

Horst von der Wege

**Arbeitsheft Radioaktivität  
für MTAR**



# 1 Einleitung

## 1.1 Allgemeine Problematik

Immer häufiger werden in den Medien Kritiken im Umgang mit Radioaktivität laut. Immer häufiger wird durch das größer werdende Umweltbewußtsein die Überlegung zur Beseitigung radioaktiver Stoffe geäußert und immer häufiger geraten Gedanken und Überlegungen in eine Sackgasse.

Radioaktivität ist nun mal kein Spielzeug und man kann sie nicht in die Ecke stellen bis sie eines Tages wieder einmal gebraucht wird.

Spätestens nach den Ereignissen von Tschernobyl und in neuerer Zeit durch die GAU-Simulation in Frankreich wurde ein Umdenken erforderlich.

Trotzdem sind viele Fragen bisher nicht beantwortet und zum Teil bewußt nicht gestellt worden.

Die Gefahr *Radioaktivität* ist nicht durch Kopfindensandstecken beseitigt sondern man muß sich mit ihr auseinandersetzen.

Der Schweizer Philosoph Walther Christoph Zimmerli äußerte seine Bedenken z.B. über Atomkraftwerke einmal aus ethischer Sicht: *Verantworten können hat bisher keiner den Betrieb von Atomkraftwerken, denn Verantworten heißt für die Folgen seiner Handlung einstehen. Aber was sollte ein menschliches Individuum, dem Versagen nachgesagt wird, in die Waagschale zu werfen haben, um für den angerichteten Schaden aufzukommen? Welcher Mensch wäre so vermessen und würde für die nächsten 25 000 oder vielleicht auch nur 1 000 Jahre die Verantwortung übernehmen? Eine Handlung aber, für die niemand die Verantwortung übernehmen kann, gilt als nicht legitimierbar. Folglich: Wir hätten nie gedurft, was wir da tun....!*

Der Drang nach Höherem ist seit Beginn der Menschheitsgeschichte verankert. Dieses Suchen hat zu vielen wissenschaftlichen Erfolgen geführt, jedoch nicht immer die friedliche Nutzung unterstützt.

Doch auch in der friedlichen Nutzung der Radioaktivität ist mancher Wettstreit um Größe entbrannt. Allein die Macht zu besitzen und vor allem der Erste zu sein, führte zu manch zweifelhaften Nebenprodukten. Eines dieser Nebenprodukte ist der für uns immer größer werdende Berg des Atom Mülls. In der Beseitigung dieser Reststoffe sollte der Erfolg der Zukunft liegen.

Wir haben nun einmal keinen zweiten Lebensraum im Rucksack und tragen auch für unsere nachfolgenden Generationen die Verantwortung eines würdigen Lebens. Natürlich ist der Einsatz der Radioaktivität differenziert zu betrachten, denn ein in der Nuklearmedizin untersuchter Patient, dem infolge der diagnostischen Methoden Spuren von radioaktiv markierten, organspezifischen Substanzen verabreicht wurde, verläßt nicht als Atomkraftwerk die Klinik.

Doch egal zu welchem Einsatz, man sollte mit Radioaktivität immer kritisch umgehen. Denn Leichtsinnigkeit im Umgang mit radioaktiven Stoffen ist auf die nichtvorhandene Wahrnehmung zurückzuführen. Mit einer Strahlung, die man nicht sieht, nicht schmeckt, nicht riecht, nicht hört und nicht fühlt, geht man sorgloser um als zB. mit Gasen, die vielleicht ebenfalls nicht sichtbar, aber trotzdem stechend riechen, ätzend wirken oder fühlbar heiß sind.

Unnötig werden immer wieder Versuche mit Strahlen demonstriert, die man mit einem Videofilm einmal aufgenommen und dann immer wieder gezeigt, genauso gut darstellen kann.

#### **Wir müssen bedenken:**

Unsere Gesamtstrahlenbelastung setzt sich aus Strahlung aus dem Weltall, aus dem Erdreich, aus diagnostischen und therapeutischen Strahlenanwendungen, aus kerntechnischen Anlagen, aus industriellen Einsätzen, aus strahlenden Überresten usw. zusammen.

