

Landeshauptstadt Stuttgart · Katharinenhospital · Zentrum für Radiologie  
Postfach 310 · 7000 Stuttgart 1

Akademisches Lehrkrankenhaus  
der Universität Tübingen

## Zentrum für Radiologie

Radiologische Klinik  
Ärztl. Direktor

Abteilung für Medizinische Physik  
Ltd. Physiker:

Den 09.05.1986  
Kriegsbergstraße 60, Stuttgart-Mitte

Sehr geehrte Damen und Herren,

beiliegend erhalten Sie eine von uns erstellte Dokumentation über  
Auswirkungen des Reaktorunglücks in Tschernobyl zur freundlichen  
Kenntnissnahme und Verwendung.

Mit freundlichen Grüßen



D O K U M E N T A T I O N

Z U M

Reaktorunfall in Tschernobyl (SU)

Zur Strahlenbelastung der Bevölkerung  
von Stuttgart

infolge Radioaktivitätsaufnahmen aus  
der Luft, dem Boden und der Milch

von



Stuttgart im Mai 1986



## DOKUMENTATION STRAHLENSCHUTZ

Bedingt durch den Schaden an einem Reaktor in Tschernobyl (UDSSR) kam es u.a. in Stuttgart zu radioaktivem Niederschlag. Das Hauptaugenmerk der Öffentlichkeit richtet sich zur Zeit auf das radioaktive Element Jod-131, welches Gammastrahlung aussendet und das eine Halbwertszeit (HWZ) von 8 Tagen besitzt. In der Bevölkerung wurden viele Fragen zum Thema Strahlenbelastung durch radioaktive Stoffe in der Umwelt bzw. in der Nahrung gestellt. Aufgrund unserer strahlenphysikalischen Betätigung in der Medizin fühlen wir uns veranlaßt, diese komplizierten Vorgänge allgemeinverständlich darzulegen. Dazu dienen insbesondere anschauliche Vergleiche zwischen der Strahlenbelastung einer Person durch den Störfall von Tschernobyl und der Strahlenbelastung, die durch eine nuklearmedizinische Untersuchung erzeugt wird.

Um die physikalischen Begriffe, die in diesem Zusammenhang eine Rolle spielen, besser zu verstehen, ist in Abb. 1 eine kurze Zusammenstellung aufgeführt.

Radioaktive Stoffe senden Strahlung aus, die man ihrer Natur nach in 3 Klassen einteilt: Alpha-Strahlung, Beta-Strahlung und Gamma-Strahlung. Ein Maß für die Radioaktivität eines Stoffes ist die Anzahl der Zerfälle pro Sekunde. Sendet ein Stoff 100 Zerfälle pro Sekunde aus, so hat er eine Aktivität von 100 Bq (Bq = Becquerel). Die Zeit, in welcher die Hälfte der ursprünglich vorhandenen Atome zerfallen ist, nennt man Halbwertszeit (HWZ). Sie wird z.B. in Tagen angegeben.

Die Radioaktivität eines Stoffes allein sagt aber noch nichts über die Strahlenbelastung des menschlichen Organismus aus. Entscheidend hierfür ist, welche Strahlung bei den Zerfällen ausgesandt wird und wie groß ihre Energie ist. Diese Energie wird im Körper des Menschen ganz oder teilweise absorbiert. Ein Maß hierfür ist die Energiedosis  $D$  mit der Einheit "rad". Die biologisch umgesetzte Energiedosis ist die Äquivalentdosis  $H$  mit der Einheit "rem". Bei der Abschätzung der biologischen Wirkung kommt es darauf an, wo sich die radioaktiven Stoffe im Körper anlagern, und wie schnell sie eventuell wieder ausgeschieden werden; hierzu führt man den Begriff der biologischen Halbwertszeit ein. Diese ist immer kleiner, höchstens aber gleich groß der physikalischen Halbwertszeit.

Der Mensch ist immer einer radioaktiven Strahlung ausgesetzt, die sich aus natürlicher und künstlicher Radioaktivität zusammensetzt. Die gesamte Strahlenbelastung des Menschen pro Jahr ist in Tabelle 1 aufgeführt.

