesetzt wird. Es wird Strahlung ausgesandt. Radioaktiv sind alle massereichen Atome mit einer Kernladungszahl größer als 83 (Bismut). Dabei gibt es analog wieder mehrere Arten des Zerfalls:</p> <p>α-Zerfall: Beim diesem Zerfall werden Heliumkerne, die aus 2 Protonen und 2 Neutronen bestehen, ausgesandt. Das bisherige Element hat dann 2 Protonen weniger und insgesamt 4 Kernbestandteile weniger. (${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{234}_{90}\text{Th}$)</p> <p>$\beta$-Zerfall: Dabei werden Elektronen aus dem Kern herausgeschleudert. Der daraus entstehende Kern hat ein Proton mehr als der ursprüngliche, denn ein Neutron des Kernes hat sich in ein Proton und ein Elektron umgewandelt. (${}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow e^- + {}^{234}_{91}\text{Pa}$)</p> <p>$\gamma$-Zerfall: Dabei werden einzelne Nukleonen (Protonen oder Neutronen) von einem niederen Energieniveau auf ein höheres Energieniveau gehoben (es gibt auf jedem Energieniveau Platz für 2 Protonen und 2 Neutronen). Beim Retourfall auf das tiefere Niveau wird ein γ-Quant in Form eines Photons abgegeben.</p> <p>Neutronenzerfall: freie Neutronen sind instabil und können in ein Proton, ein Elektron und einige andere Elementarteilchen zerfallen.</p>
<p>110) Zerfallsgesetz mathematische Formulierung Halbwertszeit</p> <p>Altersbestimmung</p>	<p>Halbwertszeit bedeutet: Der radioaktive Zerfall verläuft bei verschiedenen Atomen unterschiedlich schnell. Ein Maß dafür ist $T_{1/2}$; das ist jene Zeit, nach der jeweils die Hälfte der radioaktiven Atome zerfallen ist. Die Zerfallsprodukte sind meist selbst wieder radioaktiv. Diese "Tochternuklide" zerfallen mit anderen Halbwertszeiten zu neuen Nukliden. $N(t) = N_0 \cdot (0,5)^{t/T}$</p> <p>mit Halbwertszeit T, Anfangsmenge N_0 und $N(t)$ = momentane Menge an Atomen, die zum Zeitpunkt t noch nicht zerfallen sind.</p> <p>Damit kann man Altersbestimmung betreiben, wenn man die Ausgangsmenge N_0 eines Stoffes kennt (aus den Zerfallsprodukten wird rückgerechnet) und die momentane Menge $N(t)$ – z.B. C14–Radiokarbonmethode: C14 hat eine Halbwertszeit von ca. 5730 Jahren. In lebenden Bäumen ist immer ein gleichbleibender Anteil von C14 neben C12 vorhanden. Beim toten Baum wird C14 abgebaut. Aus dem verbliebenen Anteil von C14 kann man das Alter schätzen.</p>
<p>111) Kernreaktionen</p>	<p>Eine Kernreaktion ist ein physikalischer Prozess, bei dem durch Zusammenstoß eines Atomkerns mit einem anderen Kern oder Teilchen mindestens ein Kern in ein anderes Nuklid und/oder in freie Nukleonen umgewandelt wird.</p>

