

Strahlentelex

mit Elektromog-Report

Unabhängiger Informationsdienst zu Radioaktivität, Strahlung und Gesundheit

ISSN 0931-4288

Nr. 290-291 / 13. Jahrgang, 4. Februar 1999

Staatlicher Strahlenschutz:
Am 9. Januar 1999 veröffentlichte das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit die neue Satzung der Strahlenschutzkommission.

Seite 3

Röntgenstrahlung:
Die digitale Röntgentechnik ermöglicht eine deutliche Senkung der Strahlenbelastung. Der Medizinphysiker Roland Wolff beschreibt die Möglichkeit weiterer Dosisminimierungen in der Medizin.

Seite 10

Elektromog:
Melatonin – Was gibt's Neues? Auch 1998 beschäftigten sich eine Anzahl von Studien mit der Melatoninhypothese der EMF-Wirkungen. Sie geben neue Antworten, werfen aber auch neue Fragen auf.

Seite 5

Elektromog:
Neue Empfehlungen und Standards. Dem Umweltausschuss des Europäischen Parlaments liegt ein Vorschlag zur drastischen Senkung der EMF-Belastung innerhalb von 10 Jahren vor.

Seite 7

Atomausstieg

Ein sofortiger entschädigungsfreier Ausstieg aus der Atomenergie wäre rechtlich möglich

Noch einen Tag vor Beginn der Konsensgespräche war den Aussagen von Umweltminister Trittin und dem Bundeskanzlers zu entnehmen, daß die Beendigung der Wiederaufarbeitung per Atomgesetz zum 1. Januar 2000 erfolgen werde, Schadenersatzzahlungen wären nach nochmaliger Prüfung der Verträge weder an Frankreich noch an England zu zahlen. Details, die den Weiterbetrieb bzw. die Restlaufzeiten der Atomkraftwerke betreffen, seien mit den Energieversorgungsunternehmen noch auszuhandeln; ein entschädigungsfreier Ausstieg aus der Atomenergie sei das Ziel.

Schon einen Tag später stellte sich die Lage ganz anders dar: der Atom-mülltourismus geht auch nach der Jahrtausendwende weiter, der Ausstieg scheint in weite Ferne gerückt. Die "Neue Richtervereinigung" vertritt die Auffassung: Ein sofortiger entschädigungsfreier Ausstieg zum Nulltarif ist möglich – auch im Dissens mit den Betreibern der Atomkraftwerke.

In der ersten Runde der Konsensgespräche zwischen den AKW-Betreibern, dem Bundeskanzler und dem Umweltminister wurde vereinbart, keinen festen Termin für die Beendigung der Wiederaufarbeitung festzulegen. Das Ende der Wiederaufarbeitung solle nun anlagenspezifisch ausgehandelt werden. In jedem Fall

dürfe der Weiterbetrieb der einzelnen Kraftwerke nicht gefährdet sein. Diese Vereinbarung stellt in den Augen vieler Kritiker der Atomenergienutzung eine eindeutige Verletzung der Koalitionsvereinbarung der beiden Regierungsparteien dar. Eine Einigung über mögliche Restlaufzeiten mit den Energieversor-

gungsunternehmen wäre nicht notwendig, ein sofortiger Stopp der Atomenergie rechtlich gegen die Betreiber durchsetzbar. Es sei Aufgabe der Bundesregierung, dem erklärten Willen der deutschen Bevölkerung Rechnung zu tragen und die Atomenergienutzung schnellstens zu beenden.

Schon im November letzten Jahres äußerte sich die Fachgruppe "Juristen diskutieren Gorleben" der "Neuen Richtervereinigung" dahingehend, daß der Widerruf der Betriebsgenehmigungen, und somit ein sofortiger Ausstieg aus der Atomenergie, nach geltendem Recht aus Sicht der "Neuen Richtervereinigung" zulässig wäre.

Zum einen sei die Rücknahmevoraussetzung nach § 17 Absatz 2 Atomgesetz (AtomG) nicht erfüllt, da eine entscheidende Genehmigungsvoraussetzung, die Sicherstellung der schadlosen Verwertung oder Beseitigung der anfallenden radioaktiven Reststoffe (direkte Endlagerung), § 9a AtomG, schon bei Erteilung der Genehmigung nicht sichergestellt werden konnte. Mittlerweile stehe fest, daß diese Genehmigungsvoraussetzung, zumindest nach Erteilung der Genehmigung, weggefallen sei. Dies erlaube den Widerruf der Genehmigung nach § 17 Abs. 3 Ziff. 2 AtomG., da eine sichere Entsorgung offensichtlich in angemessener Frist nicht geschaffen werden könne.

