

Helmut Abel

## **Strahlenrisiken der Kernenergie**

### **Vorbemerkungen**

Die Furcht vor Strahlenrisiken, insbesondere Krebsrisiken, ist ein wesentlicher Grund für die öffentliche Ablehnung der Kernenergie. In Tageszeitungen wird der Öffentlichkeit vermittelt, dass *jede noch so kleine Strahlendosis das Krebsrisiko erhöht und Anwohner von Kernenergieanlagen schon beim sicheren Normalbetrieb gehäuft an Krebs erkranken*. Die Schriftstellerin Christa Wolf schreibt /1/, bezogen auf die Risiken der Kernenergie, „Mangel an Angst ist lebensgefährlich“ und „als Außenstehende scheint es mir, dass sich einem Naturwissenschaftler, der den Januskopf der Wissenschaft wirklich wahrgenommen hat, schwere Gewissensfragen stellen müssen“. Das lässt die Fragen zu, ob Ängste fördernde Aussagen von Wissenschaftlern verlässliche Kriterien für ‘wirklich wahrgenommen’ sind und Einwände gegen obige Aussagen schon Gewissenlosigkeit signalisieren. Ich möchte mich zur Verhältnismäßigkeit der Ängste (Strahlungsklima, Kernenergie) und zu Hintergründen ihrer Entstehung (politische Aspekte, Dosis-Grenzwerte, Hiroshima/Nagasaki, Tschernobyl) äußern, auch Einwände erheben.

### **Zur Verhältnismäßigkeit**

#### ***Strahlungsklima***

Das natürliche Strahlungsklima, dem alle Menschen ausgesetzt sind, setzt sich zusammen aus *kosmischer* und *terrestrischer* Strahlung sowie aus der *Inhalation* und *Ingestion radioaktiver Substanzen*. Die kosmische Strahlung variiert mit der Höhenlage, die terrestrische Strahlung mit geologischen Gegebenheiten. Nach gegenwärtig geltenden Maßeinheiten liegen die mittleren Expositionswerte ortsabhängig zwischen etwa 2 mSv/Jahr und einigen 10 mSv/Jahr (mSv = Milli-Sievert). Die kosmische und terrestrische Strahlung tragen zusammen mit etwa 36% zur naturbedingten Gesamtexposition bei; die

Ingestionen mit Tritium, Kohlenstoff 14, Kalium 40 und anderen radioaktiven Substanzen zu etwa 17% und die Inhalationen über das radioaktive Edelgas Radon zu etwa 47%. Letzteres bewirkt mithin den größten Anteil der naturbedingten Expositionen, der zudem noch der biologisch wirksamste Anteil ist. Überdies sind seine geologisch bedingten Schwankungen am auffälligsten, Faktoren bis über 100 umfassend. Dies lenkte die Aufmerksamkeit der Epidemiologie auf die Frage, ob sich die ortsabhängigen Schwankungen der Radon-Konzentrationen in den Lungenkrebssterblichkeiten widerspiegeln.

Bei Uran-Bergarbeitern war der Zusammenhang zwischen Lungenkrebs und Radon-Inhalationen bereits vor langer Zeit widerspruchsfrei belegt. Bei den übrigen Anwohnern der Bergbauregionen war jedoch keine erhöhte Lungenkrebshäufigkeit auffällig geworden. Die resultierenden Dosen und Dosisleistungen über und unter Tage unterscheiden sich um viele Zehnerpotenzen und man schlußfolgerte, wie schon Paracelsus, ‚die Dosis macht das Gift‘.

Jährlich und seit vielen Jahrzehnten absolvieren viele tausend Menschen Kuren in Radium-Bädern. Eine vierwöchige Kur führt zu Expositionswerten, die bis zu Jahreswerten aus den naturbedingten Expositionen reichen. Auch bei der anwohnenden Bevölkerung von Radium-Bädern liegt eine drei- bis viermal höhere Strahlenexposition gegenüber der übrigen Bevölkerung vor. Bisher konnten epidemiologische Studien keine widerspruchsfreien Hinweise auf erhöhte Krebserkrankungsraten erbringen, die eine Schließung der Radium-Bäder als zwingend erscheinen ließen.

