

Aspekte der Kernphysik

Grundlagenforschung – Auf der Suche nach dem „was die Welt im Innersten zusammenhält“

Bereits die alten Griechen, beschäftigten sich mit der Frage, woraus unsere Welt besteht. Leukipp von Milet und Demokrit gingen davon aus, dass die Materie von unteilbaren Atomen aufgebaut wäre. Der Begriff Atom leitet sich vom Griechischen atomos ab, das übersetzt unteilbar bedeutet. Ihre Hypothese beruhte jedoch nur auf reinster Spekulation. Erst 1809 stellte John Dalton seine Atomhypothese auf, die unter anderem besagt, dass die Atome die kleinsten Teilchen chemischer Elemente seien. 1897 wurde von Thomson das Rosinenkuchenmodell eingeführt. Man kann sich das Atom als positiv geladenen Kuchenteig, indem es negativ geladene Rosinen (Elektronen) gibt, vorstellen. Thomson kam auf dieses Modell, nachdem er austretende Strahlung aus einer Glühkathode beobachtete und feststellte, dass dieser Elektronenstrahl von einem Magnetfeld abgelenkt werden kann und eine wesentlich kleinere Masse als Wasserstoff - das leichteste Atom - hat und durch Erhitzen aus jedem Metall gewonnen werden kann. Die Elektronen müssen daher im Metall enthalten sein. Nachdem Rutherford 1909 Alpha-Teilchen auf eine dünne Goldfolie schoss und deren Winkelverteilung maß, widerlegte er das Thomsonmodell. Es muss nun nämlich einen positiv geladenen und sehr kleinen Atomkern geben, rund um den in der fast leeren Atomhülle die Elektronen kreisen. Im Atomkern ist fast die gesamte Masse des Atoms lokalisiert. Bohr stellte 1913 fest, dass nur bestimmte Bahnen der Elektronen möglich sind. Das heute aktuellste Atommodell ist das Orbitalmodell, das die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen als Lösung der Schrödingergleichung angibt.

Außerdem wissen wir heute, dass der Atomkern aus positiv geladenen Protonen und ungeladenen Neutronen (Protonen oder Neutronen werden auch als Nukleonen bezeichnet) besteht, die durch starke Wechselwirkung zusammengehalten werden, die der abstoßenden Kraft zwischen den Protonen entgegenwirkt. 1949 wurde das Schalenmodell für den Atomkern eingeführt, das besagt, dass es im Atomkern - wie auch bei der Elektronenhülle - diskrete Energieniveaus gibt. Diese Schalen können 2, 8, 20, 50, 82, 126 Nukleonen aufnehmen und Atomkerne, deren Protonen- und/oder Neutronenanzahl diesen magischen Zahlen entsprechen, sind besonders stabil.

Durch Experimente mit Teilchenbeschleunigern wurde herausgefunden, dass Protonen und Neutronen aus Quarks aufgebaut sind und Quarks folglich der kleinste Bestandteil eines Atoms sind. Atome sind also teilbar, es gibt jedoch wie die alten Griechen vermuteten ein kleinstes Teilchen aus dem unsere Materie aufgebaut ist. Die heutige Grundlagenforschung im Bereich der Kernphysik, die z.B. bei ISOLDE am CERN betrieben wird, beschäftigt sich v.a. mit der Entdeckung von neuen Isotopen, der Bestimmung der Eigenschaften verschiedener Atomkerne (Kernmasse, -größe, -spin, magnetische Momente), der starken Wechselwirkung, den magischen Zahlen und der Physik jenseits des Standardmodells.

Die Schattenseiten der Kernphysik:

Atombomben - wissenschaftliche Forschung im Zeiten des Krieges und die drastischen Auswirkungen

Otto Hahn fand 1938 heraus, dass durch Bestrahlung mit Neutronen Urkerne gespalten werden können und dabei Energie und weitere Neutronen frei werden. Leo Szilárd hatte kurz darauf die Idee der Kettenreaktion. Er meinte: „In dieser Nacht hatte ich keine Zweifel, dass die Welt auf ein Unglück zusteuert“ und fordert seine Arbeitskollegen zur Geheimhaltung auf. 1939 kam es jedoch zur Veröffentlichung der Erkenntnisse von Fermi. Szilárd erzählte daraufhin Einstein von seinen Befürchtungen, dass die deutschen Physiker Werner Heisenberg und Carl Friedrich von Weizsäcker eine Atombombe bauen könnten. Einstein forderte daraufhin Roosevelt auf, sofort die amerikanischen Forschungsarbeiten für den Bau einer Atombombe voranzutreiben und das Manhattan Projekt war geboren. In Hiroshima starben schätzungsweise 140.000 Menschen an den Folgen der Atombombe und in Nagasaki 70.000. Truman, mittlerweile US Präsident, meinte, dass sie zwei Milliarden Dollar im größten wissenschaftlichen Spiel in der Geschichte gesetzt und gewonnen hätten. Einstein sagte „Ja, ich habe auf den Knopf gedrückt. Der Krieg ist gewonnen, aber nicht der Friede. Ohne einen radikalen Mentalitätswandel wird unsere Zivilisation dem Untergang geweiht sein.“ Einstein und Szilárd gründeten das Emergency Committee of Atomic Scientists und das Council for a Livable World.