<p>111) Kernreaktionen Massendefekt</p> <p>Spalt- und Fusionsreaktionen – Energiegewinnung</p> <p>Kettenreaktion</p>	<p>Als Massendefekt bezeichnet man in der Kernphysik den Masseunterschied zwischen der tatsächlichen Atommasse und der stets größeren Summe der Massen der in ihm enthaltenen Nukleonen (Protonen und Neutronen).</p> <p>Der Massendefekt stellt scheinbar eine Verletzung des klassischen Massenerhaltungssatzes dar, lässt sich aber durch die von Albert Einstein erkannte Äquivalenz von Masse und Energie $E = mc^2$ erklären. Der Massendefekt ist demnach identisch mit der Kernbindungsenergie der Nukleonen, die durch die so genannte starke Wechselwirkung beschrieben wird. Je höher in einem Atomkern der Massendefekt, also die Kernbindungsenergie pro Nukleon ist, desto stabiler ist der Atomkern, da umso mehr Energie zu seiner Zerlegung aufgewendet werden muss.</p> <p>Das Maximum des Massendefekts pro Nukleon liegt im Periodensystem bei Atomen, deren Atomkern aus etwa 60 Kernteilchen besteht (Eisen). Die dort angesiedelten Isotope lassen sich also nicht ohne Energiezufuhr spalten oder fusionieren.</p> <p>Elemente, deren Massendefekte unterhalb dieses Maximums liegen, lassen sich zur Energiegewinnung durch Kernfusion (Kernverschmelzung) oder Kernspaltung ausnutzen. Die Energie lässt sich dabei immer „in Richtung des Maximums“, also mit ansteigender Kurve gewinnen, da die Energiedifferenz zur Energiegewinnung positiv sein muss. Links des Maximums sind Elemente geringerer Massenzahl wie zum Beispiel Wasserstoff vertreten, was Kernfusion möglich macht. Rechts des Maximums, also mit Elementen höherer Massenzahl wie zum Beispiel Uran, ist hingegen die Kernspaltung energiebringend. Da die Kurve links des Maximums weitaus steiler ansteigt, lässt sich durch Kernfusion mehr Energie freisetzen als durch Kernspaltung.</p> <p><u>Beispiel zum Massendefekt</u></p> <p>Die Masse eines Protons beträgt 1,00728 u (u ist die atomare Masseneinheit), die eines Neutrons 1,00866 u. Der Kern des Heliumisotops ${}^4\text{He}$ besteht aus zwei Protonen und zwei Neutronen. Diese wiegen zusammen 4,03188 u, der ${}^4\text{He}$-Kern jedoch nur 4,00151 u, d. h., dass der Massendefekt hier etwa 0,8% der Ausgangsmasse beträgt.</p> <p>Eine Kettenreaktion entsteht, wenn spaltbares Material (Uran) vorhanden ist und die beim spontanen Zerfall entstehenden Neutronen weitere Kerne spalten. Ist genug spaltbares Material vorhanden, springt eine unkontrollierte Kettenreaktion in Gang, die zur Atomexplosion führt. Wenn man die Kettenreaktion einbremst (mit Moderatorenstäben und entsprechendem Abstand), entsteht ein Kernreaktor.</p>
<p><u>112) Kernreaktoren</u> prinzipieller Aufbau von Kernreaktoren</p>	<p>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</p>