Erinnert sei in diesem Zusammenhang daran, dass die Pharma-Industrie in den dreißiger Jahren des vergangenen Jahrhunderts eine Kampagne gegen die Strahlenmedizin, einschließlich die Röntgen- und Radium-Medizin (Radium-Heilbäder) durchgeführt hat, in der sie vor den Gefahren ihrer Nutzung warnte. In einer Publikation von Walter Friedrich (1933) mit dem Titel ‚Radioaktivität und Pharmazie‘ /2/ schreibt er, ‚dass die Pharmaindustrie und die Apotheken an der Entwicklung der Strahlenmedizin keinen Anteil hatten. Am ‚Medikament‘ Strahlung verdiente die Pharma-Industrie nicht mit‘. Gesundheitspolitisches Bewußtsein war zumindest nicht das einzige Motiv der Pharma-Industrie.

Auffällig bei epidemiologischen Studien mit sich widersprechenden Hinweisen auf erhöhte Krebsraten ist, dass selektiv zitiert wird und Hinweise mit Beweisen gleichgestellt werden. So heißt es in der Zusammenfassung eines Artikels von Mitarbeitern des Bundesamtes für Strahlenschutz /3/: ‚Epidemiologische Studien haben auch für Personen der allgemeinen Bevölkerung einen Zusammenhang zwischen dem Lungenkrebsrisiko und der

Radonexposition bewiesen“. Der Epidemiologie obliegt jedoch Beweisführung grundsätzlich nicht. Sie kann stets nur mehr oder weniger wahrscheinliche Hinweise liefern, die der Erkundungsforschung Orientierungen ermöglichen. Diese wurde aber in den vergangenen zwei Jahrzehnten in der BRD drastisch in ihren Mitteln beschränkt. Der Streit unter Epidemiologen um wahrscheinlich oder nicht wahrscheinlich läuft seit Jahrzehnten. Das Bundesministerium für Umweltschutz will ihn offensichtlich jetzt auf dem Amtsweg entscheiden. Seit September 2004 liegt ein Gesetzentwurf /4/ zum Schutz vor Radon bei Aufenthalten in Gebäuden vor. Je nach Höhe der Radon-Konzentration schreibt es in 3, 5 oder 10 Jahren Sanierungen von Wohngebäuden vor. Betroffen davon sind etwa 1,5 Millionen Häuser in Deutschland. Die Kosten werden auf Milliardenbeträge geschätzt.

Zu immer wieder erneut beantragten und genehmigten Mitteln für epidemiologische Studien bemerkte Albrecht Kellerer, Direktor eines Instituts für Strahlenforschung in München und langjähriges Mitglied der Internationalen Strahlenschutzkommission /5/: „wo die Epidemiologie zum ideologischen Spiel mit der Gesellschaft wird, werden ihre Regeln zu denen eines Gesellschaftsspiels. Die Würfel werden so lange geworfen, bis sie geeignet fallen“.

Aus dem Erkenntnisbereich der Molekularbiologie sind im Zusammenhang mit dem Würfelspiel der Epidemiologen zwei Einblicke in elementare molekulare Mechanismen von besonderem Interesse. Der eine betrifft das Verhältnis von spontanen zu strahleninduzierten genetischen Störungen im Expositionsbereich der naturbedingten Werte. Der andere betrifft die Mechanismen der malignen Zelltransformation.

