

# Strahlentelex

## mit ElektromogReport

Unabhängiger Informationsdienst zu Radioaktivität, Strahlung und Gesundheit

ISSN 0931-4288

[www.strahlentelex.de](http://www.strahlentelex.de)

Nr. 368-369 / 16. Jahrgang, 2. Mai 2002

### Mammographie:

Das Bundesamt für Strahlenschutz schätzt: Die kollektive Strahlenbelastung beim Brustkrebscreening mittels Mammographie wäre beträchtlich viel höher als alle bisherigen Strahlenbelastungen von beruflich Strahlenexponierten und der Bevölkerung zusammengekommen. Seite 1

### Kosmische Strahlung:

Die Zelluntersuchungen der Strahlenbiologin Anna Heimers widersprechen der amtlichen Strahlenschutzhypothese, daß eine Wirksamkeitsminderung von locker ionisierender Strahlung im Bereich niedriger Dosen und Dosisleistungen im Vergleich zu hohen Dosen auftrete. Seite 6

### Uranmunition:

Immer noch findet sich abgereichertes Uran aus dem Kosovo-Krieg in der Luft. Unep-Studienleiter Pekka Haavisto ist vor allem über die mögliche Verseuchung des Grundwassers durch verrostende Munitionsteile besorgt. Die Bevölkerung müsse über die Risiken aufgeklärt werden. Seite 7

### Uranbergbau:

Durch die geplante Verbindung des Altlastenkatasters mit der Datenbank zur Sanierung des ehemaligen Uranbergbaubetriebes SDAG Wismut und den Behördendaten zur Umweltradioaktivität werde „ein Kataster über die natürliche Umweltradioaktivität“ entstehen, meint das BfS. Seite 7

### Medizinische Strahlenbelastung

## Auch das Bundesamt für Strahlenschutz lehnt das Mammographie-Screening ab

Fachgespräch beim Bundesamt für Strahlenschutz zur Brustkrebs-Früherkennung am 23. April 2002 in Berlin

Auf Einladung des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) fand am 23. April 2002 im Roten Rathaus in Berlin ein Fachgespräch zum Thema Brustkrebs-Früherkennung statt. Die Diskussion war in drei Abschnitte unterteilt: „Medizinische

Aspekte der Brustkrebs-Früherkennung“, „Nutzen-Risiko-Bewertung des Röntgen-Mammographie-Screenings“ und „Position gesellschaftlicher Gruppen“. Wir dokumentieren an dieser Stelle den Beitrag der Gesellschaft für Strahlenschutz, die

eingeladen wurde, sich mit einem eigenen Beitrag an diesem Fachgespräch zu beteiligen.

Es ist bemerkenswert, daß das BfS nicht nur zu einer kontroversen Debatte über das heikle Thema „Brustkrebs-Screening“ einlädt sondern auch noch nachdrücklich einfordert, daß der Nutzen dieses Screenings das Risiko überwiegen muß. Diese vernünftige Forderung scheint lediglich selbstverständlich, tatsächlich dokumentiert sie Courage – sie stellt nämlich die Position

der Gesundheitsministerin in Frage, derzufolge die gegenwärtig vorliegenden Fakten eine klare Antwort gestatteten und nur noch zu handeln sei. Es ist auch bemerkenswert, daß das BfS, hier in Gestalt von Herrn Dr. Jung, in Form einer Überschlagsrechnung auf die Größenordnung der Kollektivdosis hinwies, die durch das Brustkrebs-Screening verursacht würde. Diese kollektive Strahlenbelastung wäre beträchtlich viel höher als alle bisherigen Strahlenbelastungen von beruflich Strahlenexponierten und der Bevölkerung zusammengekommen.

Die Pläne zur bundesweiten Reihenuntersuchung von Frauen mit Mammographie müssen aufgegeben werden, weil sie nach dem wissenschaftlichen Erkenntnisstand -

im statistischen Mittel - keinen Erfolg versprechen. Die Mammographie ist zwar eine unverzichtbare Methode zur Erkennung von Brustkrebs, aber nur bei einem Verdacht, nicht als Reihenuntersuchung zur Früherkennung. Dieses Erkenntnis muß man spätestens aus der im letzten Jahr erschienenen Auswertung der Ergebnisse von internationalen Screeningprogrammen durch das dänische Cochrane-Zentrum ziehen. Danach ist für Frauen ab 50 Jahren durch diese Untersuchungen keine Erhöhung der Lebenserwartung erreicht worden. Auch eine Reduktion der Brustkrebssterblichkeit läßt sich nicht belegen.

### Die Ergebnisse des Cochrane-Zentrums

Die international renommierte „Cochrane Collaboration“ untersucht und bewertet systematisch die Wirksamkeit medizinischer Maßnahmen. Die im Oktober 2001 erschienene Arbeit der dänischen Autoren Olsen und Gøtzsche wurde als sogenanntes Cochrane-Review vorgelegt, das heißt sie erfolgte unter Aufsicht eines kompetenten wissenschaftlichen Beirates.