Der Gesetzgeber legt für die Strahlenbelastung des Menschen bzw. dessen Organe bestimmte Grenzwerte fest. Diese Werte sind in Tabelle 2 aufgeführt. Macht man eine Abschätzung zur zusätzlichen Strahlenbelastung des Menschen, bedingt durch den Reaktorunfall, so sind die Ergebnisse immer im Verhältnis zu



diesen Werten zu sehen. Von besonderer Bedeutung ist das radioaktive Jod-131, welches sich fast vollständig in der Schilddrüse sammelt. Die Dosisgrenzwerte für dieses aufgenommene Jod kann man der Tabelle 3 entnehmen. Von der Strahlenschutzkommission wurden empfohlene Werte für Jod-131 in Nahrungsmitteln ausgesprochen. Für Milch beträgt dieser Wert 500 Bq pro Liter. Aus der Tabelle 4 liest man die Dosiswerte ab, die sich durch die Aufnahme einer Jod-131-haltigen Substanz bestimmter Aktivität ergeben. Ein Liter Milch mit der Aktivität von 500 Bq würde zu einer Schilddrüsenbelastung von 11 mrem führen unter Beachtung der biologischen Halbwertszeit. Die Ganzkörperbelastung beträgt in diesem Fall 0.4 mrem.

In Tabelle 4 sieht man, welcher Strahlendosis Schilddrüse und Ganzkörper bei einer nuklearmedizinischen Untersuchung ausgesetzt sind. Bei einem Schilddrüsenfunktionstest werden 3.7 MBq (gleich 3.700.000 Bq) Jod-131 verabreicht, bei einem Suchscan nach jodspeichernden Organbereichen 74 MBq. Die Strahlenbelastung der Schilddrüse im letzten Fall beträgt 1.628.000 mrem und ist somit ungefähr 150.000 mal größer als die, die durch das Trinken von einem Liter Milch mit 500 Bq entsteht.

Tabelle 5 gibt darüber Auskunft, wieviel Milch getrunken werden darf, bis die Grenzwerte erreicht sind. Beispiel: Die Milch hätte eine spezifische Aktivität von 50 Bq pro Liter, dann dürfte ein Kind 1300 Liter und ein Erwachsener 2.700 Liter davon trinken. Diese Zahlen machen deutlich, daß zumindest durch das aufgenommene radioaktive Jod-131, in den von den Behörden empfohlenen Konzentrationen des Nuklids in der Nahrung keine Gefährdung ausgeht.

Die radioaktiven Substanzen, die durch den Reaktorunfall in der Luft und von da aus in den Boden gelangt sind, belasten den Körper, sofern sie über die Nahrung nicht bereits aufgenommen wurden, auch von außen. Ein Beispiel hierzu gibt die Tabelle 6. Steht der Mensch auf einer Wiese (Sand etc.), die eine Aktivität von 10.000 Bq pro Quadratmeter hat (Jod-131) am Tag 5 Stunden lang und dies 30 Tage hintereinander, so führt dies zu einer zusätzlichen Belastung von 0.2 mrem. Dieser Wert beträgt 0.46 % der in der Tabelle 1 erwähnten natürlichen Belastung durch terrestrische Strahlung beim Aufenthalt im Freien (43 mrem pro Jahr).

Im Zeitraum vom 2.5. - 7.5.1986 wurden am Katharinenhospital von der Abteilung für Medizinische Physik mehrere Messungen zur Kontamination der Luft, des Bodens und von Milch durchgeführt. Abbildung 2 - 5 zeigen die gewonnenen Gammaskpektren. In der Luft wurden u.a. folgende Nuklide beobachtet: Jod-131, Caesium-137, Tellur-132 etc. Der Tab. 7 ist zu entnehmen, wie die Radioaktivität der Luft in Stuttgart mit der Zeit abgenommen hat. Setzt man den Messwert für die Jod-131-Aktivität der Luft am 2. Mai 86 gleich 100 %, so beträgt die Aktivität der Luft am 6. Mai 86 nur noch 4.3 %. Interessant im Zusammenhang mit diesen Luftmessungen ist noch die Abschätzung der Strahlenbelastung der Lunge durch eingeatmetes Jod-131. Dabei geht man von einem Luftverbrauch von 20 Kubikmeter pro Tag und Mensch aus. Ferner wird angenommen, daß das gesamte Jod-131 in der Lunge verbleibt. Die in Tabelle 8 gerechnete Strahlenbelastung ist durch diese Annahme sicherlich größer als die tatsächliche. Betrachtet man für den Zeitraum vom 2.5. - 7.5.1986 die Ganzkörperbelastung



durch das eingeatmete Jod-131, so führt dies laut Tabelle 8 zu einer Dosisbelastung von 0.13 mrem. Die Ganzkörperbelastung für diesen Zeitraum beträgt 3.3 mrem nach Tabelle 1. Die zusätzliche Belastung beträgt also ungefähr 4 % der sowieso vorhandenen Strahlenbelastung.