Während spontan in den genetischen Strukturen einer betrachteten menschlichen Zelle stündlich etwa 10000 Störungen entstehen, sind es naturbedingt strahleninduziert nur eine Störung in einigen 1000 Stunden /6/. Dass die betrachtete menschliche Zelle ihre genetische Intaktheit bei einer so hohen Rate spontaner Störungen weitgehend erhalten kann, liegt an dem geradezu sophistischen intrazellulären Kontroll- und Reparatursystem der Zelle, das in Minuten etwa 1000 Störungen erkennen und reparieren kann, neben den häufig spontanen auch die extrem selteneren naturbedingt strahleninduzierten Störungen. Nur fehlerhaft reparierte Störungen /7/ (spontane wie strahleninduzierte) können sich in Mutationen realisieren, die dann auch maligne Zelltransformationen bewirken können. Doch dies erfordert Mutationen in mehreren Genen und in bestimmten zeitlichen Abfolgen /8/.

Seitens der Molekularbiologie erscheint es also nicht verwunderlich, dass auf der Grundlage epidemiologischer Studien Krebsrisiken der naturbe-

dingten Strahlenexpositionen nicht erkennbar sind. Außerdem leiten sich aus den molekularbiologischen Erkenntnissen Zweifel daran ab, dass *jede noch so kleine Strahlenexposition das Krebsrisiko erhöht*'.

### **Kernenergie**

Eine Einmischung in den Streit von Epidemiologen ist jedoch hinsichtlich der Bewertung des Strahlenrisikos einer Kernenergieanlage im Normalbetrieb nicht erforderlich. Kernenergieanlagen sind als Strahlungsquellen im Gegensatz zu den naturbedingten Strahlungsquellen abschirmbar. Die direkte Abstrahlung aus dem Reaktorkern kann durch Wahl der Ummantelung auf nahezu beliebig geringe Expositionswerte reduziert werden. Radioaktive Substanzen in Luft- und Wasserkreisläufen lassen sich effektiv herausfiltern. Dadurch, dass die Strahlenmesstechnik die empfindlichste Spurenmesstechnik überhaupt ist, sind strenge gesetzliche Vorgaben erfüllbar, registrierbar und somit kontrollierbar. Im Normalbetrieb einer Kernenergieanlage erfährt die Bevölkerung durch die Anlage eine Exposition von 0,01 mSv/Jahr.

Kann die Epidemiologie Krebsrisiken schon bei Jahresexpositionswerten von einigen mSv bis zu einigen 10 mSv nicht widerspruchsfrei belegen, so kann sie dies für noch weit darunter liegende Jahreswerte natürlich auch nicht. Von einem Strahlenrisiko der Kernenergie *„schon im Normalbetrieb“* kann mithin keine Rede sein.

### **Zu Hintergründen**

#### ***Politische Aspekte***

Die Atombombenabwürfe über Hiroshima und Nagasaki hatten zu weltweitem Erschrecken und weltweiten Forderungen nach *Ächtung* der Atombomben geführt. Diesen Reaktionen stellten die Atommächte ihre Abschreckungsthese entgegen, wonach *ein Atomkrieg alles Leben auf der Erde auslöschen würde und die Existenz von Atombomben mithin friedenssichernd sei*. Robert Oppenheimer formulierte in einem Vortrag 1946/9/: „Ließe sich mit der Atomenergie nichts weiter anfangen als Bomben herzustellen, so wäre noch immer zwischen den Staaten eine Abmachung denkbar, dergleichen zu unterlassen“. Er fügte jedoch diesem Satz hinzu, dass Verzichtserklärungen über den Einsatz neu entwickelter Waffen noch niemals in der Vergangenheit zum Verzicht geführt haben und dies auch nicht in Zukunft bei einer Waffe von so überwältigender Wirksamkeit zu erwarten sei. Oppenheimer bezweifelte also schon kurz nach den ersten Einsätzen der Atombomben die Glaubwürdigkeit der Abschreckungsthese.