Die Autoren analysierten die bislang weltweit durchgeführten Screeningprogramme und machen geltend, daß

1. nur Programme mit einer nach dem Zufallsprinzip ausgewählten gleichaltrigen Kontrollgruppe auf seriöse Weise beurteilbar sind (randomisiert).
2. als Erfolgskriterium nicht allein die Brustkrebssterblichkeit betrachtet werden darf sondern auch die Gesamtsterblichkeit der gescreenten Frauen, um zu erkennen, ob tatsächlich insgesamt eine Verlängerung der Lebenserwartung erreicht worden ist. (Die Feststellung von Todesursachen in den beteiligten Frauengruppen, die vielfach durch außenstehende Ärzte erfolgt, kann bekanntermaßen Fehler enthalten. Hingegen ist die Gesamtsterblichkeit ein verlässliches Kriterium für den Erfolg einer Früherkennungsmaßnahme, weil die Feststellung des Todes nicht zweifelhaft sein kann.)

Aufgrund der ersten Bedingung waren sieben Screeningprogramme auswertbar, die Ergebnisse sind in Abbildung 1 dargestellt. Die Jahreszahlen zeigen den Beginn der jeweiligen Programme, die Altersgruppen ab 39 Jahre bis 64 Jahre bei Eintritt in das Screening enthalten. Das Programm „Kanada b“ bezieht sich auf Frauen mit Eintrittsalter 50-59 Jahre.

Die Programme „Malmö“ und „Kanada“ werden von den

Autoren als diejenigen mit der besten methodischen Qualität bezüglich der Vergleichbarkeit von Studien- und Kontrollgruppe angesehen.

Insgesamt ergibt sich in der Gruppe der gescreenten Frauen keine Lebensverlängerung. Auch eine Senkung der Brustkrebssterblichkeit läßt sich anhand der Daten nicht belegen.

Die Cochrane-Forscher waren keineswegs die ersten, die zu einer negativen Beurteilung des Screenings gelangten. Überraschenderweise lieferten sie aber noch einen zweiten bedenklichen Befund: im Gegensatz zu der Erwartung, daß nach Mammographiescreening mehr brusterhaltend und schonend therapiert werden kann, stellte sich heraus, daß in den gescreenten Gruppen mehr Brustamputationen und radikalere Therapiemaßnahmen vorgenommen wurden als in den Kontrollgruppen (siehe Abbildung 1, letzte Spalte). Damit hat sich ergeben, daß das Screening im Mittel mehr Schaden angerichtet hat als Nutzen.

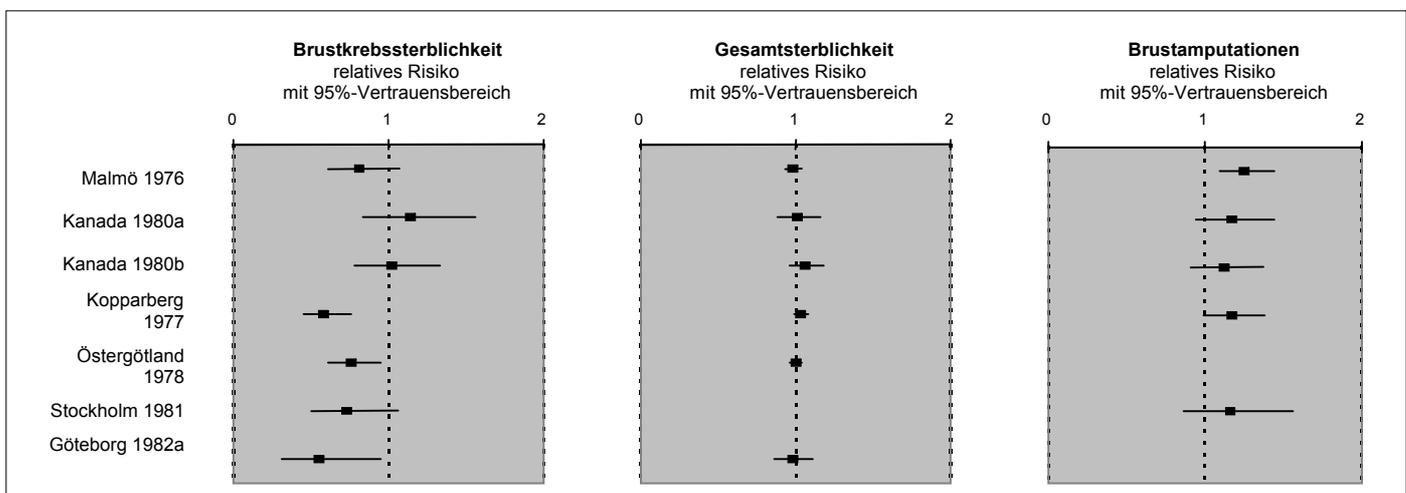
Das Erscheinen des Cochrane-Reviews hat zum Teil heftigen Protest hervorgerufen, selten wurde jedoch auf die Argumente wirklich eingegangen. So beharren zum Beispiel schwedische Autoren auf dem Erfolg der schwedischen Screeningprogramme, den sie

wiederum an der Senkung der Brustkrebssterblichkeit festmachen, finden dann aber ein relatives Risiko für die Gesamtsterblichkeit über die gesamten Untersuchungen von 0,98 (Vertrauensbereich 0,96-1,00), also auch hier keine signifikante Verlängerung der Lebenserwartung (Nystrom 2002).

