



## Patienteninformation

### Keine Angst vor kleinen Strahlendosen

**Röntgenstrahlen** kommen bei allen Röntgenaufnahmen, Durchleuchtungen, der Mammographie und der modernen Mehrschicht-Spiral-Computertomographie zum Einsatz. Die Nuklearmedizin nutzt zur Diagnostik die Strahlung, die von **radioaktiven Substanzen** ausgeht. Wegen ihrer besonderen physikalischen Eigenschaften nennt man diese Strahlen zusammenfassend auch **ionisierende Strahlen**.

**Röntgenstrahlen und andere ionisierende Strahlen** allgemein sind von jeher vielen Menschen unheimlich: man sieht sie nicht, man hört, schmeckt, riecht oder fühlt sie nicht; keiner unserer Sinne kann uns sagen ob sie da sind oder nicht. Röntgenstrahlen waren und sind daher seit dem Augenblick ihrer Entdeckung und der Möglichkeit zu ihrer kontrollierten, künstlichen Erzeugung durch Wilhelm Conrad Röntgen ein Faszinosum und Kuriosum zugleich, etwas Geheimnisvolles, ja fast sogar Mystisches. Heute wissen wir objektiv über die Wirkung von Röntgenstrahlen weit mehr als über irgendeine der vielen synthetischen chemischen Substanzen, mit denen wir im Alltag zu tun haben oder die in unseren Medikamenten enthalten sind.

Seit ihrer Entstehung vor mehreren Milliarden Jahren ist die Erde stets unterschiedlichen Arten und Mengen (Dosen) ionisierender Strahlung (Teilchen- und Wellenstrahlung) ausgesetzt gewesen. Diese kommt aus dem Weltraum (kosmische Strahlung) aber auch aus den radioaktiven Stoffen unserer Erde, die ihrerseits Strahlung aussenden (terrestrische Strahlung).

*Alles Leben auf unserem Planeten hat sich daher unter dem gestaltenden Einfluß und in Gegenwart dieser Strahlungen entwickelt.*

Von daher besitzen alle Organismen seit Urzeiten natürliche Abwehr- und Anpassungsmechanismen, die sie in einem oft unterschätzten Umfang vor unerwünschten Strahlenwirkungen schützen. Es gibt sogar experimentelle Befunde, daß wiederholte sehr kleine Strahlendosen auch bei höheren Organismen im Gegenteil durchaus günstige (bio-positive) Effekte haben können.

Nur wenige von uns machen sich bewußt, daß jeder Mensch auf der Erde ständig und unmerklich einer **natürlichen ionisierenden Strahlung** ausgesetzt ist, die aus dem Weltraum, dem Erdboden, der Nahrung, aber auch als Folge des Austausches mit der Umwelt aus dem eigenen Körper herrührt. Diese natürliche Strahlenexposition schwankt beispielsweise mit der wechselnden Strahlungsaktivität der Sonne. Sie ist vor allem aber von unseren individuellen Lebensbedingungen abhängig, z.B. der geologischen Beschaffenheit der Region, den im Hausbau verwendeten Materialien, der Höhe über dem Meeresspiegel usw. Sie kann daher allein in Deutschland um den Faktor 10 schwanken, und in anderen Regionen der Erde sogar um den Faktor 20 höher sein als bei uns.



Außerdem setzen wir uns, oft unwissentlich, einer zusätzlichen Strahlenexposition aus, z.B. wenn wir längere Flugreisen unternehmen. So verdoppeln beispielsweise 5 interkontinentale **Flugreisen** über jeweils 2 x 10 Stunden die mittlere jährliche Strahlenexposition gegenüber unserer Exposition aus natürlichen Strahlenquellen bei Aufenthalt auf der Erdoberfläche. Sehr viel höher sind die Belastungen der Astronauten in der Erdumlaufbahn; sie sind kritisch und schwer kalkulierbar bei einer 3-jährigen Mars Expedition. Auch unter der Erde, in Höhlen oder Bergwerken, kann die Strahlenexposition erheblich höher sein als an der Erdoberfläche.

Demgegenüber hat sich durch die Anwendung von ionisierenden Strahlen vor allem in der **medizinischen Diagnostik** (Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin) eine weitere, zivilisatorische Strahlenexposition der Bevölkerung ergeben, die mittlerweile die natürliche Strahlendosis um etwa 70 % erhöht. Die **kerntechnischen Anlagen** haben einen kaum meßbaren Anteil an der mittleren zivilisatorischen Strahlenexposition unserer Bevölkerung.