Nun ließ sich aber mit der Atomenergie Friedliches herstellen, die Kernenergie. Mit dem Schrecken vor Atombomben musste sich daher auch Furcht vor Kernenergie entwickeln. Einerseits gebührte dieser friedlichen Nutzung der Atomenergie der Vorrang und der Furcht war entgegen zu wirken. Andererseits bot diese öffentliche Furcht Möglichkeiten, von weltweiten Forderungen nach Ächtung der Atombomben abzulenken, zumindest zeitweilig oder immer wieder. Dieses Ablenkungsmanöver gelang so vollkommen, dass über die Jahrzehnte hinweg die öffentliche Ablehnung der Kernenergie immer dominierender wurde und Forderungen nach internationaler Ächtung der Atombomben gleichzeitig immer mehr verblassten.

Hinzuzufügen ist, dass breite öffentliche Ablehnung der Kernenergie auch den Profitinteressen der Erdöl-, Erdgas- und Kohleindustrie dient.

### ***Dosis-Grenzwerte***

Ihre Geschichte beginnt mit dem 2. Internationalen Röntgenkongress 1928 in Stockholm. Auf diesem Kongress musste bereits ein großer Teil des Programms dem Strahlenrisiko und dem Strahlenschutz gewidmet werden; überdies wurde eine Internationale Kommission für Strahlenschutz ins Leben gerufen. Der Grund dafür lag darin, dass in den ersten zwei Jahrzehnten nach der Entdeckung der Röntgenstrahlung (1895) zahlreiche Berichte über strahleninduzierte Erkrankungen bei Ärzten und Röntgentechnikern an Krebs und Leukämie erschienen waren. Die Faszination, mittels Röntgenstrahlen in den Menschen hineinschauen zu können, hatte Bedenken zunächst verdrängt.

Auf dem Stockholmer Kongress wurden Schutzmaßnahmen und eine aus Umfragen abgeleitete so genannte ‚*Toleranzdosis*‘ empfohlen. Mangels einheitlicher physikalischer Messtechnik wurde die Toleranzdosis an den biologischen Effekt Hautrötung gebunden. Der Wahl des Begriffs Toleranzdosis lag die Vorstellung einer Verträglichkeit von Röntgenstrahlung unterhalb eines Schwellenwertes zugrunde. Diese Vorstellung schien deshalb nicht abwegig, weil durch die Entdeckung der natürlichen Radioaktivität und der kosmischen Strahlung belegt war, dass jeder Mensch natürlicherweise und unvermeidlich einer dauernden Exposition ionisierender Strahlung ausgesetzt ist, und dies ohne erkennbar Schaden zu nehmen.

Zweifel an dieser Vorstellung entstanden durch die Ende der zwanziger Jahre gemachte Entdeckung, dass ionisierende Strahlung Genmutationen verursachen kann. Das regte zugleich auch die Frage an, ob die bekannten so genannten spontanen Genmutationen durch die natürliche Strahlung verursacht sein könnten. In strahlengenetischen Studien konnte jedoch eindeutig und widerspruchsfrei geklärt werden, dass für die Häufigkeit der spontanen Genmu-

tationen die natürliche Strahlung mindestens tausendmal zu schwach ist, also zumindest nur von sehr geringer Bedeutung sein kann.

Die dringenden Empfehlungen von Schutzmaßnahmen und ihre Orientierung auf die Toleranzdosis hatten einen durchschlagenden Erfolg. In den dreißiger und vierziger Jahren wurde nur noch sehr vereinzelt über berufsbedingte Strahlenerkrankungen berichtet. Wissenschaftlich eindeutig belegbare Beziehungen zwischen berufsbedingten Strahlenexpositionen und gesundheitlichen Folgeschäden konnten aber nicht gefunden werden. Dieser Mangel an Erkenntnissen veranlasste die Internationale Kommission für Strahlenschutz 1934 dazu, den Begriff ‚Toleranzdosis‘ durch ‚maximal zulässige Dosis‘ zu ersetzen mit einem Wert (in heute geltender Maßeinheit) von 2 mSv/Tag. Zum Vergleich sei erinnert, dass die naturbedingte Strahlenexposition je nach geologischen Gegebenheiten und Höhenlagen Expositionswerte zwischen 2 mSv/Jahr und einigen 10 mSv/Jahr bewirkt.

