

## Strahlebelastung beim Menschen

Man unterscheidet bei der Strahlenwirkung auf den Menschen zwischen äußerer und innerer Bestrahlung. Die äußere Bestrahlung wird durch Radionuklide, die sich in der Luft befinden hervorgerufen. Diese Strahlen gelangen dann von außen auf den menschlichen Körper und dringen unterschiedlich tief in ihn ein.

Innere Bestrahlung entsteht, wenn Radionuklide mit der Atemluft oder der Nahrung inkorporiert, aufgenommen werden und dann eine bestimmte Zeit im Körper bleiben und von innen strahlen.

Die Intensität der Folgen hängt noch von anderen verschiedenen Faktoren ab. Wo Alpha-Strahlung, wenn sie von außen auf den Körper einwirkt, nur die oberste Zellschicht des menschlichen Körpers erreichen kann, da können Gamma-Strahlen, die ein viel größeres Durchdringungsvermögen haben alle Organe erreichen. Sowohl wenn sie von außen oder von innen auf den Körper einwirken. Bei der Inkorporation von Alpha-Strahlen oder verstrahlten Radionukliden sind die Schäden größer, da sich die Radionuklide in einem Speicherorgan befinden und von dort unmittelbar auf ihre Umgebung einwirken können.

Wenn ionisierende Strahlen auf einen Organismus, z.B. den Menschen treffen finden in der einzelnen Zelle physikalische und unter Umständen in der Folge chemische und biologische Effekte statt. Zuerst kommt es zu einer physikalischen Reaktion, bei der Atome bzw. Moleküle angeregt oder ionisiert werden. Bei der Ionisierung wird ein Elektron aus der Atomhülle herausgeschlagen, bei der Anregung verschoben.

Beides ist jedoch nicht endgültig. Durch die Aufnahme eines freien Elektrons kann dieser Vorgang wieder rückgängig gemacht werden. Dies nennt man Rekombination.

Findet diese Rekombination nicht statt, so ist das Molekül in seinem Aufbau verändert. Wenn ein Strahlungsteilchen oder Strahlungsquant, ein Elektron entfernt oder verschoben hat, welches für die chemische Bindung zuständig ist, so zerbricht die Zelle. Die dadurch entstandenen Bruchstücke reagieren chemisch nun anders als die Ursprungsmoleküle. Die Bruchstücke können sich aber neu verbinden. Diese Verbindungen reagieren jedoch chemisch auch anders als das Ursprungsmolekül. Der Schaden wird noch verstärkt, wenn die Verbindungen toxisch, giftig sind. Z.B. kann das Wasser, aus dem eine Zelle zu 80 % besteht durch ionisierende Strahlen in Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ) umgewandelt werden. Bereits in geringen Mengen ist es ein Zellgift.

Die physikalischen Primäreffekte und daraus folgenden Sekundäreffekte können schließlich zu einem biologischen Bestrahlungseffekt führen: Die Zelle zeigt ein verändertes biologisches Verhalten oder ist funktionsunfähig. Dieser Schaden muss nicht zwingend nach außen erkennbar sein.

Der menschliche Körper – und auch andere Lebewesen- können mit Hilfe des Immunsystems die geschädigte Zelle aus dem Organismus aus entfernen. Der biologische Strahlungseffekt bleibt dann ohne gesundheitliche Konsequenzen für den betreffenden Menschen. Besonders bei Keimzellen sind solche Mechanismen hoch entwickelt.

Wenn dieses Abwehr-bzw. Reperatursystem versagt oder überfordert wird, kommt es zu einen Strahlenschaden. Bei diesen Strahlenschäden unterteilt man in genetische und somatische Schäden. Genetische Schäden sind Schäden die erst bei den Nachkommen und späteren Generationen ihre Wirkung zeigen, Erbschäden. Somatische Schäden sind Körperschäden die nur bei dem bestrahlten Individuum auftreten. Die somatischen Schäden unterteilt man in Früh-und Spätschäden. Die Spätschäden werden noch einmal in maligne ( bösartig wuchernde) und nichtmaligne ( nicht bösartig wuchernde) unterteilt.