Atomkraftwerke –Energiegewinnung ohne Abschätzung der Spätfolgen

1954 wurde das erste zivile Kernkraftwerk der Welt in Obninsk in Russland gebaut. 1989 gab es weltweit 423 Kernkraftwerke. Heute, 2017, gibt es weltweit 448 Kernkraftwerke, mit einer Gesamtleistung von 392 GW, des Weiteren befinden sich 57 Reaktorblöcke im Bau, die eine Gesamtleistung von 58 GW haben sollen. Aufgrund von Betriebsfehlern und Super Gaus sind in Tschernobyl, Fukushima, Sellafield in GB und in Three Mile Island in den USA riesige Landstriche unbewohnbar. Auch die Lagerung des radioaktiven Mülls ist bis heute ein ungeklärtes Problem.

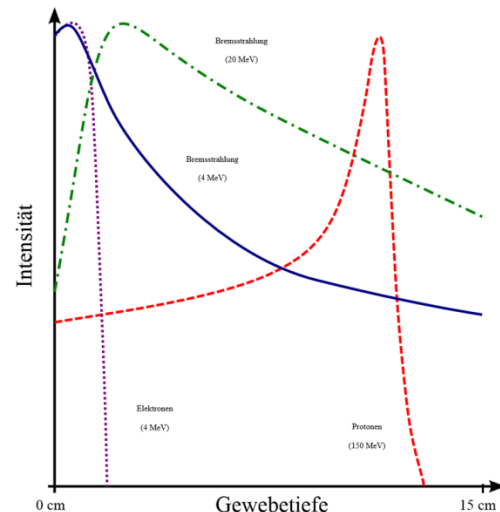
Positive Anwendungen der Kernphysik – Nuklearmedizin

Die Kernphysik findet in der Nuklearmedizin in der Diagnostik und in der Therapie ein immer größer werdendes Anwendungsgebiet. Bei der **Positronen-Emissionstomographie (PET)** wird dem Patienten/der Patientin ein mit bestimmten, instabilen Nukliden markiertes Stoffwechselpräparat (Positronenemitter) injiziert. Bei der Positronenvernichtung, also wenn das emittierte Positron auf ein Elektron aus dem Körper trifft, entstehen zwei Gammaquanten, die in genau entgegengesetzte Richtung davonfliegen. Durch den Nachweis dieser Gammaquanten können Abbilder der Organe und Rückschlüsse auf deren Funktion (Stoffwechselforgänge) gewonnen werden. Die **Szintigrafie** dient v.a. zur Untersuchung von Schilddrüse, Nieren und Herz. Es reichern sich die radioaktiven Stoffe im zu untersuchenden Organ an und ihre abgegebene Strahlung wird von einer Gammakamera gemessen. Bei der **Magnetresonanztomographie** regen starke magnetische Wechselfelder bestimmte Atomkerne im Körper an und das elektrische Signal wird gemessen. Aufgrund unterschiedlicher Abklingzeiten unterscheiden sich verschiedene Gewebearten im Signal.

Neben der gerade besprochenen Anwendung in der Diagnostik, wird die Kernphysik auch zur Therapie von Krebs eingesetzt. Bei der **Radiojodtherapie** wird ein radioaktives Jod-Isotop injiziert, das im menschlichen Körper nur in den Schilddrüsenzellen gespeichert wird. Das Jodisotop ist ein Beta-Strahler mit einer Halbwertszeit von 8 Tagen und die abgegebene Radioaktivität führt zu Schäden in der DNA (Doppelstrangbrüche) und somit zum Zelltod der Krebszellen.