Im beruflichen Umgang mit Strahlungsquellen erwies es sich als problemlos, die ‚maximal zulässige Dosis‘ immer deutlich zu unterschreiten. Dies führte 1950 dazu, den Begriff ‚maximal zulässige Dosis‘ durch ‚so niedrig wie mögliche Dosis‘ zu ersetzen bei gleichzeitiger Neufestlegung eines kleineren Grenzwertes für berufsbedingt strahlenexponierte Personen auf 6 mSv/Woche anstelle von 2 mSv/Tag. Wiederum zeigte sich, dass die Einhaltung auch dieses Grenzwertes problemlos befolgt werden konnte.

In den folgenden Jahrzehnten wurde der Grenzwert noch mehrmals herabgesetzt, letztmalig 1990 auf (umgerechnet) 0,4 mSv/Woche. Noch immer fehlte es jedoch an belegbaren Beziehungen zwischen Expositionswerten in den Dosis-Grenzwertbereichen und Krebsrisiken. Stets lag deshalb der Grund für Herabsetzungen der Grenzwerte in der Problemlosigkeit ihrer Einhaltung. Mit 0,4 mSv/Woche lag der Grenzwert nun jedoch nahe dem Maximalwert der naturbedingten Strahlenexposition. Dies führte dazu, die Formulierung ‚so niedrig wie mögliche Dosis‘ durch ‚so niedrig wie vernünftigerweise erreichbare Dosis‘ zu ersetzen.

Aus der zunehmend breiteren Anwendung von Strahlungsquellen, in der Medizin, der Forschung und der Industrie, einschließlich der Kernenergieindustrie, folgte die Notwendigkeit der Festlegung eines Grenzwertes für die Strahlenexposition der Gesamtbevölkerung. Er wurde um einen Faktor 10 niedriger als für berufsbedingt mit Strahlung umgehende Personen festgelegt und liegt nun mit 1 mSv/Jahr an der unteren Grenze der naturbedingten Jahres-Expositionswerte.

Dieser Wandel in den Begriffen und die mehrmaligen Herabsetzungen der Dosis-Grenzwerte mussten Gefahrenvorstellungen suggerieren, die, einmal entstanden, schwerlich wieder abzubauen sind. Betont sei nochmals, dass die Wahl der Grenzwerte nicht auf der Grundlage wissenschaftlich zweifelsfreier epidemiologischer Hinweise auf erhöhte Krebsrisiken in Bereichen der jeweils festgelegten Grenzwerte erfolgte. Sie leiteten sich stets ausschließlich ab aus ihrer problemlosen Einhaltung und ihrer immer perfekteren Kontrollierbarkeit durch die Weiterentwicklungen von Messtechniken sowie durch Vervollkommnungen von Schutzmaßnahmen.

### ***Hiroshima/Nagasaki***

Im August 1945 kam es durch die Atombombenabwürfe über Hiroshima und Nagasaki zu dem in der Geschichte der Menschheit bisher einmaligen Ereignis, dass alle Bewohner zweier dicht besiedelter großer Städte (je einige hunderttausend Einwohner) erhöhten Strahlenexpositionen ausgesetzt wurden. Explosionsbedingt erfolgten die Strahlenexpositionen in Sekunden mit anschließenden weiteren Expositionen infolge der radioaktiven Kontaminationen des gesamten Lebensraumes der dortigen Bevölkerung. Durch Feuer, einstürzende Häuser, Druckwellen und extreme Strahlenexpositionen überlebten zigtausend Menschen die Atombombenexplosionen nicht. Das war voraussehbar und gewollt, so unvorstellbar es klingt.