### Fallende Brustkrebssterblichkeit in Ländern mit und ohne Mammographiescreening

Die behaupteten Erfolge des Screenings werden gern damit begründet, daß sich in den entsprechenden Ländern seit einigen Jahren ein Abfall der Brustkrebssterblichkeit zeigt. In der Tat sinken in den meisten der westlichen europäischen Länder und in den USA, in denen Brustkrebs seit den 60er Jahren stark zugenommen hatte, ab etwa 1990 die Todesraten wieder ab (siehe Abbildung 2). Dieses Phänomen scheint jedoch unabhängig vom Erfassungsgrad durch Screening zu sein, denn es gibt zum Beispiel keine flächendeckenden Programme in Großbritannien. Vieles spricht hingegen dafür, daß Erfolge in der Therapie, insbesondere durch die Anwendung von Tamoxifen, bemerkbar werden.

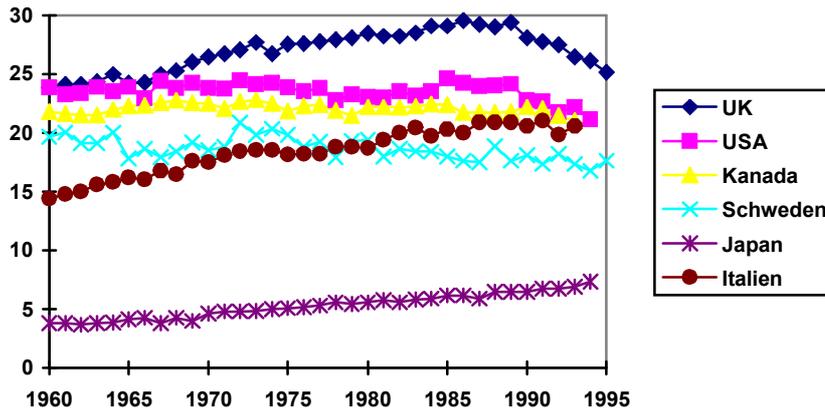
Becker vom Deutschen Krebsforschungszentrum schreibt:



**Abbildung 1: Ergebnisse der Cochrane-Auswertung**

Screening mit Mammographie im Vergleich mit Kollektiv ohne Screening; 13 Jahre Untersuchungsdauer

Das relative Risiko gibt das Verhältnis der Sterblichkeit bzw. Amputationsrate in der gescreenten Gruppe zu der in der Kontrollgruppe an. Bei Werten des relativen Risikos kleiner als 1 ist die Mammographie vorteilhaft, bei Werten oberhalb von 1 nachteilig.



**Abbildung 2: Verlauf der Brustkrebssterblichkeit in verschiedenen Ländern** (in Todesfällen pro 100.000 Frauen (alterstandardisiert); aus Mettlin (1999))

„In Schweden setzte die Abnahme der Sterblichkeit vor dem Beginn des systematischen Screenings ein, in Großbritannien, den USA, Kanada und Finnland zeitgleich, so daß ein ursächlicher Zusammenhang ausgeschlossen ist“ (2001).

Auch in den alten und neuen Ländern der Bundesrepublik Deutschland zeichnet sich seit 1990 ein Rückgang der Brustkrebssterblichkeit ab (siehe Abbildung 3). Dieses auf die Wirkung des in Deutschland mannigfaltig ausgeübten „grauen“ Screenings zurückzuführen, erscheint ebenfalls nicht angebracht, da die Brustkrebssterblichkeit auch bei jüngeren Frauen, die nicht zum Mammographieren auf-

gefordert werden, zurückgeht (Becker 01).

**Vernachlässigte Aspekte bei der Bewertung des Strahlenrisikos der Mammographie**

Unsere Erklärung für die Mißerfolge des Massenscreenings ist, daß dabei die Auslösung neuer Krebserkrankungen durch das häufige Röntgen eine Rolle spielt. Die Brustdrüse ist das strahlenempfindlichste Organ der Frau, noch empfindlicher als das Knochenmark, in dem Leukämie ausgelöst wird. Gerade bei der Brust ist ein Zusammenhang mit diagnostischen Röntgenstrahlen mehrfach nachgewiesen worden. Übliche Strahlenrisikoangaben beziehen sich unter anderem auf