Die "**klassischen**" **Strahlenschäden** an der Haut bis zum Geschwür und Strahlenkarzinom oder Haarausfall, die in den ersten Jahren der medizinischen Anwendung der Röntgenstrahlen beobachtet wurden, oder die "**Strahlenkrankheit**" als Folge eines Strahlenunfalls oder einer militärischen oder terroristischen Anwendung von Strahlenwaffen treten nur nach hohen Strahlendosen auf. Derartig hohe Strahlendosen kommen **in der Röntgendiagnostik nicht** vor. Ebenfalls sind selbst bei einer unbeabsichtigten Röntgenuntersuchung einer Frau in den ersten drei Monaten der Schwangerschaft üblicherweise **keine Fehlbildungen oder Entwicklungsstörungen** des Kindes zu befürchten. Alle diese Strahlenwirkungen zeichnen sich durch eine "Schwellendosis" aus, unterhalb der keine Effekte auftreten können; sie werden daher auch als „**nicht-stochastische**“ oder „**deterministische Effekte**“ bezeichnet.

Bei **kleinen und sehr kleinen Dosen ionisierender Strahlung**, so in der **Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin**, kommt es eventuell zu Wirkungen auf molekularbiologischer Ebene. Auch kleine und sehr kleine Dosen ionisierender Strahlung beeinflussen die **Erbsubstanz**, das Makromolekül Desoxyribonukleinsäure - DNA -, aus der die Chromosomen aufgebaut sind. Die DNA besteht aus zwei um einander spiralig verschlungenen und regelmäßig querverbundenen, spiegelbildlichen Strängen. Brüche eines einzelnen Stranges (Einfachstrangbrüche) sind meist von der Zelle ohne Folgeschäden zu reparieren: diese Mechanismen besitzen die Zellen seit Urzeiten. Doppelstrangbrüche, die kaum reparabel sind, treten jedoch nach in der medizinischen Diagnostik üblichen Strahlendosen nicht auf. Diese Effekte können nach der molekularbiologischen Theorie bereits durch ein einzelnes Strahlenquant (Primärereignis) ausgelöst werden: **Für die molekularbiologische Strahlenwirkung gibt es keine Schwellendosis.**



Die Erbsubstanz (DNA) der Körperzellen wird vom Organismus ständig benutzt, um **Eiweiße** (Proteine) herzustellen. Diese sind Bausteine des Körpers und als **Enzyme** für die Steuerung von Stoffwechselfvorgängen unentbehrlich. Werden DNA-Schäden nicht oder fehlerhaft repariert, so können die Veränderungen der DNA in den Körperzellen zur Synthese "falscher" Proteine führen. Diese wiederum können den Stoffwechsel der Zelle so verändern, daß Defekte entstehen und z.B. das Wachstums- und Ausbreitungsverhalten der Zelle nicht mehr kontrolliert werden kann und eine bösartige (maligne) Zelle entsteht: **kanzerogener Effekt**. Die gleichen Veränderungen der DNA können aber auch von Viren oder Chemikalien ausgelöst werden oder auch spontan entstehen, ohne daß man die auslösende Ursache nachher noch erkennen kann.

In jedem Menschen entstehen tagtäglich spontan viele Hunderttausend, vielleicht sogar Millionen solcher defekter Zellen. Die Entstehung einer defekten oder veränderten Zelle bedeutet aber noch nicht zwangsläufig, daß der Mensch an einem Tumorleiden erkranken wird. Erst wenn "entartete" Zellen nicht spontan absterben (Apoptose) und wenn sie nicht oder nicht mehr vom **Immunsystem** des Körpers, der nächsten Abwehrebene, als "verändert" oder "gefährlich" erkannt und abgetötet werden, kann sich aus ihnen eine **Tumorkrankheit** entwickeln. Das Immunsystem ist nicht bei jedem Menschen gleichermaßen gut ausgebildet; es kann durch physische und psychische Belastungen geschwächt werden, und verliert mit Alterung des Organismus zudem langsam an Leistungsfähigkeit.

Nach den gleichen Mechanismen können Veränderungen der DNA an den Keimzellen auftreten und so zu Mutationen bei kommenden Generationen führen: **genetischer Effekt**. Eventuelle Schädigungen der Keimzellen werden also erst in den folgenden Generationen sichtbar, können aber auch ganz verborgen bleiben.

