© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

Ber. nat.-med. Verein Innsbruck	Band 86	S. 285 - 290	Innsbruck, Okt. 1999

Strahlenrisiko in der medizinischen Radiodiagnostik - Über die Gefährlichkeit niedriger Dosen ionisierender Strahlung

von

S.M. GIACOMUZZI, P. SPRINGER, R. BALE, Y. RIEMER, P. WALDENBERGER, W. BUCHBERGER & W. JASCHKE *)

Radiation Risk in Diagnostic Radiology - about the „Danger" of Low Dose X-rays

Synopsis: Everybody is exposed to radiation from natural sources. In addition to that exposure society produces artificial sources as they are applied in medicine. The well knows fact that X-rays cause cancer and gene-damages rear up the question about the danger of artificial radiation for man. Many observations indicate that this danger - if it actual exists - can not be proved.

1. Einleitung:

Die Röntgenstrahlung wurde bereits wenige Monate nach ihrer Entdeckung durch W.K. Röntgen im Jahre 1895 diagnostisch und therapeutisch eingesetzt. Praktisch sofort stellte man schädliche Nebenwirkungen wie z.B. Hautrötungen oder Epilation fest (HEUCK 1995). Deshalb hat man sich seither bemüht, die verwendete Dosis bei den einzelnen Untersuchungsarten zu reduzieren und so gering wie möglich zu halten. Berichte in den Medien verunsichern die Bevölkerung allerdings, allein in Deutschland würden angeblich bis zu 20.000 Menschen pro Jahr an den Strahlenfolgen der Röntgendiagnostik sterben.

Röntgenuntersuchungen sind naturgemäß immer mit einem Strahlenrisiko verbunden, welches jedoch zum überwiegenden Teil gering ist. Dieses Strahlenrisiko und sein Verhältnis zum Nutzen der Röntgenstrahlen sollen im Folgenden diskutiert werden.

2. Nutzen und Rechtfertigungsprinzip:

Die verschiedenen zur Anwendung kommenden Verfahren der Röntgendiagnostik lassen sich hierbei grob in konventionelle Aufnahmen, Mammographie, Computertomographie, Durchleuchtung, Angiographie und interventionelle Radiologie unterteilen.

Beispielsweise dienen Mammographien in der Regel zur Früherkennung von Brustkrebs und bilden einen wesentlichen Bestandteil in der Vorsorgemedizin.

Mit Hilfe von Angiographien können Gefäßveränderungen früh erkannt und mit interventionellen radiologischen Methoden korrigiert werden. Das Risiko einer Operation mit Narkose bei Diagnose von Gefäßverengungen ist für den Patienten bis zu 10mal höher im Vergleich zu einer interventionellen Radiologietechnik.

Für die Gewährleistung, daß ausschließlich notwendige und sinnvolle Röntgenuntersuchungen durchgeführt werden, ist es dem fachkundigen Arzt vorbehalten, festzulegen, ob und in welcher Weise radiodiagnos-

*) Anschrift der Verfasser: Dr. S.M. Giacomuzzi, Dr. P. Springer, Dr. R. Bale, Dr. P. Waldenberger, Dr. W. Buchberger und Dr. W. Jaschke, Univ.Klinik für Radiodiagnosik, Dr. Y. Riemer, Univ.Klinik fur Psychiatrie, Anichstraße 35, A-6020 Innsbruck, Österreich.

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

tische Methoden verwendet werden sollen. Maßstab für den Nutzen sind die therapeutischen Konsequenzen. Auch sehr gute, genaue Informationen können für den Arzt nutzlos sein, wenn sich dadurch nicht die Therapiemaßnahmen verbessern lassen. Der diagnostische Gewinn wird unterschiedlich eingestuft: dieser reicht von einer Kontrolle des Heilverlaufs, etwa bei Knochenbrüchen, über die Absicherung einer Verdachtsdiagnose bis hin zu therapieentscheidenden Erkenntnissen und akut lebensrettenden Maßnahmen wie z.B. bei Schädel-Hirn-Verletzungen.