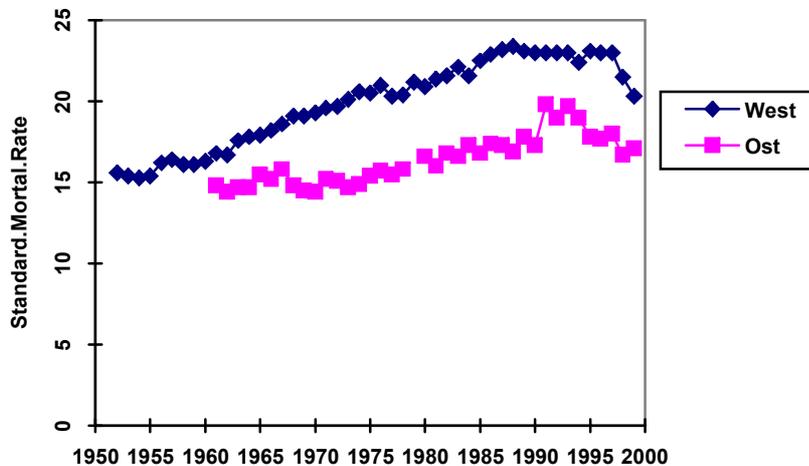
große Kollektive von Tuberkulosepatientinnen, die wegen einer Therapie mit künstlichem Pneumothorax häufig durchleuchtet wurden und danach vermehrt Brustkrebs aufwiesen. In neueren Untersuchungen zeigte sich bei Frauen, die im Kindesalter wegen Skoliose am Oberkörper geröntgt worden waren eine Verdopplung der Brustkrebsrate (Hoffmann 1988). Nach vielfachem Oberkörperrentgen aus verschiedenen Gründen war die Brustkrebsinzidenz ebenfalls verdoppelt (Nienhaus 2002).

Die Mammographie ist auch bei bester Technik mit einer nicht unerheblichen Strahlenbelastung verbunden. Die Strahlendosis (als Energiedosis

in Milligray (mGy)) ist etwa um den Faktor 6 höher als die Brustdosis bei einer Lungenaufnahme a.p.. Wegen des sehr geringen Kontrastes des Brustgewebes verwendet man eine viel niedrigere Generatorspannung als üblich (25-35 kV). Dadurch haben die Röntgenstrahlen sehr niedrige Energien. Die Dosis ist physikalisch die absorbierte Strahlungsenergie pro Gewebemasse. Man nimmt der Einfachheit halber an, daß die Wirkungen aller Röntgen- und Gammastrahlen sich über diese Größe vergleichen lassen. Strahlenbiologisch ist aber schon lange klar, daß es darauf ankommt, wie sich die Energie innerhalb der Körperzellen verteilt und insbesondere die Erbsubstanz schädigt.

Die relative biologische Wirksamkeit (RBE) bei gleicher physikalischer Dosis ist daher von der Energie der Strahlung abhängig. Bei sehr niedrigerenergetischem Röntgen wie bei der Mammographie ist sie deutlich höher als bei normaler Röntgenstrahlung. Experimente dazu wurden in neuerer Zeit von der Arbeitsgruppe Frankenberg durchgeführt (2002). Zellsysteme wurden bei verschiedenen Strahlungsenergien exponiert und die Transformationen zu Krebszellen beobachtet. Mammographiestrahlen erwiesen sich dabei **8 mal** wirksamer als die Referenzstrahlung der Hiroshimabombe und **4 mal** so wirksam wie normale Röntgenstrahlen.

Das Strahlenrisiko beim Mammographieren wird im allgemeinen für vernachlässigbar gehalten, weil es bei älteren Frauen abnimmt. Es steht jedoch in diesem Fall einer niedrigen Krebsaufdeckungsquote gegenüber. Hinzu kommt, daß viele ältere Frauen künstliche Hormone einnehmen, wodurch eine Verjüngung des Zellstoffwechsels und damit höhere Strahlenempfindlichkeit anzunehmen ist.



**Abbildung 3: Zeitliche Entwicklung der Brustkrebssterblichkeit in Deutschland (Becker 01)** Alterstandardisierte Rate in Todesfällen pro 100.000 Frauen

Wir haben eine Abschätzung der Strahlenfolgen für das Mammographiescreening vorgenommen, bei der wir ein Modell für die altersabhängige Strahlenempfindlichkeit für Brustkrebs verwenden, das das BEIR-Komitee (Biological Effects of Ionizing Radiation) der U.S. amerikanischen Akademie der Wissenschaften angegeben hat (1990).

Tabelle 1 enthält die Abschätzung, in der die neu erzeugten Karzinome mit dem erwarteten Nutzen eines Mammographiescreenings verglichen werden, der hier mit einer nach dem heutigen Erkenntnisstand sehr optimistischen Mortalitätssenkung von 20 Prozent angesetzt wird. Dabei verwenden wir als Schadensmaß die gesamten Neuinduktionen (Inzidenz) und nicht nur die tödlich verlaufenden Fälle, weil die Neuinduktion von Krebs ein gravierendes Schadensereignis darstellt. Die Tabelle enthält außerdem neuere Angaben anderer Autoren.

Die in der Tabelle angenommene Mammographiedosis von 2 mGy pro Aufnahme gilt bei Durchsetzung von Qualitätsstandards als einhaltbar, wengleich sie in der Vergangenheit nicht allgemein erreicht wurde. Als Wirksamkeitsfaktor gegenüber den vom BEIR-Komitee berücksichtigten Referenzstrahlen

**Tabelle 1: Nutzen-Risiko-Abschätzungen bezüglich der Strahlenfolgen für Mammographiescreening**

2 Aufnahmen alle zwei Jahre ab Alter 50 Jahre  
Mortalitätsreduzierung in Prozent als angenommener Nutzen

Autor	angenom. Nutzen	Dosis pro Unters.	RBE	Screening bis Alter	Verhältnis neuinduziert/gerettet Mortalität Inzidenz
eigene Abschätzung	20 %	4 mGy	4	69	a) 18 : 100 b) 36 : 100
Jung 2002	20 %	4 mGy	2	60	4 : 100
SSK*	10-30 %			69	0,3:100 - 1:100

\*) Strahlenschutzkommission 2002

a) ohne Berücksichtigung Östrogensersatztherapie

b) mit Berücksichtigung einer Östrogensersatztherapie

setzen wir nach Frankenberg und Mitarbeitern eine RBE=4 ein.