Unter Einhaltung der von der Strahlenschutzkommission empfohlenen Richtwerte für die Konzentration von Jod-131 in Lebensmitteln und Umwelt, ist für die Bevölkerung keine nennenswerte Erhöhung des "Strahlenrisikos" festzustellen.

Inwieweit dies für andere radioaktive Stoffe, insbesondere andere Gammastrahlen, aber auch Alphastrahlen und Betastrahlen gilt, bedarf noch genauerer Rechnungen. Bei den beiden letztgenannten Strahlenarten kommt erschwerend hinzu, daß diese radioaktiven Stoffe nur mit großem meßtechnischen Aufwand nachgewiesen werden können. Im Gegensatz zu den Gammastrahlern ist daher eine flächendeckende Überwachung nicht mehr möglich, und man muß sich auf repräsentative Stichprobenmessungen beschränken. Für die nuklidspezifische Alphamessung und Betamessung ist das Katharinenhospital der Stadt Stuttgart aber meßtechnisch nicht ausgerüstet.

Die in diesem Text zitierten Tabellen und Abbildungen befinden sich im Anhang.



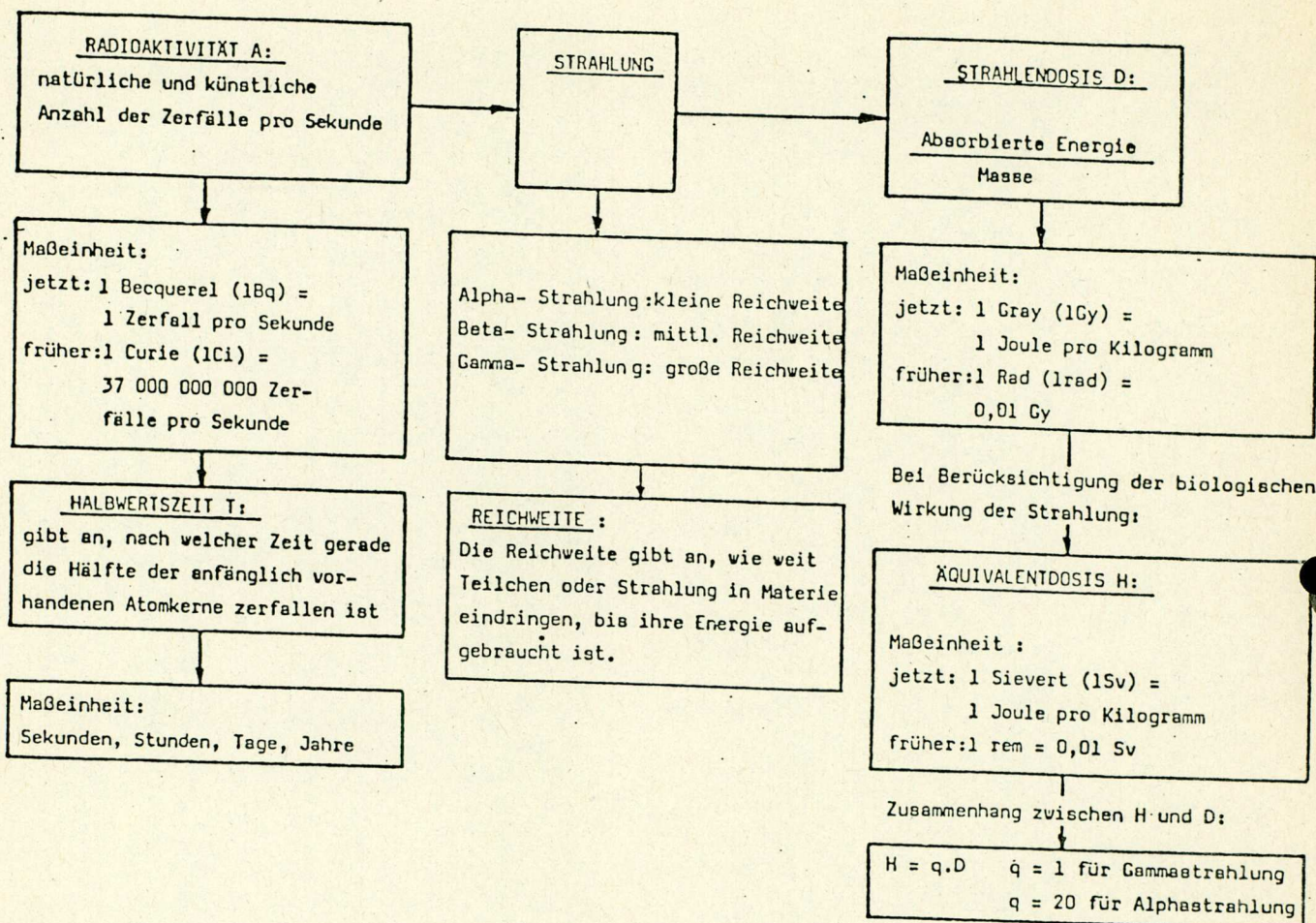


Abbildung 1: Um entscheiden zu können, wie gefährlich ein radioaktiver Stoff ist, ist es notwendig, seine Halbwertszeit zu kennen, ferner Art und Energie der Strahlung die er aussendet, und schließlich an welchen Stellen im Körper dieser Stoff eingelagert wird. Die Radioaktivität eines Stoffes allein sagt also noch nichts über seine biologische Wirkung aus.



Genetisch signifikante Strahlenexposition  
der Bevölkerung der Bundesrepublik  
1978

1. Natürliche Strahlenexposition ca. 110 mrem/a

1.1 durch kosmische Strahlung  
ca. 30 mrem/Jahr

1.2 durch terrestrische Strahlung  
ca. 50 mrem/Jahr

1.3 durch inkorporierte natürliche  
radioaktive Stoffe  
ca. 30 mrem/Jahr

2, Künstliche Strahlenexposition ca. 60 mrem/a

durch Forschung, Technik, Haushalt,  
Medizin, Strahlenunfälle, Kernwaffentests

Gesamtexposition pro Jahr: 170 mrem/a

Tab.1



| Höchstzuglassene Strahlendosen für Einzelpersonen<br>(nach den Empfehlungen der ICRP, Publ. 9, 1965) |  |  |
|--|--|--|
| Organ<br>oder<br>Gewebe  | Höchstzuglassene Dosis<br>für Erwachsene bei<br>Exposition während ihrer<br>beruflichen Tätigkeit in rem/a | Dosis-Grenzwerte<br>(«Dose Limits»)<br>für «Members of the<br>Public» in rem/a |
| Gonaden,<br>Ganzkörper   | 5  | 0,5  |
| Haut, Knochen,<br>Schilddrüse  | 30   | 3 *)   |