3. Häufigkeit der Röntgenuntersuchungen:

Die prozentuell meisten Röntgenuntersuchungen erfordern international gesehen Gliedmaßen (20 %), Thoraxstudien (18 %) und Zahnaufnahmen (17,5 %). Danach folgen Wirbelsäule (10 %), Schädel (9 %), *Mammographien (4 %) und Computertomographie (3,5 %). In Deutschland hat das Bundesamt für Strahlenschutz* die Anzahl der Röntgenuntersuchungen ermittelt (BFS 1995). Von insgesamt etwa 100 Millionen Untersuchungen pro Jahr werden mehr als die Hälfte (57 %) von niedergelassenen Ärzten durchgeführt. Es folgen Zahnärzte (21,9 %) gefolgt von Krankenhäusern (19 %).

4. Strahlung im Alltag und im Rahmen von Röntgenuntersuchungen:

Der natürlichen Strahlung kann sich, wie eingangs erwähnt, niemand entziehen. Der Mensch hat dafür möglicherweise im Laufe der Phylogenese geeignete Anpassungsmechanismen entwickelt.

Um verschiedene Strahlenexpositionen bewerten und miteinander vergleichen zu können, wurde der Begriff der "effektiven Dosis" eingeführt. Die effektive Dosis ist ein Maß für das Risiko, welches der Mensch durch die Einwirkung ionisierender Strahlung eingeht. Das "Sievert" ist die Einheit der effektiven Dosis. Bei kleinen Dosen wird die Bezeichnung Millisievert (mSv) verwendet (1 mSv = 0,001 Sievert). Die natürliche Strahlung setzt sich aus innerer und äußerer Strahlenexposition zusammen. Die äußere Strahlenexposition beinhaltet Strahlung, die von natürlichen radioaktiven Stoffen im Boden ausgeht (die sogenannte terrestrische Strahlung) sowie die kosmische Strahlung. Die Höhe des Aufenthaltsortes und die Beschaffenheit des geologi*schen Untergrundes wirken sich auf die Größe der natürlichen Strahlenexposition aus.*

Über die Atemluft und die Nahrung nimmt der Mensch natürliche radioaktive Stoffe in den Körper auf; diese bilden die innere Strahlenexposition. Untersuchungen ergaben, daß die durchschnittliche Belastung ca. 4 mSv pro Jahr beträgt. Davon sind im Mittel 2,4 mSv natürlichen Ursprungs. Rund 1,6 mSv entfallen auf zivilisatorische Quellen. Die Wirkung der Strahlen ist unabhängig davon, ob sie einen natürlichen oder künstlichen Ursprung haben. Die jährliche Dosis der natürlichen Strahlung (2,4 mSv) kann daher als Vergleichsreferenz für andere Strahlenexpositionen herangezogen werden.

In Tabelle 1 sind die Mittelwerte der effektiven Dosis bei verschiedenen Untersuchungsarten angegeben. *Steigt die Dosis bei einer Untersuchung, so steigt auch die Wahrscheinlichkeit für eine Krebsentstehung.* Die Dosiswerte für die gleiche Untersuchungsart können von Fall zu Fall starken Schwankungen unterliegen. Ursache dafür sind individuelle Unterschiede der Patienten in Körperbau und Größe. Hinzu kommen medizinische und diagnostische Untersuchungserschwernisse. Dabei sind Erfahrung der Ärzte, die Qualität der Anlagen, regelmäßige Standardüberprüfungen der Röntgengeräte und ständige Weiterbildung des Röntgenpersonals nicht zu vernachlässigende Faktoren. Um die Dosen bei medizinischen Untersuchungen noch geringer zu machen, werden neue Untersuchungstechniken entwickelt.

Verschiedene Gewebe und Organe sind dabei unterschiedlich strahlenempfindlich. Die strahlenempfindlichen Organe werden hierbei als risikorelevante Organe bezeichnet. Besonders wenig anfällig gegen Strahlung ist beispielsweise das Gehirn. Im Gegensatz dazu ist das Rückenmark wieder strahlenempfindlicher.

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 1: Effektive Dosis bei verschiedenen Untersuchungsarten.