Einen Fall von unüberlegter Anwendung der Radioaktivität erfahren wir aus Berichten des Jahres 1925, in denen 42 Arbeiterinnen, die in einem amerikanischen Werk in New Jersey Uhrenziffern mit radiumhaltiger Leuchtfarbe bemalten und bei ihrer Arbeit die Pinselspitzen mit der Zunge anfeuchteten, durch die aufgenommene Radioaktivität an Krebs erkrankten und starben.

Allein daraus ist zu erkennen, daß eine Schädigung durch Strahlen bekannt und einem Schaden vorzubeugen ist, gleich, ob bei der Anwendung oder Beseitigung von strahlenden Substanzen.

## **1.2 Was ist Radioaktivität ?**

Zunächst eine allgemeine Definition:

- Radioaktivität ist die Eigenschaft bestimmter Atomkerne, sich unter Aussendung von Strahlen in Kerne anderer Atomarten umzuwandeln. Dabei ist der zeitliche Ablauf der Umwandlung durch keinerlei Mittel beeinflussbar.
- Das neu entstandene Element kann ebenfalls wieder radioaktiv sein und unterliegt damit wieder der Umwandlungswahrscheinlichkeit. Eine Umwandlung, bei Elementen mit einem großen Kern spricht man von einem Kernzerfall, findet so lange statt, bis ein stabiles, also nicht mehr radioaktives, Element erreicht ist.
- Beim Umwandlungs- oder Zerfallsprozeß werden Teilchen- und/oder Gammastrahlen aus dem Atomkern emittiert.

Nähere Einzelheiten folgen im Abschnitt 3.05

## 2 Historie der Radioaktivität

### 2.1 *Martin Heinrich Klaproth*

- Chemiker, 1743 - 1817
- entdeckte 1789 bei der Analyse der St. Joachimstaler Pechblende ein neues Element, das er, nach dem im gleichen Jahr entdeckten Planeten Uranus, Uran nannte.
- Seine besondere Aufmerksamkeit galt dem Fluoreszenzleuchten dieses Elementes. Ferner war es das bis dahin bekannte schwerste Element.

### 2.2 *Edmund Becquerel*

- frz. Physiker,
- der Vater von Henri Becquerel, beschäftigte sich 1859, wie sein Vorgänger Klaproth, mit den Eigenschaften der Uranylverbindungen und deren Leuchteigenschaft.

### 2.3 *Henri Becquerel*

- frz. Physiker, 1852 - 1908
- folgte den Spuren seines Vaters und Großvaters und wurde Professor für Physik.

Becquerel hörte von der Entdeckung Röntgens und der Gedanke, daß zwischen sichtbarer und unsichtbarer Strahlung ein Zusammenhang bestehen könnte, ließ ihn nicht mehr los. Er legte Uransalz-Kristalle auf eine eingewickelte Photoplatte, legte eine zweite Platte ohne Uransalz zur Kontrolle an und belichtete beide mit Sonnenlicht. Die Platte mit den Uransalzen wies, trotz lichtundurchlässiger Verpackung, eine Schwärzung auf.

Eine Platte, die lichtdicht verpackt und mit Uransalz versehen in einer Schublade lag, zeigte nach einer längeren Expositionszeit eine Schwärzung von bis dahin unbekannter Größe. Nebenbei stellte er fest, daß diese Strahlung elektrisch geladene Körper entladen konnte.

In einem Bericht vom 18. Mai 1896 gab er die Ergebnisse seiner Experimente bekannt:

- Uran gab, ob im Sonnenschein oder im Dunkeln, ob vorher dem Licht ausgesetzt oder nicht, ob als Reinelement oder gelöst, unabhängig von der Außentemperatur die gleiche durchdringende Strahlung ab.

Henri Becquerel beobachtete, daß die Strahlung über einen längeren Zeitraum konstant blieb. Diese Strahlung wurde zunächst als Uran-Strahlung, dann als Becquerel-Strahlung bezeichnet. Seine Doktorandin Marie Curie schlug für diese Strahlungserscheinung das Wort *Radioaktivität* (von lat. radius = der Strahl) vor. Becquerel fügte später den Begriff der Gammastrahlung hinzu.