Somatische Frühschäden treten erst bei einer Mindestmenge an Strahlung auf. Die Schwelldosis für den Menschen liegt bei einmaliger Ganzkörperbestrahlung zwischen 200 und 300 mSv. Es zeigen sich nur kurzfristige Veränderungen des Blutbildes, Unwohlsein, Erbrechen, Fieber. Vom Schwellenwert ab verstärken sich die Strahlenwirkungen mit zunehmender Dosis. Als tödliche Dosis gilt eine einmalige Ganzkörperbestrahlung von 7000 mSv, wenn keine Therapiemaßnahmen ergriffen werden.

Solche Strahlendosen kommen bei der natürlichen Strahleneinwirkung auf den Menschen im Prinzip nicht vor.

Bis somatische Spätfolgen auftreten können Jahre bzw. Jahrzehnte vergehen. Dabei wurde die Zelle unmittelbar nach der Bestrahlung beschädigt, doch die am Gesamtorganismus beobachteten Krankheitssymptome treten erst viel später auf.

Bei nichtmalignen Spätschäden z.B. Sterilität oder Trübung der Augenlinse kann davon ausgegangen werden, dass eine Schwellendosis vorhanden ist.

Bei den malignen Spätschäden z.B. Krebs oder Leukämie liegt die Schwellendosis sehr tief oder ist überhaupt nicht vorhanden.

### Die Schwellendosis bzw. der Schwellenwert ist ????????

Dadurch ist es grundsätzlich möglich, dass auch eine kleine Strahlen Dosis unter bestimmten Umständen, wenn z.B. die bestrahlte Zelle schon vorgeschädigt ist oder das Immunsystem des Körpers geschwächt ist, Krebs auslösen kann.

So nimmt mit steigender Dosis die Schwere der Erkrankung zu. Aber die nicht nur die Schwere, sondern auch die Wahrscheinlichkeit zu erkranken. Dieser Wert ist aber weder experimentell nachweisbar, noch durch statistische Erhebung zu ermitteln. Der Wert ergibt sich nur durch die rückwärtige Verlängerung der Dosis-Wirkungs-Kurve für hohe Strahlendosen.

Bei genetischen Schäden verändern sich die Chromosomen. Die Chromosomen sind die Träger der Erbanlagen, sie befinden sich im Kern einer jeden Zelle. Verursacht radioaktive Strahlung eine bleibende Veränderung an den Chromosomen einer

somatischen Zelle, spricht man von somatischer Mutation, tritt diese an den Keimzellen auf, liegt eine Keimzellenmutation vor. Die erstgenannte Form der Mutation kann eine Krebszelle erzeugen, die letztgenannte führt zu Schädigung der Erbanlagen.

**Somatische Zellen sind Körperzellen, Keimzellen sind die ????**

Die Erbanlagen liegen in Form kompliziert aufgebauter Molekülstränge vor. Durch die Einwirkung von radioaktiver Strahlung kann es zu Veränderungen oder zum Brechen der Molekülstränge kommen.

Da der Organismus solche Schädigungen aber zu einem mehr oder minder großen Prozentsatz reparieren kann oder die Zelle, das daraus entstandene Gewebe bzw. den Embryo abgestoßen kann, treten die Schädigungen nicht in jedem Fall bei den Nachkommen auf.

Für die Schäden die radioaktive Strahlung anrichten kann ist Tschernobyl das Beste Beispiel. Seit der Explosion am 26. April 1986 sind in der Gegend von Tschernobyl besonders bei Kindern die Fälle von Schilddrüsenkrebs gestiegen. In Belarus, ein höchst verseuchtes Gebiet, ist der Wert um mehr als das 30fache gestiegen.

Die meisten Kinder waren zum Zeitpunkt der Explosion zwischen 0 und 6 Jahre alt. Ein Drittel davon wird im Laufe ihres Lebens an Schilddrüsenkrebs erkranken, das sind allein in der Region Oblast Gomel, auch eines der höchst verseuchten Gebiete 50 000 Menschen, wenn man die Prognose auf Jugendliche und Erwachsene erweitert dann sind allein dort über 100 000 Schilddrüsenkrebsfälle die in der Folgezeit zu erwarten.