Untersuchungsart	effektive Dosis [mSv]
Zahnaufnahme	0,01
Knochendichtemessung	0,02
Gliedmaßen	0,05
Schädel	0,1
Thorax	0,1
Mammographie	0,5
Hüfte	0,5
Wirbelsäule	1
Becken	1
Bauchraum	1
Venen	2
Harntrakt	5
Galle	7
Magen	8
Darm	17
Schlagadern	20
Schädelcomputertomographie	3
Wirbelsäulencomputertomographie	10
Brustkorbcomputertomographie	20
Bauchraumcomputertomographie	27

5. Probleme der Risikoabschätzung:

Insbesondere aus den Atombombenabwürfen auf japanische Städte weiß man, daß ionisierende Strahlung im Bereich hoher Dosen (> 200 mSv) bösartige Erkrankungen wie Krebs, Leukämie oder Schädigungen der Leibesfrucht hervorrufen. Derartige Dosiswerte kommen jedoch in der Röntgendiagnostik üblicherweise nicht vor.

Über die Strahlenwirkung bei geringen Dosiswerten auf die Gesundheit des Menschen liegen keine gesicherten Erkenntnisse vor. Die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) geht von einem linearen Zusammenhang zwischen Dosis und Wirkung ohne Schwellenwert aus. Dies bedeutet im wesentlichen, daß selbst sehr kleine Dosiswerte ein, wenn auch, geringes Risiko darstellen. Bei einer rein rechnerischen Abschätzung von Strahlenrisiken von Röntgenuntersuchungen bleiben immer etliche Faktoren unberücksichtigt:

Die Wahrscheinlichkeit einer malignen Erkrankung ist nicht für alle Personen gleich. Die Unterschiede ergeben sich hierbei durch verschiedene Stärken der Immunabwehr des Körpers und das Alter der Personen. Das Gewebe älterer Personen zeigt weniger Zellteilung und ist daher auch weniger strahlenanfällig. Außerdem ist die Entstehung einer Krebserkrankung mit einer Verzögerungszeit (Latenzzeit) vom strahlenbedingten Zellschaden bis zur klinischen Manifestation verbunden. Die Lebenserwartung älterer Menschen ist kürzer als die jahrzehntelange Entstehungszeit einer strahlenbedingten Erkrankung.

Schon allein aus diesem Grund ist es unmöglich, sämtliche Strahlenexpositionen beim Röntgen mathematisch gleichmäßig über die gesamte Bevölkerung zu verteilen und damit ein mittleres Risiko pro Einwohner zu bestimmen.

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

Am Beispiel der Mammographie wird die Problematik der Risikoabschätzung deutlich. Weltweit erkrankt ca. jede 8. Frau einmal in ihrem Leben an Brustkrebs. Das Risiko, an einem strahlenbedingten Brustkrebs zu erkranken, nimmt bei älteren Frauen deutlich ab, da das Brustgewebe weniger strahlenempfindlich wird. Gleichzeitig nimmt das spontane Brustkrebsrisiko aber mit dem Alter der Frau zu. Eine Risikoabwägung ergibt hierbei eine Empfehlung an die Frau spätestens ab 50, regelmäßig eine Mammographie pro Jahr durchführen zu lassen. Aufgrund der häufigen Brustkrebsrate empfehlen manche Autoren eine Basismammographie schon ab dem 40 Lebensjahr (BARTH 1994).

6. Vergleichende Risikoabschätzungen:

Die ICRP hat Risikofaktoren veröffentlicht, mit deren Hilfe strahlenbedingte Risiken abgeschätzt werden können. Das betrifft einerseits die natürliche Strahlenexposition andererseits Strahlenrisiken bei Röntgenuntersuchungen. Aus diesen Risiken läßt sich rein theoretisch eine bestimmte Anzahl von Todesfällen berechnen, welche auf eine Röntgenuntersuchung zurückführbar wären. Diese Zahl kann dann mit dem Gesamtrisiko, an einem Krebsleiden zu sterben, verglichen werden.

Die Betrachtung aller Todesfälle in den statistischen Todesursachenatlanten ergibt, daß die Wahrscheinlichkeit an einem Krebs zu sterben bei ca. 25 % liegt (mit anderen Worten: bei jedem vierten Todesfall ist ein Krebsleiden die Ursache). Ein strahlenbedingter Krebs, aus der Summe aller im Leben durchgemachten Röntgenuntersuchungen, beträgt hingegen, von der Gesamtzahl aller Todesfälle, rein rechnerisch weniger als ein halbes Prozent, d.h. nur ca. 3 von 1000 Personen. Rechentechnisch kann man nun zum Vergleich das Risiko ermitteln, aufgrund der natürlichen Strahlung an Krebs zu sterben. Man erhält dann eine Wahrscheinlichkeit von 0,9 % d.h. 9 von 1000 Personen wären davon betroffen.