Durch **Bestrahlung der Tumore von außen**

schrumpfen diese, da es aufgrund der Radioaktivität zum Zelltod kommt. Gesundes Gewebe wird jedoch ebenfalls belastet. Die Abbildung zeigt die Intensität der radioaktiven Strahlung als Funktion der Gewebetiefe. Die Bestrahlung mit Elektronen wird bei nicht tiefliegenden Tumoren eingesetzt, da Elektronen im Gewebe nur eine Reichweite von einigen Millimetern haben (Siehe lila Punktlinie in der Abbildung). Mit Röntgenstrahlung können tiefliegendere Tumore bestrahlt werden, gesundes Gewebe, das im Strahlengang liegt, wird jedoch auch geschädigt (siehe grüne und blaue Kurve in der Abbildung). Der Einsatz von Protonen hilft den Tumor punktgenau zu bestrahlen und gesundes Gewebe kaum zu belasten (siehe rote Strichlinie).



Die Protonentherapie am Paul Scherrer Institut (PSI) in der Schweiz wird seit 1984 bei tiefliegenden Tumoren, Augentumoren und Tumoren von Säuglingen und Kindern, deren Gewebe äußerst empfindlich ist, eingesetzt. Bis Ende 2016 wurden 6.800 PatientInnen mit Augentumoren am PSI behandelt, in 98% der Fälle verschwand der Tumor und in 90% der Fälle blieb das Augenlicht erhalten. Ohne Protonentherapie wären die AugentumorpatientInnen nach der Therapie zu fast 100% erblindet und ein großer Teil von ihnen verstorben. In Wiener Neustadt wird momentan das MedAustron, das sich auf Ionen- und Partikeltherapie spezialisiert hat, aufgebaut. Der Teilchenbeschleuniger wurde 2012 gebaut und 2016 fanden die ersten Behandlungen statt. Im Vollbetrieb sollen 1.200 PatientInnen im Jahr behandelt werden.

Diskussion

Die Kernphysik ist bis heute äußerst umstritten. Kaum eine andere Forschungsdisziplin führte zu derart heftigen Auswirkungen auf die Menschheit und unsere Nachkommen wie die Kernphysik. Seit der Erfindung der Atombombe besteht die Gefahr ganze Kontinente auszurotten und das Wettrüsten der Supermächte/Atommächte findet bis heute statt. Auch die friedliche Anwendung der Kernphysik zur Energiegewinnung ist kritisch zu sehen. Aufgrund von Anwendungsfehlern, Naturkatastrophen oder Terrorattacken kann es jederzeit zu einem Super Gau wie in Fukushima oder Tschernobyl kommen. Kein einziges Atomkraftwerk ist für eine derartige Katastrophe versichert. Auch die Frage nach der Entsorgung des radioaktiven Mülls ist bis heute unbeantwortet. Durch unser nachdenkloses Handeln bürgen wir unseren

Kindern und Kindeskindern eine extreme Verantwortung auf. Auch unsere Nachkommen haben ein Recht darauf in einer gesunden Umwelt aufwachsen zu dürfen.

Es stellt sich die Frage, inwieweit ein Forscher/eine Forscherin für die Auswirkungen seiner/ihrer Forschungsergebnisse verantwortlich ist. Meiner Ansicht nach, kommt es darauf an, was die Absicht hinter der Forschung ist. Wenn es rein um wissenschaftliche Neugier und Grundlagenforschung geht, ist ein Forscher/eine Forscherin meiner Meinung nach nicht für eventuelle spätere Auswirkungen seiner/ihrer Forschungsergebnisse verantwortlich. Als GrundlagenforscherIn fällt es oft noch sehr schwer, mögliche Konsequenzen der eigenen Forschungsergebnisse abzuschätzen. Außerdem sollte ein Grundlagenforscher/eine Grundlagenforscherin seinen/ihren Ideen freien Lauf lassen können, ohne über das Gut oder Schlecht nachdenken zu müssen. Hierzu ist dann – in den meisten Fällen Jahre später – die Politik und die Gesellschaft gefragt. Außerdem lässt sich meiner Ansicht nach wissenschaftlicher Fortschritt ohnehin nicht aufhalten. Wenn es jedoch um anwendungsorientierte Forschung geht, z.B. um den expliziten Bau einer Atombombe oder eines Atomkraftwerks, sind die ForscherInnen und TechnikerInnen jedoch sehr wohl verantwortlich für die Auswirkungen ihrer Forschungsergebnisse und sollten diese im Blick haben. Die Gesellschaft, die großteils sehr wenig technisches Verständnis hat, ist mit der Überlegung der Auswirkungen nämlich schlichtweg überfordert.

Die Abbildung stammt aus Wikipedia.