## 2.4 Marie und Pierre Curie

- Physikerehepaar, 1867 - 1934 und 1859 - 1906
- Marie Sklodowska, Tochter des polnischen Physikprofessors Wladislaw Sklodowski, heiratete im Jahre 1895 den Franzosen Pierre Curie. Mit überaus großem Fleiß erreichte sie ein mageres Stipendium, mit dem sie an der Pariser Sorbonne Physik und Chemie studieren konnte.

Während ihres Studiums litt sie oft an Schwächezuständen und Ohnmachtsanfällen, denn sie lebte wochenlang nur von Tee und Butterbrot und arbeitete verbissen. Da sie nur wenig Geld hatte, ging sie den Weg zur Sorbonne zu Fuß, heizte nur in den seltensten Fällen ihr kleines und spärlich eingerichtetes Zimmer, denn Kohlen waren zu teuer. Berauscht von ihren Fortschritten fühlte sich Marie imstande alles zu lernen, was die Männer entdeckt hatten. Sie hörte Mathematik, Physik, Chemie.

Ihre manuelle Fertigkeit und ihre Präzision zeigte sich bei ihren wissenschaftlichen Experimenten.

Ihr Arbeitseifer wurde oft durch die strengen klimatischen Verhältnisse des Pariser Winters gebremst. Es kam vor, daß Marie in ihrer kleinen Mansarde vor Kälte nicht schlafen konnte. Sie raffte sämtliche Kleidungsstücke zusammen, die sie besaß, zog so viel wie möglich davon an, schlüpfte ins Bett und stapelte die restlichen Kleider über sich auf. Auf diesen Berg legte sie noch ihren einzigen Stuhl um sich durch das Gewicht die Illusion der Wärme zu geben.

Durch einen Zufall lernte Marie Pierre Curie kennen, einen ebenso stillen und verbissenen Studenten wie sie. Sie wollte nicht in Frankreich bleiben, kehrte aber auf Bitten Pierre Curies nach mehrmonatigem Aufenthalt in Warschau nach Paris zurück. Ein Jahr nach dem Kennenlernen Pierres heiratete Marie und entgegen ihres inneren Zwanges nach Warschau, dem Ort ihrer Familie, zurückzukehren wurde aus Marie Sklodowska Marie Curie und sie blieb in Frankreich.

Trotz ihrer Arbeit im Haushalt und der Erziehung ihres ersten Kindes setzte sie ihre wissenschaftliche Arbeit fort.

Angereizt durch die Erkenntnisse Henri Becquerels experimentierte Marie Curie mit Uran und stellte die Überlegung an, daß die zu messende Strahlung eine Eigenschaft des Atoms ist. Ihre weitere Überlegung, daß nicht nur Uran, sondern auch noch andere Stoffe die gleiche Eigenschaft haben könnten, ließ sie nicht mehr in Ruhe und sie begann mit der Untersuchung aller bekannten chemischen Stoffe. Das Resultat ließ nicht auf sich warten. Immer wieder wiederholte Marie ihre Messungen um alle Zweifel auszuschließen.

Pierre Curie hatte mit leidenschaftlichem Interesse die raschen Fortschritte seiner Frau verfolgt. Er beschloß, seine Arbeit über die Kristalle augenblicklich ruhen zu lassen um mit aller Kraft seiner Frau zu helfen. Jetzt waren die Streitkräfte verdoppelt. Beide forschten nach der Radioaktivität in der Pechblende, einem Uranmineral aus den Bergwerken von Joachimstal in Böhmen.

Wochenlang verrichtete Marie Curie Schwerstarbeit und verarbeitete tonnenweise das Uranerz um immer kleinere und konzentriertere Proben daraus zu bekommen. Eines Nachts wurde ihre Arbeit belohnt.

Sie betrachtete zusammen mit ihrem Mann das in ihrem kärglich eingerichteten Labor auf Wandregalen stehende, geisterhaft schimmernde und bläulich phosphoreszierende Radium. Bei weiteren Experimenten stellte sich heraus, daß ein eigentümliches Gas entsteht, das die gleichen Eigenschaften wie Radium besitzt.

Marie Curie entdeckte also, daß ihr Radium spontan Wärme abgab, nach einem strengen Gesetz fortwährend zerfiel, Glasbehälter violett verfärbte, die Luft elektrisch leitfähig machte und Papier und Watte, in die man es hüllte, zu Staub zerfallen ließ.