| Hände, Unterarme,<br>Füße und Knöchel  | 75   | 7,5  |
| Andere einzelne Organe<br>(«Single organs»)  | 15   | 1,5  |
| *) 1,5 rem/Jahr für die Schilddrüse von Kindern bis zum 16. Lebensjahr.                              |  |  |

Tabelle 2

| INTERNATIONALE DOSISGRENZWERTE<br>FÜR INKORPORATION VON <sup>131</sup> -JOD |                     |                    |
|---|---------------------|--------------------|
|   | Schilddrüse<br>mrem | Ganzkörper<br>mrem |
| ERWACHSENE  | 3000                | 500                |
| KINDER BIS<br>16 JAHRE  | 1500                | 500                |

Tab.3



Dosiswerte nach Aufnahme von  $^{131}\text{Jod}$

| Aktivität<br>Bq | Schilddrüse       |                  | Ganzkörper<br>mrem |
|-----------------|-------------------|------------------|--------------------|
|                 | phys. HWZ<br>mrem | eff. HWZ<br>mrem |                    |
| 50              | 8,3               | 1,1              | 0,04               |
| 100             | 16,6              | 2,2              | 0,08               |
| 500             | 83,0              | 11,0             | 0,4                |
| MBq             | mrem              | mrem             | mrem               |
| 3,7 *1          | 614 200           | 81 400           | 260                |
| 74,0 *2         | 12.284.000        | 1.628.000        | 5.300              |

Tab.4

ZULÄSSIGE MILCHMENGE ZUR  
ERREICHUNG DER INTERNATIONALEN DOSISGRENZWERTE DI

| Spezifische<br>Aktivität d.Milch<br>Bq/l | Kinder<br>(DI = 1500 mrem)<br>Liter Milch | Erwachsene<br>(DI = 3000 mrem)<br>Liter Milch | Ganzkörper<br>(DI = 500 mrem)<br>Liter Milch |
|--|---|---|--|
| 50                                       | 1.300                                     | 2.700   | 139.000                                      |
| 100                                      | 650                                       | 1.350   | 69.000                                       |
| 250                                      | 270                                       | 650   | 34.000                                       |
| 500                                      | 130                                       | 270   | 14.000                                       |