Reaktortypen	<p>Fluss eingeleitet werden, der dadurch um 1–5°C erwärmt wird!</p> <p>Reaktortypen 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 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.</p> <p>Die sowjetischen Reaktoren nutzen 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.</p>
112) Wiederaufbereitung	<p>In der Wiederaufbereitungs-Anlage werden abgebrannte Brennelemente von Kernkraftwerken mechanisch zerkleinert und in Salpetersäure aufgelöst, um dann durch chemische Prozesse das im Kernkraftwerk entstandene Plutonium und das noch verwertbare Uran vom übrigen Atommüll abzutrennen (Brennstoffkreislauf) – sehr gefährlich!!!</p> <p>Daneben gibt es Brutreaktoren (Schnelle Brüter), in denen zusätzlich zur Energiegewinnung ^{238}U so in ^{239}Pu umgewandelt wird, dass mehr neues Spaltmaterial entsteht als zugleich verbraucht wird. Diese Technologie ist (auch sicherheitstechnisch) anspruchsvoller als die der anderen Typen. Ihr Vorteil ist, dass mit ihr die Uranvorräte der Erde um ein Vielfaches besser ausgenutzt werden können, als wenn nur das ^{235}U "verbrannt" wird. Brutreaktoren arbeiten mit schnellen Neutronen und verwenden flüssiges Metall, wie beispielsweise Natrium als Kühlmittel.</p>
<p><u>113) Strahlenschutz</u> Größen und Einheiten zur Messung von Radioaktivität biologische Wirkung von radioaktiver Strahlung</p> <p>künstliche und natürliche Radioaktivität</p>	<p>Die Ionendosis gibt an, wie viele Ionen pro kg Luft entstehen [Einheit: Coulomb/kg <i>alt: 1 Röntgen \approx 1/4 milliCoulomb/kg</i>]</p> <p>Die Energiedosis gibt die absorbierte Strahlungsenergie pro kg (Menschen)masse an [Joule/kg = Gray (Gy) = 100 rad]</p> <p>Die für den Menschen wichtige Maßeinheit ist die Äquivalentdosis, wo die Wirkung der verschiedenen Strahlenarten berücksichtigt wird (α-Strahlung mit Zusatzfaktor 20) [1J/kg = 1 Sievert (Sv) = 100 rem = Beginn der <i>siechenden</i> Todesgrenze]</p> <p><u>äußere Strahlenbelastung</u> des Menschen durch Sonne und Erdstrahlen: ca. 1 mSv pro Jahr</p> <p><u>innere Eigenstrahlung</u> des Körpers (K40, C14, Ra226, Rn222 durch Nahrungsaufnahme, Baustoffe und Organeinbau) – ca. 1 mSv pro Jahr</p> <p><u>Röntgenbestrahlung und sonstige Zusatzbelastungen</u>: ca. 0,5 mSv pro Jahr</p> <p><u>Leute in strahlengefährdeten Anlagen (AKW)</u> – maximal 50 mSv pro Jahr</p> <p><u>akute Gefahrgrenze</u>: 0,5–1 Sv : Blutbildveränderungen, ... 5 Sv – 50% Todesfälle</p> <p><u>Todesgrenze</u>: 8 Sv → 100% Tote</p>

	<p>Die Aktivität gibt an, wie viele Atome zerfallen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Becquerel (Bq) = 1 Zerfall pro Sekunde • 1 Curie (Ci) > 10¹⁰ Zerfälle pro Sekunde (bei 1 g Radium, das Marie Curie untersuchte!) <p>Grenzwerte für Lebensmittel nach Tschernobyls Reaktorunfall:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Milch: 5 nCi (= 200 Becquerel) pro Liter Cäsium 137 bzw. Jod 131 <p>Schutzmaßnahmen gegen Strahlung:</p> <p>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!)</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Strahlung nicht länger als nötig einwirken lassen: Je geringer die Strahlendosis, um so geringer auch eventuelle Veränderungen im Körper des Menschen.</p>
<p>114) Kernwaffen Prinzip von Spalt- und H-Bomben</p> <p>Gefahr von Reaktorunfällen</p>	<p>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 (200000 Tote und viele strahlenverseuchte Menschen).</p> <p>http://www.safog.com/home/atombombe.html</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Three Mile Island, Harrisburg, USA In diesem Druckwasserreaktor (956 MWe) blieb im März 1979 der Reaktorkern wegen einer Verkettung von Komponentenausfällen und menschlichen Fehlern für rund zwei Stunden ohne wirksame Kühlung und schmolz deshalb zum Teil. Radioaktive Spaltprodukte gelangten zusammen mit Wasserstoff über ein fehlerhaftes Ventil in den Sicherheitsbehälter, der jedoch intakt blieb. Infolgedessen wurden nur sehr geringe Mengen radioaktiver Stoffe in die Umgebung freigesetzt, was ohne gesundheitliche Folgen für die Bevölkerung blieb.</p> <p>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</p>

	<p>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.</p> <p>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)</p>
114)	<p>Risiko der Atomenergie: http://www.greenpeace.de/themen/atomkraft/</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ 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) ❖ 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.
115) Teilchen	→ siehe Wendekärtchen
116) Quarkmodell	→ siehe Wendekärtchen
117) Massenspektrograph	→ siehe Frage 63
118) Wechselwirkungen	→ siehe Wendekärtchen

Wichtige Internetseiten für Physik:

Lexikon: <http://de.wikipedia.org/wiki/Hauptseite>

Viele bewegte **Applets** zum Online-Experimentieren: <http://www.walter-fendt.de/>

Physikseite mit viel Theorie, Übung, Tests: <http://www.physik.uni-muenchen.de/leifiphysik/>