Als die deutschen Gelehrten Walkhoff und Giesel im Jahre 1900 darüber berichteten, daß diese neue Substanz physiologische Wirkungen habe, setzte Pierre Curie, ohne sich um die Gefahr zu kümmern, seinen Arm sofort der Bestrahlung aus. Zu seiner Freude machte sich eine Störung bemerkbar. Er verfolgte die Entwicklung und beschrieb in einem Brief an die Akademie kaltblütig die beobachteten Symptome: *Die Haut hat sich auf einer Oberfläche von sechs Quadratzentimetern gerötet; das Aussehen ist dem einer Verbrennung ähnlich, doch ist die Haut nicht oder kaum schmerzhaft. Nach einigen Tagen begann die Rötung stärker zu werden, ohne sich auszubreiten; am zwanzigsten Tag bildeten sich zuerst Krusten, dann eine Wunde, die*

*man mit Verbänden behandelte; am zweiundvierzigsten Tag hat die Haut begonnen, von den Rändern ausgehend, gegen die Mitte zu verheilen, und zweiundfünfzig Tage nach der Bestrahlung bleibt noch eine Fläche von einem Quadratcentimeter als Wunde zurück, die einen ins Graue spielenden Ton annimmt, der darauf schließen läßt, daß eine tiefere Verwundung vorliegt. Fügen wir noch hinzu, daß Madame Curie, als sie in einer kleinen versiegelten Glasröhre einige Zentigramm hochaktiver Materie trug, ähnliche Verbrennungen erlitt, obwohl die kleine Röhre in einer dünnen Metallschachtel verwahrt war. Außer dieser heftigen Wirkung haben wir während der mit hoch aktiven Stoffen ausgeführten Experimente an den Händen verschiedene Einwirkungen empfangen. Die Hände zeigen im allgemeinen Tendenz zur Schuppenbildung: die Fingerspitzen, die die hochaktiven Substanzen enthaltenden Tuben oder Kapseln berührt haben, verhärten sich und werden manchmal sehr schmerzhaft. Bei einem von uns hat die Entzündung der Fingerspitzen vierzehn Tage angehalten und mit der Häutung ihren Abschluß gefunden, doch ist die Schmerzempfindlichkeit nach zwei-monatiger Dauer noch nicht verschwunden.*

Henri Becquerel verbrannte sich ebenfalls, doch ohne es zu beabsichtigen, als er in seiner Westentasche eine Glastube mit Radium bei sich trug.

Pierre Curie war überrascht von der Kraft der Strahlen und studierte die Wirkungsweise an Tieren. Mediziner ersten Ranges, die Professoren Bouchard und Balthazard, wurden seine Mitarbeiter. Sie kamen schnell zur Überzeugung: indem das Radium Zellen zerstörte, heilte es Fälle von Lupus, von Tumoren, gewisse Krebskrankungen.

Diesen therapeutischen Einsatz nannte man Curie-Therapie.

Industrieunternehmen von Frankreich und Amerika drängten darauf Radium herstellen zu dürfen. Marie hatte in mühevoller Arbeit aus acht Tonnen Pechblendeschlacke ein Gramm Radium gewonnen. Eine Arbeit, die in den Augen des Physikerhepaares Curie, eine Fabrik übernehmen konnte.

Die Curies verzichteten auf die Patentierung ihres Verfahrens und blieben einfache Leute.

Am 6. Dezember 1904 wurde Eve, die zweite Tochter der Curies, geboren. Pierre arbeitete im Laboratorium und hielt Vorträge, Marie kümmerte sich mehr um den Haushalt.

Am 19. April 1906 wurde Pierre Curie vom Hinterrad eines Pferdefuhrwerks überfahren und tödlich verletzt.

Nach dem Tode ihres Mannes wurde Marie Curie auf die Lehrkanzel gerufen und nahm an der Sorbonne dessen Platz ein. Zum ersten Mal sprach eine Frau in der Sorbonne und Marie knüpfte genau dort an, wo ihr Mann aufgehört hatte. Sie arbeitete hart und

selbstlos bis wenige Tage vor ihrem Tod am 4. Juli 1934. Sie starb an strahleninduzierter Leukämie im Sanatorium in Sancellemoz und wurde an der Seite ihres Mannes Pierre Curie in Sceaux beigesetzt.