Es wird zusätzlich berücksichtigt (b), daß unter den Frauen ab 45 derzeit bei uns etwa jede zweite Östrogenpräparate einnimmt und dadurch das Strahlenrisiko erhöht ist. Über diesen Effekt liegen allerdings keine quantitativen Erkenntnisse vor. Um es abzuschätzen, gehen wir davon aus, daß eine künstliche Verjüngung für den Zellstoffwechsel eintritt. Nach dem BEIR-Report von 1990 ist die Strahlenempfindlichkeit für Brustkrebs (Mortalität) bei 45jährigen dreimal so hoch wie für 55jährige. Entsprechend haben wir in Tabelle 1 einen Faktor 3 verwendet.

Rechnerisch ergibt sich unter diesen Annahmen ein Vorteil durch das Screening. Der Anteil der neu erzeugten Karzi-

nome ist allerdings erheblich. In der Zielgruppe ab Lebensalter 50 (ohne Östrogen) werden auf 100 früh erkannte Karzinome 18 neue induziert beziehungsweise 3 bis 8 nach den Angaben der Strahlenschutzkommission. Im Gegensatz zu den anderen Autoren halten wir daher diese Früherkennungsmethode für nicht vertretbar.

Eine Früherkennungsmethode, die man als Reihenuntersuchung einsetzen will, muß nebenwirkungsfrei sein oder zumindestens so gut wie nebenwirkungsfrei. Denn es ist ethisch nicht vertretbar, bei Frauen, die ohne die Maßnahme gar keinen Brustkrebs bekommen würden, einen malignen Prozeß zu induzieren, um bei anderen Frauen, die bereits erkrankt sind, (vielleicht) eine Lebensverlängerung zu erreichen. Zur

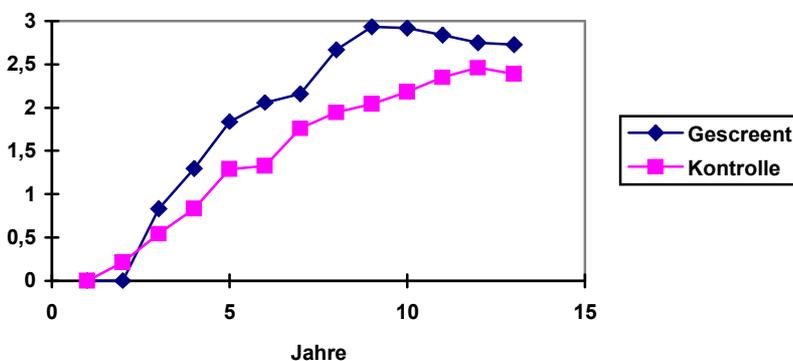
Zeit kann man ohnehin nicht von einer Lebensverlängerung ausgehen.

Aus den Ergebnissen der Tabelle 1 wird auch klar, daß aufgrund der etwa 10-fach höheren Dosis in der vergangenen Epoche vor 1980 das Mammographieren sicherlich nennenswert zur Brustkrebs-erhöhung beigetragen hat, und die damaligen Screeningprogramme könnten langfristig mehr Krebstode erzeugt als verhindert haben. Für die Erfassung dieses Effektes sind die Beobachtungszeiten von 13 Jahren für die sieben im Cochrane-Review ausgewählten Screeningprogramme nicht ausreichend (Abbildung 1).

Ein bislang überhaupt nicht beachteter Aspekt ist die besonders hohe Strahlenempfindlichkeit bei Frauen mit genetischer Disposition für Brustkrebs.

### Strahlenvermeidung bei genetischer Disposition

Man geht davon aus, daß 5 bis 10 Prozent der Frauen mit Brustkrebs durch Mutation der Gene BRCA 1 und BRCA 2 genetisch dafür prädisponiert sind. Frauen mit einer Häufung von Brustkrebs-erkrankungen in der Familie gelten daher als Risikogruppe und ihnen wird besonders zu Früherkennungsmaßnahmen geraten. Kiechle und Schmutzler empfehlen eine jährliche Mammographie ab dem 30. Lebensjahr (2001).