Gesundheitliche Gefahren

Der Widerruf der Betriebsgenehmigungen ließe sich auch durch die erhebliche Gefährdung der Beschäftigten, Dritter und der Allgemeinheit begründen, ohne daß in absehbarer Zeit Abhilfe geschaffen werden könne, § 17 Abs. 5 (AtomG). Die Beurteilung der Gefahren der Niedrigstrahlung hätte sich in der Zeit nach Erteilung der Betriebsgenehmigungen grundsätzlich geändert. Desweiteren sei der gefahrlose Transport der abgebrannten Brennelemente nach den Erfahrungen der letzten 12 Jahre nicht gewährleistet.

Nach zwei Generationen sei die Entsorgungsfrage nach wie vor ungeklärt und die Allgemeinheit durch die radioaktiven Abfälle existentiell bedroht. Die Unmöglichkeit, einen störfallfreien Betrieb zu gewährleisten und die heutigen Erkenntnisse über das Ausmaß der dadurch für Menschen und Umwelt entstehenden Schäden, sprächen nach Auffassung der Juristen für sich. Zur Verdeutlichung fordern sie die Bundesregierung auf, das tatsächliche Ausmaß der Störfälle und der dadurch verursachten Schäden - bezogen auf jede einzelne Anlage und in der Gesamtschau - offenzulegen.

Entschädigungsfreier Ausstieg

Derartigen Rücknahmen oder Widerrufen von Betriebsgenehmigungen könne aus Sicht der Fachgruppe "Juristen diskutieren Gorleben" nicht entgegeng gehalten werden, daß sie wegen der dadurch ausgelösten Entschädigungsansprüche wirtschaftlich unverträglich seien.

Die "Neue Richtervereinigung" ist davon überzeugt, daß keine Entschädigung zu gewähren sei. Dies ergäbe sich aus § 18 Abs. 2. Ziff. 2 und 3 AtomG.

Werden die Gefährdungen, die nach dem Stand von Wis-

senschaft und Technik zum Zeitpunkt der Erteilung der Betriebsgenehmigungen zugrunde gelegt wurden, mit denen verglichen, die nach heutigem Erkenntnisstand von diesen Anlagen - insbesondere unter Berücksichtigung der unlösbaren Entsorgungsfrage - ausgingen, so könne nach Auffassung der Juristen kein Zweifel daran bestehen, daß der Widerruf wegen einer nachträglich eingetretenen erheblichen Gefährdung durch die Anlage geboten sei, § 18 Abs. 2 Ziff. 3 AtomG.

§ 18 Abs. 2 Ziff. 2 AtomG regle den Widerruf ohne Entschädigung unter dem Gesichtspunkt, daß die Betreiber durch ihr Verhalten - insbesondere durch erhebliche und wiederholte Verstöße gegen das Atomgesetz und die ergänzenden Regelungen - diesen Widerruf veranlassen. Die von der Bundesregierung geforderte Auflistung der Störfälle und Regelverstöße würde aufzeigen, in welchem Umfang das Vertrauen in die Einhaltung der Schutzvorschriften enttäuscht worden sei. Nicht zuletzt die erwiesene Inkaufnahme der Kontamination der Transportbehälter abgebrannter Brennelemente, die fast schon vergessenen Bestechungsskandale um Transnuklear und die vorsätzlich falsch deklarierten Fässer mit Atom Müll in Mol würden eine umfassende Prüfung der Verstöße im Detail fordern.

Selbst wenn ein Widerruf der Betriebsgenehmigungen ohne Entschädigung nicht durchsetzbar sein sollte, stellt die Fachgruppe "Juristen diskutieren Gorleben" in Frage, ob den Betreibern bei Rücknahme oder Widerruf der Genehmigungen zum jetzigen Zeitpunkt ein Schaden entsteht, der ja Voraussetzung für eine Entschädigungsleistung wäre. Nach § 18 Abs. 1 Satz 1 und 2 bestehe zwar grundsätzlich eine Entschädigungspflicht der öffentlichen Hand, nach Satz 3 sei diese aber unter gerechter Abwägung der Interessen der Allgemeinheit und des Betroffene-

nen sowie der Gründe, die zur Genehmigungsaufhebung geführt haben, zu bestimmen. Die "Neue Richtervereinigung" regt aus diesem Grund einen öffentlichen Diskurs über die Frage an, ob der Betreiber eines Atomkraftwerkes überhaupt noch eine Interesse darlegen kann, daß dem Interesse der Allgemeinheit am sofortigen Ausstieg aus der Kernenergienutzung abwägungsfähig gegenübergestellt werden kann.