Von den Überlebenden konnten etwa 80000 Menschen in epidemiologischen Studien erfasst werden, deren Krankheitsentwicklungen sowie Sterbeursachen über nunmehr sechs Jahrzehnte registriert werden.

Große Schwierigkeiten bereiteten die retrospektiven Abschätzungen der erlittenen Bestrahlungen, d.h. der effektiven Dosen. Auch der Einfluss psychosomatisch bedingter Reaktionen ließ sich bei der Wahl von Vergleichsgruppen aus der japanischen Bevölkerung außerhalb Hiroshimas und Nagasakis nicht berücksichtigen. Die in beiden Städten entstandene Luftvergiftung durch zerstörte Chemiefabriken erschwerte zusätzlich Vergleiche mit japanischen Bevölkerungsgruppen anderer Städte. Hinzu kam, dass die Vergleichsgruppen einer zeitlich annähernd konstanten naturbedingten Bestrahlung und die Überlebenden in Hiroshima und Nagasaki zusätzlich einer überwiegend sehr kurzzeitig erhöhten Strahlenexposition ausgesetzt waren. Mit größter Sorgfalt wurden die epidemiologischen Daten über Jahrzehnte hinweg analysiert und versucht, eine Beziehung zwischen den erlittenen Strahlenexpositionen und den dadurch bedingten erhöhten Krebssterblichkeiten zu erkennen.

Die Studien ergaben bei Gruppen von Überlebenden mit Expositionen über 100 mSv zweifelsfreie Hinweise auf erhöhte Krebserkrankungsraten, zunehmend mit den Expositionswerten. Bei der größten Gruppe der Überlebenden (über 20.000 Personen umfassend), die Expositionen unter 100 mSv erfahren hatten, ergaben sich keine sicheren Hinweise auf erhöhte Krebserkrankungsraten. Mit den Resultaten epidemiologischer Studien im Bereich naturbedingter Expositionen sowie mit den Erfahrungen aus fast einem Jahrhundert berufsbedingten Umgangs mit Strahlung erscheint dies vereinbar.

Die Streuungen der erhöhten Krebsraten im Expositionsbereich über 100 mSv schlossen eine mathematisch formale und lineare Beziehung nicht aus. Sie wurde mit *5% pro 1000 mSv* formuliert und besagt, dass bei 100 mit 1000 mSv bestrahlten Personen (in Hiroshima/Nagasaki) 5 strahlenbedingt an Krebs gestorben sein könnten. Bedingt durch die benannten Schwierigkeiten ihrer Bestimmung kam ihr nur ein Aussagewert mit hypothetischem Charakter in dem Sinne zu, dass sie mögliche Höchstwerte angibt und keine allgemeingültige Berechnungsgrundlage für strahleninduzierte Krebssterblichkeiten darstellt /10/.

Weltweit sterben heute noch 20% bis 25% aller Menschen an Krebs. Insgesamt wurden bisher bei den in der Hiroshima/Nagasaki-Studie erfassten 80.000 Überlebenden etwa 400 Krebssterbefälle registriert, die über den normal zu erwartenden Werten (16.000 bis 20.000) liegen. Diese Zahl 400 betont einerseits nochmals die Schwierigkeiten ihrer sicheren Bestimmung und widerlegt andererseits die bis in die Gegenwart von Medien verbreiteten Angaben, dass noch immer jährlich Tausende infolge der Atombombenabwürfe in Hiroshima und Nagasaki an Krebs sterben.

Trotz wiederholter warnender Hinweise /11/ wurde und wird die Beziehung *5% pro 1000 mSv* zum verantwortungslos spielerischen Werkzeug für Berechnungen strahleninduzierter Krebssterblichkeiten.