Für ihre Arbeiten erhielt sie 1903 zusammen mit Ihrem Mann und Henri Becquerel den Nobelpreis in Physik, 1911 erhielt sie den Nobelpreis in Chemie.

## 2.5 Wilhelm Konrad Röntgen

- Physiker, 1845 - 1923

W. K. Röntgen erhält im Zusammenhang mit der Radioaktivität eine Sonderstellung. Seine neu entdeckten Strahlen waren Anlaß zu vielen Vergleichen mit den Gammastrahlen Becquerels und der Curies.

Röntgen entdeckte 1895, daß bei den damaligen Gasentladungslampen neben der bekannten Fluoreszenz eine neue, durchdringende und unsichtbare Art von Strahlung auftrat. Er nannte sie X-Strahlen.

Der Londoner Daily Chronical vom 6. Januar 1896 berichtet:

“... Professor Röntgen hat ein Licht entdeckt, das beim Photographieren Holz, Fleisch und die meisten anderen organischen Substanzen durchdringt. Es ist dem Professor gelungen, Metallgewichte in einer geschlossenen Holzschachtel sowie eine menschliche Hand zu photographieren, wobei sich nur die Knochen zeigen, während das Fleisch unsichtbar ist.”

Röntgen erfand die nach ihm benannte Kathodenstrahlröhre und eröffnete damit neue Wege der Diagnostik. Die Wunderstrahlen wurden überall eingesetzt. Man konnte jetzt den Körper von innen besichtigen. Herz, Lunge und Leber, das Skelett, verschluckte Gegenstände im Körper wurden sichtbar. Knochenbrüche und manches mehr ließ sich erkennen.

Doch um 1925 herum erkannte man, daß es nach der Anwendung der “neuen Art von Strahlen” hier und da zu Verbrennungen und Krebsleiden kam, weil man noch nicht gelernt hatte die Strahlen richtig zu dosieren. Auch wußte man zu wenig darüber, wie der menschliche Körper auf die Strahlen reagierte.

Es wurde berichtet, daß bis zum Jahre 1922 schon über einhundert mit Röntgenstrahlen umgehende Ärzte und Forscher an übermäßiger Bestrahlung gestorben seien.

1901 bekam Röntgen den Nobelpreis.

## 2.6 Ernest Rutherford

- engl. Physiker, 1871 - 1937

Marie und Pierre Curie hatten eine Strahlung erkannt, deren Ursprung zunächst rätselhaft blieb.

1903 erkannte Rutherford diese Strahlung als Folge eines Zerfalls von Atomen. Er stellte fest, daß die Atome radioaktiver Elemente eine Umwandlung vollziehen und zu Atomen anderer Elemente werden, wobei die Umwandlungsprodukte als Teilchen der verschiedenen Strahlung frei werden. Er bemerkte, daß der radioaktive Zerfall bei verschiedenen Elementen verschieden schnell verlief und durch keinerlei Mittel zu beeinflussen war.

Durch Rutherfords Versuche wurde 1919 die Teilbarkeit der Atome direkt bestätigt. Er bestrahlte Stickstoff mit energiereichen Alphateilchen. Dabei wandelten sich Stickstoffatome in Sauerstoffatome um und sandten ein Proton aus.

Dieser ersten Beobachtung der Atomumwandlung folgten eine Reihe anderer Versuche und dabei fand Rutherford die *Atombausteine*:

- das Elektron mit einer negativen Ladung,
- das Proton mit einer positiven Ladung und
- das Neutron mit neutraler Ladung.

Rutherford stellte sein Atommodell vor und erklärte, daß sich Elektronen um den Atomkern bewegen, wie Planeten um die Sonne.

Dieses Atommodell wurde später durch den Dänen Niels Bohr vereinfacht. 1908 erhielt Ernest Rutherford den Nobelpreis.

## 2.7 Frederick Soddy

- engl. Chemiker, 1877 - 1956
- fand heraus, daß mehrere bekannte Radioelemente ein und denselben Platz im Periodensystem der Elemente besaßen. Die betroffenen Elemente waren chemisch nicht trennbar. Für diese Elemente führte F. Soddy den Begriff *Isotop* ein.