In der Presseerklärung werden erhebliche Zweifel daran geäußert, daß der Betreiber eines Atomkraftwerkes überhaupt ein wirtschaftlich begründbares Interesse am Fortbestand der Betriebsgenehmigung belegen kann. Selbst die unbestreitbaren enormen Einnahmen würden bei einer Totalgewinnberechnung für die jeweilig vorstellbaren Restlaufzeiten schrumpfen, wenn berücksichtigt werde, daß die Betreiber auch die Kosten für die Endlagerung der radioaktiven Rest- bzw. Abfallstoffe im Ergebnis selbst finanzieren müssen. Bei angemessener Bewertung der daraus erwachsenden künftigen Verbindlichkeiten dürfte kein AKW je einen Bilanzgewinn ausgewiesen haben oder ausweisen.

Bei Abwägung der gegenüberstehenden Interessen sollte nach Auffassung der Juristen nicht außer Acht gelassen werden, daß die Betreiber um das Risiko ihrer Unternehmung von Anbeginn an wußten. Insbesondere hätten sie die Betriebsgenehmigung in Kenntnis dessen erwirkt und genutzt, daß eine maßgebliche Genehmigungsvoraussetzung - die Frage der Endlagerung - offen war und zunehmend als unlösbar erkannt worden ist.

Erhöhung der Deckungsvorsorge

Die Deckungsvorsorge ist nach Auffassung der Juristen gemäß § 13 AtomG entgegen

der gesetzlichen Regelung seit den 50er Jahren nicht der Geldwertentwicklung angepaßt worden. Die jeweiligen Deckungsvorsorgen müßten da-her mindestens um den vierfachen Betrag erhöht werden.

Erkenntnisse über die tatsächliche Rechtswidrigkeit der Atomtransporte ließen heute wesentliche Teile des Widerstandes gegen die Einlagerung in Gorleben und Ahaus politisch wie rechtlich in einem anderen Licht erscheinen. Die "Neue Richtervereinigung" fordert daher ein Straffreiheitsgesetz zur Verhinderung der weiteren Kriminalisierung des gewaltfreien Widerstandes einschließlich eines ausdrücklichen Verzichtes auf Schadensersatzforderungen, die im Zusammenhang mit dem gewaltfreien Widerstand erhoben worden sind.

Keine Inbetriebnahme der Pilotkonditionierungsanlage

Desweiteren fordern die "Juristen diskutieren Gorleben" die Bundesregierung auf, eine Inbetriebnahme der Pilotkonditionierungsanlage (PKA) in Gorleben zu verhindern. Die PKA soll nunmehr nach zweimaligem Wechsel der geplanten Betriebsziele vornehmlich der Umpackung der Castor-Behälter zur Platzeinsparung in der Castor-Halle dienen. Der damit verbundene wirtschaftliche Vorteil der Betreiber stehe in keinem Verhältnis zu den zusätzlichen gesundheitlichen Gefahren, die mit einer Öffnung der Castoren und einer Behandlung der Brennstäbe verbunden sei. Die Zukunft des Entsorgungsstandorts Gorleben sei wegen der Fragen zur Eignung des Endlagers grundsätzlich in Frage zu stellen. Eine Inbetriebnahme der PKA vor einer endgültigen Klärung des gesamten Entsorgungskonzeptes könne wegen der irreversiblen Verstrahlung durch den Betriebsbeginn nicht verantwortet werden. ●

Staatlicher Strahlenschutz

Die Strahlenschutzkommission hat eine neue Satzung

Für die Reaktor-Sicherheitskommission und die Strahlenschutzkommission sind jeweils neue Satzungen erlassen worden und am 22. Dezember 1998 in Kraft getreten. Sie ersetzen die gemeinsame Satzung der Reaktor-Sicherheitskommission und der Strahlenschutzkommission in der Fassung vom 29. Januar 1990. Das Strahlentelex dokumentiert in Auszügen die neue Satzung der Strahlenschutzkommission, die am 9. Januar 1999 im Bundesanzeiger veröffentlicht wurde.