Man faßt beide Effekte, den kanzerogenen und den genetischen Effekt, als "**zufällige**" oder "**stochastische Strahlenwirkungen**" zusammen. Nur sie können überhaupt bei kleinen und sehr kleinen Strahlendosen als potentielle Strahlenwirkungen erwartet werden. Für alle stochastischen Strahlenwirkungen gilt aber:

*Je kleiner die Strahlendosis ist, desto unwahrscheinlicher ist der Eintritt einer Wirkung.*

Bei sehr kleinen Dosen sind diese Wirkungen daher statistisch entsprechend sehr selten zu erwarten. Für die stochastische Primärwirkung wird in der molekularbiologischen Theorie zwar keine Schwellendosis angenommen, doch erschöpfen sich die nachgeschalteten Reparatur- und Abwehrmechanismen des höheren Organismus aufgrund ihrer endlichen Kapazität erst bei einem bestimmten Schadensanfall in einem gegebenen Zeitraum und versagen auch erst dann:

*Für den Gesamtorganismus darf daher auch hinsichtlich der stochastischen Strahlenwirkung kleiner und sehr kleiner Strahlendosen von einer "Toleranzdosis" ausgegangen werden.*

Der molekularbiologische "Glaubenssatz", der heute die öffentliche und politische Diskussion um die Wirkung kleiner und kleinster Strahlendosen beherrscht, ja streckenweise lähmt, nämlich daß jedes einzelne Strahlenquant bereits schädlich ist und einen lebensbedrohlichen Schaden verursachen kann, muß daher mit Blick auf die komplexe Struktur des menschlichen Gesamtorganismus dringend relativiert werden.



Für eine zurückhaltendere Bewertung der zweifellos korrekten molekularbiologischen Erkenntnisse spricht auch, daß sehr große Schwankungsbreiten der natürlichen Strahlenexposition vom Menschen ohne nachweisbare Erhöhung der Tumor- oder Mutationsrate toleriert werden. Außerdem hält der Mensch aus seiner Entwicklungsgeschichte sehr viele zusätzliche Informationen in seiner Erbsubstanz gespeichert, die er nie in seinem Leben benötigt ("genetische Reserve"). Es werden nur schätzungsweise 5 % der gesamten Information der Erbsubstanz eines Menschen jemals in seinem Leben aktiviert und benutzt, so daß die überwiegende Mehrzahl der zu erwartenden stochastischen Wirkungen an der DNA für das Individuum derzeit unklar und möglicherweise nur wenig bedeutsam ist.

***Bei Röntgenuntersuchungen ist stets der Nutzen gegenüber dem meist nur theoretisch vorhandenen Risiko der Strahlenexposition abzuwägen.***

Im täglichen Leben werden kleine und sehr kleine Risiken meist implizit gleich Null gesetzt: z.B. das individuelle Risiko, auf der nächsten Autofahrt tödlich zu verunglücken. Diese Strategie ist für das Individuum wie für die Gesellschaft gleichermaßen überlebensnotwendig, da sonst alle Lebensäußerungen und Handlungen aus Angst vor unerwünschten Konsequenzen unterbleiben müßten. Viel zu wenig wird zudem beachtet, welche negativen Konsequenzen das Unterlassen einer Handlung, z.B. einer Röntgenuntersuchung, hat.

Viele Fortschritte in der Medizin, wie z.B. die Tuberkulosebekämpfung vergangener Jahrzehnte, wären ohne die Röntgendiagnostik nicht möglich gewesen. Wenn eine Röntgen- oder nuklearmedizinische Untersuchung richtig indiziert ist - d.h. die jeweilige Untersuchung ist erforderlich, sie ist geeignet die medizinische Fragestellung zu beantworten und kann nicht durch andere Untersuchungen ohne Strahlenexposition (auch unter dem Aspekt der Praktikabilität und Verfügbarkeit) ersetzt werden - so wird der Nutzen der Untersuchung heute jedes Risiko überwiegen. **Gerätetechnische Fortschritte** und eine mittlerweile engmaschige Qualitätskontrolle haben in den vergangenen drei Jahrzehnten die Strahlenexposition bei Röntgenuntersuchungen teilweise auf ein Zehntel verringert. Zugleich wurde die diagnostische Qualität optimiert und so der Nutzen für den Patienten gesteigert, letzteres gilt in besonderem Maße für die Mammographie, die moderne Mehrschicht-Spiral-Computertomographie und die digitale Radiographie.

***Es besteht die begründete Sorge, daß mittlerweile in der Bundesrepublik Deutschland mehr Menschen in Folge einer unterlassenen als in Folge einer durchgeführten Strahlendiagnostik sterben.***

Es darf daher nicht länger sein, daß aus "Strahlenangst" eine Röntgenuntersuchung oder eine nuklearmedizinische Untersuchung nicht zur rechten Zeit angefordert und ausgeführt werden mit der Folge, daß eine Erkrankung zu spät erkannt und eine Heilungschance leichtfertig vertan wird.

**"Nec temere, nec timide"** - weder furchtsam, noch unbesonnen: Das ist der Schlüssel zum verantwortungsbewußten Umgang mit ionisierender Strahlung in Medizin und Technik, dem wir uns als Praxis für Radiologie und Nuklearmedizin verpflichtet fühlen.

*Ihre Radiologen und Nuklearmediziner*