In der Abbildung 1 werden die ermittelten Strahlenrisiken zum Vergleich mit Risiken des alltäglichen Lebens dargestellt. Eine kollektive Risikobetrachtung für das Röntgen darf aus diesen Daten dennoch nicht abgeleitet werden. Das Risiko bleibt auf den einzelnen Patienten beschränkt, der auch den individuellen Nutzen daraus zieht. Die individuellen Risiken eines Rauchers etwa oder Sportlers beruhen auf einer freien Entscheidung. Entscheidet man sich gegen das Rauchen, so wird das Risiko Null. Wird hingegen eine Röntgenuntersuchung nicht durchgeführt, ist, verglichen mit dem Strahlenrisiko beim Röntgen, das Risiko je nach Indikation sehr hoch, aus diesem Sachverhalt heraus eine Krankheit gar nicht oder erst sehr spät zu erkennen. Unter diesem Gesichtspunkt können Nutzen und Risiko beim Röntgen gegeneinander abgewogen werden. Dabei übersteigt der praktische Nutzen aus einer ärztlich notwendigen Röntgenuntersuchung bei weitem das rechnerische strahlenbedingte Risiko.

7. Zukünftige Strahlenschutzgesetzgebung:

Auf der Basis neuer Daten hat die ICRP 1990 eine Neueinschätzung des Strahlenkrebsrisikos vorgenommen. Am 13. Mai 1996 hat der Rat der Europäischen Union die "Richtlinien des Rates zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlung" beschlossen. Diese Richtlinie ist von den Mitgliedsstaaten der EU bis zum 13. März 2000 in nationales Recht umzusetzen. Unter den Neuerungen fällt besonders die Reduzierung der festgelegten Dosisgrenzwerte ins Auge. Der Geltungsbereich der Richtlinie wurde deutlich erweitert. Sie bezieht sich nicht nur auf die Exposition von Patienten, sondern gilt auch für die Exposition von Personen im Rahmen medizinrechtlicher, versicherungstechnischer oder zivilrechtlicher Verfahren (JUNG 1997). Die Anforderungen an die Rechtfertigung einer medizinischen Strahlenexposition wurden deutlich verschärft. So muß jede Anwendung ionisierender Strahlung bei medizinischen Maßnahmen unter der Verantwortung von Ärzten oder