Aber auch bei anderen Tumorartigen und auch nicht bösartigen Krankheiten ist ein massiver Anstieg zu verzeichnen. So hat sich z.B. die Anzahl der an Jugenddiabetes im Gebiet Gomel verdreifacht. Dies ist eine Folge der Belastung der Bauchspeicheldrüse durch Radiojod.

Die Häufigkeit der Krebsfälle in Weißrussland hat von 240 auf 346 pro 100 000 Menschen zugenommen. Bei den Männern betreffen die Tumoren am häufigsten Lunge, Magen, Haut und Prostata. Bei den Frauen sind es vor allem Tumore von Brust, Gebärmutter, Magen und Haut.

Die Brustkrebserkrankung ist in den vergangenen 10 Jahren zu der zweithäufigsten bösartigen Erkrankung als Folge des Unfalls angestiegen.

Der Anstieg von Leukämie ist laut Angaben der Kliniken um etwa 50 % gestiegen.

In einem Statusbericht des Ukrainischen Gesundheitsministeriums über die Entwicklung des Gesundheitswesens wurde auf einen deutlichen Rückgang der Geburtenrate, erhöhte Rate des Schwangerschaftsabbruches hingewiesen.

Auch im Osten Europas gibt es nachweisliche gesundheitliche Effekte nach Tschernobyl. So nimmt dort die Todgeburtenrate 1987 im Vergleich zu 1985 deutlich

zu. Für den Zeitraum von 1986 bis 1992 bedeutet das insgesamt zusätzlich 1600 Todgeburten.

In Berlin steigt die Rate der Trisomie 21, auch als Down-Syndrom bzw. Mongolismus bekannt um 800 neugeborene ca. 9 Monate nach dem Reaktorunfall.

Die Schilddrüsenkrebserkrankung sind durch das Radionuklid Jod 131 entstanden welches normalem Jod sehr ähnlich ist und sich sehr schnell in der Schilddrüse einlagert. Mit einer Halbwertszeit von 8 Tagen hatte das Jod genügend Zeit größten Schaden anzurichten. Bei den meisten Menschen wurden die helfenden Jodtabletten zu spät verabreicht, Jod hilft die Schilddrüse zu blockieren und kann so dass Jod 131 nicht aufnehmen. Die Regierung hatte dieses vertuscht, da die Mengen an Tabletten nicht ausreicht hätten.

Die anderen radioaktiven Stoffe verbleiben genauso im menschlichen Körper, schädigen die Knochen, lagern radioaktives Material in die Lunge ein. Das radioaktive Cäsium ist Kalium zum sehr ähnlich und bildet ein Endlager in den Zellen. Strontium 90 ist dem Kalzium zum verwechseln ähnlich und wird daher in das Knochengewebe aufgenommen und führt zum Knochenabbau.

Insgesamt sind bis heute laut Schätzung 80 000 Menschen an den Folgen von Tschernobyl gestorben, es werden täglich mehr und etwa 100 000 Menschen an Schilddrüsen Krebs erkrankt.

Von 800 000 Menschen die als Liquidatoren an den Aufräumarbeiten nach der Katastrophe beteiligt waren sind bis Ende 1999 schätzungsweise mehr als 50 000 an den Strahlenschäden bzw. Suizid gestorben. Bei den Liquidatoren gibt es eine besonders hohe Rate an Selbstmord.

Doch die Folgen von Tschernobyl können in dem kommenden Jahren noch ansteigen. Z.B. durch Naturkatastrophen wie Überschwemmung oder Waldbrand. Da sich Radionuklide aus dem Boden waschen können und in das Grundwasser von Pripjat und Dnjepr aus den denen Millionen von Menschen ihr Trinkwasser beziehen. Eine weitere Gefahr für Wasserversorgung liegt in dem überall im Boden vergrabenen Atommüll. Diese sind fast immer illegal dort angelegt.

Die Wälder sind hochverstrahlt und bei Waldbränden würden radioaktive Stoffe freigesetzt und durch den Wind verbreitet.

Auch rund um deutsche Kernkraftwerke sind bei Kindern und Jugendlichen vermehrt Leukämie und Krebs aufgetreten. Aber nicht nur in Deutschland sondern auch in Frankreich, rund um das Atommüll Aufbereitungslager LaHauge, oder in Sellafield in Großbritannien.