### ***Tschernobyl***

Dramatische Folgen hatte das Spiel mit Vorausberechnungen von Krebserkrankungen bei der Katastrophe von Tschernobyl. Das Ausmaß der Katastrophe potenzierte sich. Zu den akut strahleninduzierten Sterbefällen unter den ersten Einsatzkräften (28), den an hohen Strahlendosen schwer erkrankten weiteren Einsatzkräften (ca. 150), den an Schilddrüsenkrebs erkrankten Kindern (ca. 1.000) und den Evakuierungen mit den damit verbundenen Belastungen kamen weitere schwere und vermeidbare Folgeschäden hinzu. Prognostiziert wurden auf der Basis zweifelhafter ‚Berechnungsgrundlagen‘ insbesondere hohe Krebsraten auch unter den Evakuierten. Bei Hunderttau-



senden wurden Ängste vor Krebserkrankungen provoziert, die zu lang andauernden schweren psychosomatischen Belastungen führen mussten. Suizide, Herzinfarkte, Nervenerkrankungen und Abtreibungen häuften sich.

Die Krebs-Prognosen haben sich nicht bestätigt, wie aus Analysen zum Thema ‚Zehn Jahre nach Tschernobyl – eine Bilanz‘ hervorgeht /12/, doch die Ängste sind geblieben und werden auch heute noch geschürt. Erst jüngst wurde in der Tagespresse (Neues Deutschland) berichtet, dass in Ost und Südost von Belarus alle Kinder krank sind und sich bei jungen Frauen die Zahl von Brustkrebserkrankungen verdoppeln wird. Die vorliegenden Messungen der individuellen Expositionswerte Hunderttausender in den am schwersten betroffenen Gebieten haben für derartige Behauptungen keinerlei Grundlagen geliefert.

Das gesamte Bemühen um Hilfe und Schadensbegrenzungen wurde und wird auf irrationalste Weise behindert. Gezeigt hat die Katastrophe von Tschernobyl, dass Prognostiziererei auf wissenschaftlich widerspruchsvollen Grundlagen die tatsächlich gegebenen Gefährdungen und gesundheitlichen Schäden noch extrem vermehrt hat.

Solange Kernenergieanlagen in Betrieb sein werden, sind Störfälle aus den verschiedensten Gründen nicht total auszuschließen. Das Schüren irrationalen Empfindens bei Strahlenrisiken schließt das Potenzieren von Folgen aus Störfällen ein. Tschernobyl ist ein warnendes Beispiel für Versagen von Gesellschaft und Wissenschaft.

## **Literatur**

- /1/ Christa Wolf, in „Verblendung“, Aufbau-Verlag Berlin/Weimar, 1991.
- /2/ W. Friedrich, W. Noethling, „Radioaktivität und Pharmazie“, Pharmaz. Zeitung, Springer-Verlag 1933.
- /3/ E. Ettenhuber u.a., „Begrenzung der Strahlenexposition durch Radon in Aufenthaltsräumen“, Strahlenschutzpraxis-Heft 1,2005.
- /4/ K. Becker, „Das Radonschutzgesetz“, wie /3/.
- /5/ A. Kellerer, „Stellungnahme zur politischen Auseinandersetzung um Leukämie und Strahlung“, Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Berichte und Publikationen 1995.
- /6/ D. Billen, „Spontaneous DNA-damage and...negligible dose“, Radiat.Research 124, 1990.
- /7/ G. Erzgräber u.a., „DNA-structures and radiation injury“, Proceedings of the COSPAR-Meeting Den-Haag 1990, Pergamon Press.
- /8/ K.R. Trott u.a., „Molecular mechanisms of radiation carcinogenesis...“, Radiat. Environ. Biophys. 39, 2000.

- /9/ J.R. Oppenheimer, „Atomkraft und menschliche Freiheit“, Rowohlt-Taschenbuch-Verlag 1957.
- /10/ NCRP-Report No. 43, Washington D.C. 1975.
- /11/ W. Jacobi, in: ‚Strahlenschutz in Forschung und Praxis‘, G. Fischer-Verlag-1992.
- /12/ Tagungsband „Zehn Jahre nach Tschernobyl- eine Bilanz“, G. Fischer-Verlag-1996.