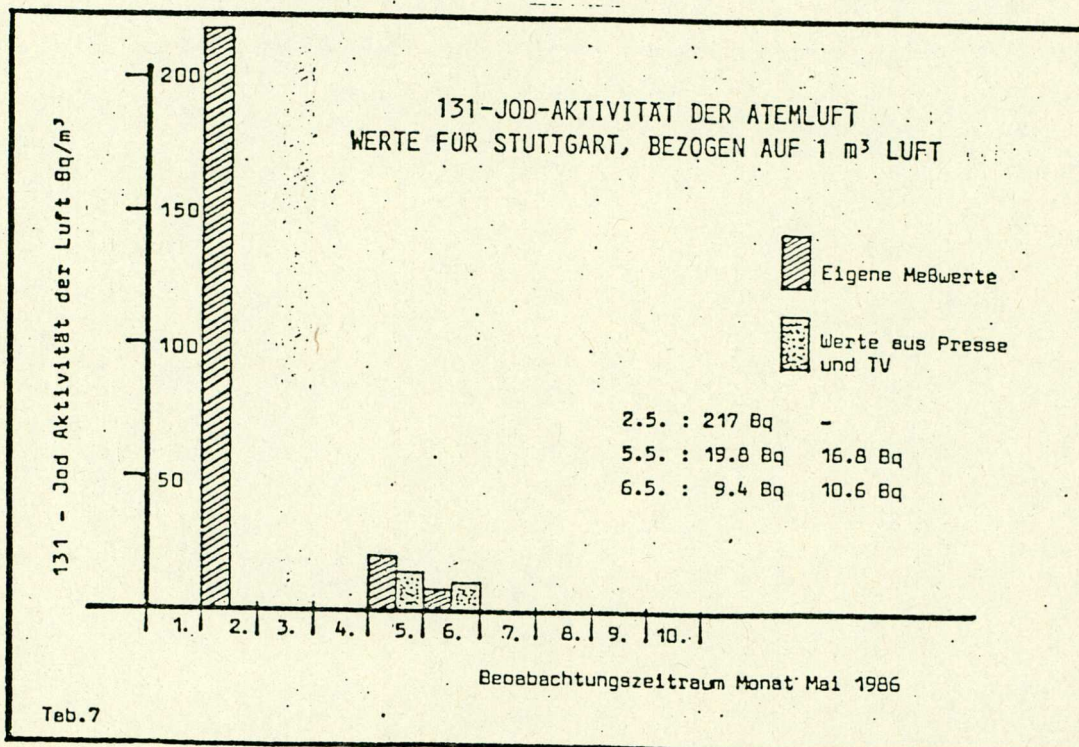
Tab.5



EXTERNE STRAHLENEXPOSITION NACH  
AUFENTHALT AUF KONTAMINIERTEM RASEN  
(  $^{131}\text{I}$ -Jod-Kontamination )

| Flächen-<br>Aktivität<br>Bq/m <sup>2</sup> | Aufenthalts-<br>dauer<br>Stunden | Ganzkörper-<br>dosis<br>mrem | Natürliche Strah-<br>lenbelastung<br>mrem/Jahr |
|--|----------------------------------|------------------------------|--|
| 10.000                                     | 24 x 365                         | 12                           | 43   |
| 10.000                                     | 5 x 30                           | 0,2                          | 43   |

Tab.6





# LUNGENBELASTUNG DURCH RADIOAKTIVE LUFT

Atemvolumen:  $AV=20 \text{ m}^3/\text{Tag}$

Belastung: Lunge = 180 mrem/MBq

Ganzkörper = 14 mrem/MBq

| Tag     | Luftaktivität<br>Bq/m <sup>3</sup> | Lungenaktivit.<br>Bq | Lungenbe-<br>lastung<br>mrem | Ganzkörperbe-<br>lastung<br>mrem |
|---------|------------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 2.5.86  | 217                                | 4.300                | 0.8                          | 0.06                             |
| 3.5.86  | 130                                | 2.600                | 0.5                          | 0.04                             |
| 4.5.86  | 70                                 | 1.400                | 0.3                          | 0.02                             |
| 5.5.86  | 20                                 | 400                  | 0.07                         | 0.06                             |
| 6.5.86  | 10                                 | 200                  | 0.04                         | 0.003                            |
| 7.5.86  | 5                                  | 100                  | 0.02                         | 0.001                            |
| Gesamt: |                                    | 9.000                | 1.6                          | 0.13                             |

Tab. 5