**Abbildung 4: Brustkrebstodesfälle im kanadischen Screeningprogramm, aus (Miller 1997)**

pro 100.000 Frauenjahre/mammografierte Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe (Altersgruppe 40-49 J.), Verlauf über 13 Untersuchungsjahre

Im kanadischen nationalen Screeningprogramm sind in der mammographierten Gruppe (Eintrittsalter 40 bis 49 Jahre) nicht weniger sondern mehr Brustkrebstodesfälle aufgetreten, und zwar von Anfang an in ganz systematischer Weise (Abbildung 4). Ein normaler Strahleneffekt kann das nicht sein, weil im allgemeinen mehr als 10 Jahre vergehen, bis der durch Bestrahlung bedingte Krebs auftritt (Latenzzeit). Den Otter und Mitarbeiter (1993, 1996) halten dies für eine Strahlenfolge bei den Trägerinnen der mutierten Krebsgene, weil unter solchen Umständen eine sehr viel höhere Strahlenempfindlichkeit angenommen werden muß (Chakraborty 1995, Frankenberg 2001, Kuni 2001).

Äußern wird sich der Effekt in einer bestrahlten Population durch das Auftreten einer besonders empfindlichen Untergruppe. Tatsächlich haben Land et al. (1993, 1995) eine solche Untergruppe in dem Hiroshima/Nagasaki-Kollektiv ausgemacht, bei der die Krebserkrankungen besonders früh nach Bestrahlung auftreten und dabei ein fünffach stärkerer Effekt pro Dosiseneinheit als in dem Rest des Kollektivs beobachtet wird.

Aus den Angaben der genannten Autoren kann man ableiten, daß Frauen mit einem mutierten Krebsgen so gut wie hundertprozentig ein Karzinom ausbilden, wenn sie an einem Mammographiescreening teilnehmen. Man kann einwenden, daß das nicht besonders schlimm ist, weil ihr Risiko sowieso sehr hoch liegt - etwa bei 75 Prozent (Fentiman 2001). Jedoch hat die Bestrahlung zur Folge, daß der Tumor eben sehr viel früher auftritt als ohne zusätzliche Stimulierung, das heißt die genetisch prädisponierten Frauen erkranken dann im allgemeinen in einem jüngeren Alter, als es ohne Früherkennungsmaßnahme der Fall wäre. Damit verbietet sich bei

ihnen die Mammographie als Reihenuntersuchung!

### Empfehlungen der Gesellschaft für Strahlenschutz

Brustkrebs betrifft im Gegensatz zu anderen Krebserkrankungen besonders städtische, privilegierte und medizinisch gut versorgte Bevölkerungsschichten und ist in den USA und den hochentwickelten westlichen Industrienationen am häufigsten. In den ehemaligen Ostblockländern und den neuen Ländern der Bundesrepublik Deutschland liegt die Brustkrebssterblichkeit deutlich niedriger (vergleiche Abbildung 3). Die Unterschiede bei den europäischstämmigen Frauen betragen bis zu einem Faktor 2. Er wird durch unterschiedlichen „Lifestyle“ erklärt, ohne daß die Wissenschaft dezidiert benennen kann, welche Faktoren genau den Brustkrebsfördern den Einfluß haben.

Könnte man diese Faktoren vermeiden, wäre der Effekt in jedem Fall größer als die erhoffte Senkung der Sterblichkeit durch Screening. Aufwand und Mühe sollten daher nicht in wenig erfolgversprechende Mammographieprogramme gesteckt werden, sondern zum einen in echte Präventionsmaßnahmen. Zu denen gehört die weitgehende Vermeidung von Röntgenaufnahmen im Brustbereich besonders bei Mädchen und jungen Frauen und eine strenge Indikationsstellung für die Hormonersatztherapie in den Wechseljahren.

Auch ohne Röntgen stehen Früherkennungsmethoden zur Verfügung, die eingesetzt werden sollten. Im kanadischen Screeningprogramm setzt man nach dem Mißerfolg mit Mammographien zur Früherkennung auf die professionell angeleitete Selbstuntersuchung (Baines 2000). Geeignete bildgebende Verfahren liefern Ultraschall und Kernspintomographie.

Des weiteren sollte anstelle eines Mammographiescreening-Programms das Geld in den Aufbau von Brustzentren investiert werden. Dort könnte Frauen eine jährliche Tastuntersuchung mit Anleitung zur Selbstuntersuchung durch erfahrenes Personal in Anlehnung an das kanadische Konzept angeboten werden. Im Falle eines auffälligen Tastbefundes sollte die ganze Palette moderner Diagnostik auf höchstem Qualitätsniveau zur Verfügung stehen und es kann die im Einzelfall beste diagnostische Methode ausgewählt werden. Frauen mit einer familiären Disposition könnten diese Zentren schon ab einem Alter von 20 oder 25 Jahren aufsuchen und erhalten das Angebot, sich dort regelmäßig zum Beispiel 2-4 mal pro Jahr untersuchen zu lassen.

Wenn man unbedingt auf dem systematischen Mammographiescreening bestehen will, dann müssen wenigstens Frauen mit familiärer Disposition per vorgeschaltetem Fragebogen identifiziert werden, damit bei ihnen andere Früherkennungsmethoden als die Mammographie eingesetzt werden.