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

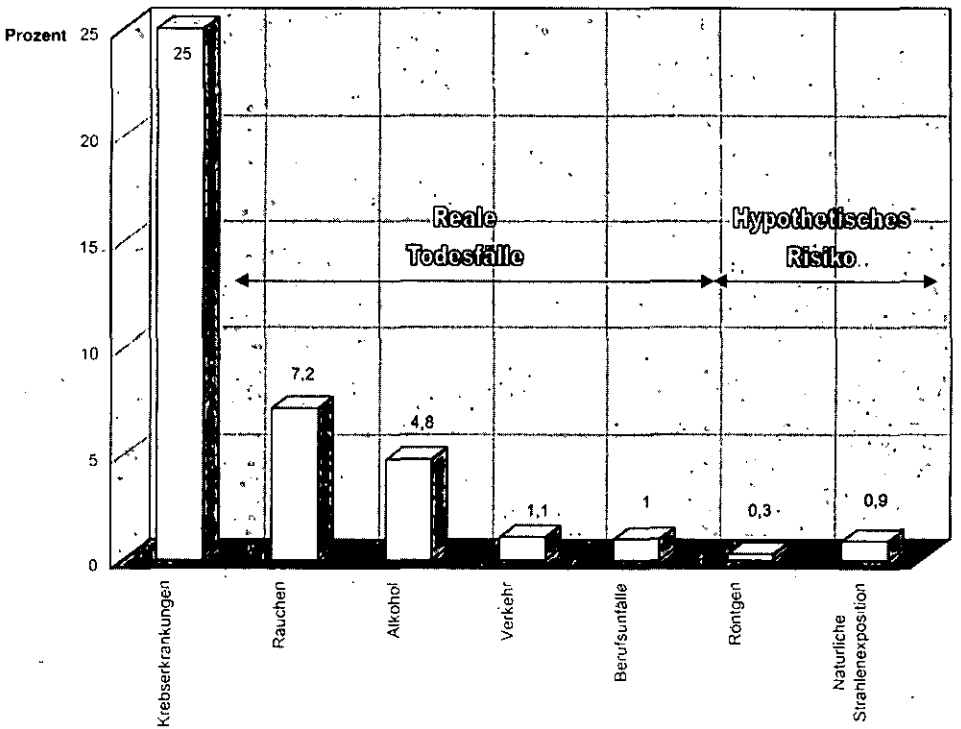

Abb. 1: Risiken als Todesursache im Vergleich bezogen auf 708.818 Todesfälle in Deutschland.

anderen Fachkräften erfolgen, die nach staatlichem Recht befugt sind, diese Verantwortung zu übernehmen.

In den Tabellen 2 und 3 sind Forschungsergebnisse der EU zur Dosis am Patienten aufgeführt. Daneben sind Werte angegeben, bei welchen bei der Auswertung der zur Verfügung gestellten Aufnahmen eine adäquate Bildqualität unter geringstmöglicher Strahlenexposition zu erzielen war (STIEVE 1997). Diese EU-Studie um-

Tab. 2: Referenzwerte der Gewebeoberflächendosis bei Erwachsenen (Standardpatient 70 kg) entsprechend den Leitlinien der EU.

Organ	Referenzwerte [mGy] - EU-Referenz	Optimalwert
Lunge		
Pa	0,3	0,1
Lat. proj.	1,5	0,3
Schädel		
AP/PA	5	1,9
lat.	3	1,2
Becken		
AP	10	2,0
Mamma		
M. Lat. Oblique	10	3,0
CC.	10	2,0

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 3: Referenzwerte der Gewebeoberfläche in der Padiatrie (Standardpatient ca. 5a) entsprechend den Leitlinien der EU.

Organ	Referenzwerte [µGY] - EU-Referenz	Optimalwert
Lunge		
AP	100	20
lat.	200	40
Neugeborenes		
AP	80	–
Schädel		
AP	1500	250
lat.	1000	140
Becken		
AP	900	90
Säugling	200	–
Abdomen		
AP/PA	1000	60

fasste 83 Röntgenabteilungen in 16 Nationen bzw. 115 pädiatrischen Röntgenabteilungen in 17 verschiedenen Nationen.

8. Zusammenfassung:

Wie aufgezeigt werden konnte, ist das Strahlenrisiko beim Röntgen relativ klein im Vergleich zu anderen Risiken. Trotzdem müssen die Methoden zur Strahlenreduzierung bei Röntgenuntersuchungen ständig erweitert und entsprechend den neuen Techniken adaptiert werden. Dies bedeutet, daß alle Maßnahmen der Qualitätssicherung miteinbezogen werden müssen. Diese Maßnahmen sind nun durch den Eintritt Österreichs in die EU bis zum Jahre 2000 zwingend einzuführen. Entsprechende Verordnungen zur Überprüfung der geforderten Qualitätsstandards von Röntgenuntersuchungen werden daher in den nächsten Jahren von legislativer Seite erarbeitet.

9. Literatur:

Röntgendiagnostik (1995): Schädlich oder nützlich?. - BFS - Bundesamt für Strahlenschutz.
STIEVE, F.E. (1997): Kritische Bewertung bisher empfohlener Werte von "Reference levels". - Akt. Radiol. **7:** 339 - 343.
JUNG, H. (1997): Die Grundzüge zukünftiger Strahlenschutzgesetzgebung. - Fortschr. Röngenstr. **167:** 1 - 3.
HEUCK, F., E. MACHERAUCH (1995): Forschung mit Röntgenstrahlung - Bilanz eines Jahrhunderts. - Springer Verlag.
BARTH, V. (1994): Mammographie. - Enke, Stuttgart.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: 86

Autor(en)/Author(s): Giacomuzzi Salvatore M., Bale Reto, Jaschke Werner, Riemer Reto, Waldenberger Peter, Buchberger Wolfgang

Artikel/Article: Strahlenrisiko in der medizinischen Radiodiagnostik - Über die Gefährlichkeit niederer Dosen ionisierender Strahlung. 285-290