Dr. med. **Helga Dieckmann**  
MPH, Lüneburg  
Prof. Dr. **Inge Schmitz-Feuerhake**, Bremen

Lesen Sie auch die Broschüre der Gesellschaft für Strahlenschutz (GSS):

Brustkrebsfrüherkennung Ja, Reihenuntersuchung mit Mammographie Nein! - Abschied vom Wunschdenken, Nachdenken über neue Strategien. Bericht des Otto Hug Strahleninstituts Nr. 23, 40 S., Euro 5,-, GSS, c/o Th. Dersee, Waldstr. 49, 15566 Schöneiche b. Berlin, Fax 030/64329167 oder unter <http://www.strahlentelex.de/Buecher.htm>, oder auch Geschäftsstelle der Gesellschaft für Strahlenschutz, I. Schmitz-Feuerhake, Parkallee 87, 28209 Bremen, Tel./Fax 0421/3468285, e-mail: [isf@physik.uni-bremen.de](mailto:isf@physik.uni-bremen.de)

### Literaturverzeichnis

Baines, C.J.: Efficacy of and opinions about breast self-examination. In Singletary, S.E., Robb, G.L. (Eds.), *Advanced Therapy of Breast Disease*. B.C. Decker Inc. 2000, S. 9-14

Becker, N.: Entwicklung der Inzidenz und Mortalität an Brustkrebs. *Radiologe* 41 (2001) 337-343

BEIR: Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations, *Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation*. Nat. Academy Press, Washington D.C. 1990

Chakraborty, R., Sankaranarayanan, K.: Cancer predisposition, radiosensitivity and the risk of radiation-induced cancers II. *Radiat. Res.* 143 (1995) 293-301

Fentiman, I.S.: Fixed and modifiable risk factors for breast cancer. *Int. J. Clin. Pract.* 55 (2001) 527-530

Frankenberg, D., Frankenberg-Schwager, M.: Risiken der Mammographie - Physikalische und genetische Aspekte. In Köhnlein, W., Nussbaum, R.H.: *Die Wirkung niedriger Strahlendosen*. Int. Kongreß in Münster, 29.-31.3.98, Ges. f. Strahlenschutz Berlin, Bremen 2001, S. 338-344

Frankenberg, D., Kelnhofer, K., Bär, K., Frankenberg-Schwager, M.: Enhanced neoplastic transformation by mammography X rays relative to 200 kVp X rays: indication for a strong dependence on photon energy of the RBE(M) for various end points. *Radiation Research* 157 (2002) 99-105

Hoffman, D.A., Lonstein, J.E., Morin, M.M., Visscher, W., Harris III, B.S.H., Boice Jr., J.D.: Breast cancer in women with scoliosis exposed to multiple diagnostic X rays. *J. Natl. Cancer Inst.* 81 (1989) 1307-1312

Jung, H.: Abschätzung von Nutzen und Risiko eines Mammographiescreenings unter anschließlichem Bezug auf das Strahlenrisiko. *Radiologe* 41 (2001) 385-395

Kiechle, M., Schmutzler, R.: Präventive Strategien bei familiärer Brustkrebsprädisposition. *Radiologe* 41 (2001) 366-370

Kuni, H.: Strahleninduziertes Mammakarzinom: Einfluss von Alter bei Exposition, Latenzzeit, erreichtem Lebensalter und genetischer Prädisposition. In Köhnlein, W., Nussbaum, R.H.: *Die*

Wirkung niedriger Strahlendosen. Int. Kongreß in Münster, 29.-31.3.98, Ges. f. Strahlenschutz Berlin, Bremen 2001, S. 262-271  
Land, C.E., Tokunaga, M., Tokunaga, S., Nakamura, N.: Early-onset breast cancer in A-bomb survivors. *Lancet* 342 (1993) July 224, 237

Land, C.E.: Studies of cancer and radiation dose among atomic bomb survivors. *JAMA* 274 (1995) 402-407

Mettlin, C.: Global breast cancer mortality statistics. *CA-A Cancer J. for Clinicians* 49 (1999) 138-144

Miller, A.B., To, T., Baines, C.J., Wall, C.: The Canadian Breast Screening Study: Update on breast cancer mortality. *J. Natl. Cancer Inst. Monographs* 22 (1997) 37-41

Nienhaus, A., Hensel, N., Roscher, G., Hubracht, M., Kaufmann, M., Solbach, C., Krohn, M., Elsner, G.: Hormonelle, medizinische und lebensstilbedingte Faktoren und Brustkrebsrisiko. *Geburtshilfe und Frauenheilkunde* 62 (2002) 242-249

Nystrom, L., Andersson, I., Bjurstam, N., Frisell, J., Nordenskjöld, B., Rutquist, L.E.: Long-term effects of mammography screening: updated overview of the Swedish randomised trials. *Lancet* 2002 Mar 16; 359(9310):904-5

Olsen, O., Gøtzsche, P.C.: Screening for breast cancer with mammography (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 4. Oxford: Update Software, 2001

Olsen, O., Gøtzsche, P.C.: Cochrane review on screening for breast cancer with mammography. *Lancet* 358 (2001) 1340-1342

Den Otter, W., Merchant, T.E., Beijering, D., Korten, J.W.: Exclusion from mammographic screening of women genetically predisposed to breast cancer will probably eliminate mammographically induced breast cancer. *Anticancer Res.* 13 (1993) 1113-1115

Den Otter, W., Merchant, T.E., Beijering, D., Korten, J.W.: Breast cancer induction due to mammographic screening in hereditarily affected women. *Anticancer Res.* 16 (1996) 3173-3176

Strahlenschutzkommission, Mammographie-Screening in Deutschland: Bewertung des Strahlenrisikos. Stellungnahme 2002

## Strahlenbelastung von Flugpersonal

# Die Ergebnisse von zellgenetischen Untersuchungen widersprechen Einschätzungen des amtlichen Strahlenschutzes

**Die Strahlenbelastung von Piloten und Stewardessen und deren damit verbundenes Gesundheitsrisiko ist ein wichtiges, aber nicht ausreichend erforschtes Thema. Die Strahlenbiologin Anna Heimers, Universität Bremen, veröffentlichte dazu in der Ausgabe 6/2001 der Zeitschrift Ergo-Med einen Bericht über ihre Studie über Chromosomenveränderungen bei Piloten von Überschallflugzeugen. Über diese Studie hatte Strahlentelex schon in der Ausgabe 332-333/2000 berichtet. Heimers Untersuchung hatte eine 8-fach erhöhte Rate dizentrischer Chromosomen im Blut der Piloten gegenüber der Kontrollgruppe ergeben. Die daraus abgeleitete Dosisabschätzung ergibt nun eine Belastung von 13 bis 43 Millisievert pro Jahr, abhängig von den Strahlungsfaktoren für Neutronen.**

Physikalische Messungen erbrachten beim fliegenden Personal durchschnittliche Jahreswerte für die Strahlenbelastung zwischen 1 und 10 Millisievert. Epidemiologische Studien belegen aber, daß Piloten und Stewardessen einem erhöhten Krebsrisiko unterliegen, obwohl diese nach strengen gesundheitlichen Kriterien ausgewählt werden. Die Bremer Strahlenbiologin Anna Heimers hatte nun zytogenetische Analysen mit Hilfe von Chromosomenaberrationen, insbesondere dizentrischer Chromosomen, in den peri-

pheren Lymphozyten von Piloten aus dem Überschallflugbereich (Concorde) und einer Kontrollgruppe durchgeführt. Außerdem konnte sie Vollblutproben definierten Dosen einer simulierten kosmischen Strahlung am CERN in Genf (Schweiz) aussetzen und die Häufigkeit strahleninduzierter Chromosomenaberrationen ermitteln. Aus der Häufigkeit dizentrischer Chromosomen ließ sich dann die Relative Biologische Wirksamkeit (RBW) der kosmischen Strahlung und ihrer Neutronenkomponente bestimmen.

Die Gruppe der Concordepiloten zeigte laut Heimers eine achtfach erhöhte Frequenz an Zellen mit dizentrischen Chromosomen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die daraus abgeleitete Dosisabschätzung ergab eine Belastung von 13 bis 43 Millisievert pro Jahr, abhängig von den Strahlungsfaktoren für Neutronen.

Die RBW kosmischer Strahlung und ihrer Neutronenkomponente wurde in vitro in Langzeitbestrahlungsversuchen mit niedrigen Dosen und niedrigen Dosisraten ermittelt. Für die Induktion dizentrischer Chromosomen durch simulierte kosmische Strahlung betrug Heimers zufolge die RBW bis zu 53 und erreichte einen Wert von 101 bei alleiniger Betrachtung der Neutronenkomponente.

Die erhöhte Frequenz an dizentrischen Chromosomen in den Concordepiloten könne auf die Exposition gegenüber kosmischer Strahlung zurückgeführt werden, weil andere dizentrische Chromosomen induzierende Faktoren weitestgehend ausgeschlossen werden können, erklärt Hei-

mers. Die Überdispersion dizentrischer Chromosomen zeige zudem den Einfluß der dichtungisierenden Neutronenkomponente. Die Ergebnisse aus den in-vitro-Versuchen am CERN machten deutlich, daß Hoch-LET-Strahlen (dichtungisierende Strahlen) wie Neutronen wesentlich effektiver in der Induktion dizentrischer Chromosomen seien als Niedrig-LET-Strahlen (locker ionisierende Strahlung wie Röntgen- und Gammastrahlung), was sich besonders deutlich in den hohen RBW-Werten ausdrücke. Diese hohe Wirksamkeit werde durch die Dosisermittlung bestätigt, die weit über den physikalisch ermittelten Werten liegen. Es zeige sich somit, daß ein Strahlungsfaktor wie ihn die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) empfiehlt, möglicherweise nicht ausreichend sicher (konservativ) sei.

Heimers zytogenetische Untersuchungen widersprechen einer Hypothese aus dem offiziellen Strahlenschutz, wonach eine Wirksamkeitsminderung von locker ionisierender Strahlung im Bereich niedriger Dosen und Dosisleistungen im Vergleich zu hohen Dosen auftritt. Risikoabschätzungen für Höhenstrahlung, darauf weist Heimers hin, beruhten bisher lediglich auf Beobachtungen an den Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki, die sich auf akute locker ionisierende Röntgen- und Gammastrahlung beziehen. Flugpersonal sei aber einer chronischen dichtungisierenden Neutronenkomponente ausgesetzt. Es gebe wenige Untersuchungen mit Neutronenanteilen, die das Spektrum der kosmischen