Satzung der Strahlenschutzkommission vom 22. Dezember 1998

§ 1

Bildung der Strahlenschutzkommission

Beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (kurz: Bundesministerium) wird die Strahlenschutzkommission (SSK) gebildet.

§ 2

Beratungsgegenstand

Die Strahlenschutzkommission berät das Bundesministerium in den Angelegenheiten des Schutzes vor Gefahren ionisierender und nichtionisierender Strahlen.

§ 3

Zusammensetzung

(1) Die Strahlenschutzkommission besteht in der Regel aus 14 Mitgliedern. In ihr sollen die Fachgebiete vertreten sein, die für die sachverständige Beratung des Bundesministeriums in den in § 2 genannten Angelegenheiten erforderlich sind. Die Mitglieder müssen die Gewähr für eine sachverständige und objektive Beratung des Bundesministeriums bieten. Um eine ausgewogene Beratung sicherzustellen, soll die Strahlenschutzkommission so besetzt sein, daß die gesamte Bandbreite der nach dem Stand von Wissenschaft und Technik vertretbaren Anschauungen repräsentiert ist.

(2) In der Strahlenschutzkommission sollen grundsätzlich insbesondere folgende Fachgebiete vertreten sein:

Strahlenmedizin

Radioökologie

Strahlenbiologie

Strahlenrisiko

Strahlenschutztechnik

Notfallschutz

Nichtionisierende Strahlen

§ 4

Mitglieder

(1) Die Mitgliedschaft in der Kommission ist ein persönliches Ehrenamt, das keine Vertretung zuläßt. Die Mitglieder der Kommission sind unabhängig und nicht an Weisungen gebunden. Sie respektieren die fachliche Meinung anderer Mitglieder und wahren die Regeln eines wissenschaftlichen Diskurses.

§ 11

Beratungsverfahren

(1) Die Kommission beschließt als Ergebnis ihrer Beratungen naturwissenschaftliche und technische Empfehlungen oder Stellungnahmen an das Bundesministerium. Sie trifft keine rechtlichen Bewertungen. Empfehlungen oder Stellungnahmen sind nachvollziehbar zu begründen. In der Begründung sind die Untersuchungsgegenstände genau zu bezeichnen, die Erkenntnismittel und Tatsachenfeststellungen auszuweisen und die aus ihnen abgeleiteten Schlußfolgerungen zu belegen.

(2) Sieht sich die Kommission nicht in der Lage, eine Empfehlung oder Stellungnahme abzugeben, stellt sie dies durch Beschluß fest und legt ihre Gründe dar.

(3) Die Empfehlungen und Stellungnahmen der Kommission werden mit den Begrün-

dungen den Länderbehörden zur Kenntnis gegeben und der Öffentlichkeit auf Anfrage zur Verfügung gestellt. Das Bundesministerium kann sie im Bundesanzeiger veröffentlichen.

(4) Die Ausschüsse und Arbeitsgruppen erarbeiten Vorschläge für Empfehlungen oder Stellungnahmen zur Vorbereitung der Beratungstätigkeit der Kommission. Stellungnahmen eines Ausschusses oder einer Arbeitsgruppe zu Beratungsaufträgen des Bundesministeriums nach § 9 Abs. 2 werden diesem und der Kommission zugeleitet.

(5) Die Kommission darf ohne Zustimmung des Bundesministeriums Dritten keine Stellungnahmen oder Auskünfte geben.

§ 12

Vorbereitung der Sitzungen

(1) Die Kommission legt im Einvernehmen mit dem Bundesministerium Ort und Zeit ihrer Sitzungen fest, in der Regel für ein Kalenderjahr im voraus.

(2) Das Bundesministerium, der Vorsitzende oder mindestens ein Drittel der Mitglieder der Kommission können die Einberufung einer außerordentlichen Sitzung verlangen.

(3) Der Vorsitzende beruft die Kommission zur Sitzung ein. Einladungen und vorläufige Tagesordnungen werden im Auftrag des Vorsitzenden und im Einvernehmen mit dem Bundesministerium von der Geschäftsstelle aufgestellt und versandt; sie sollen den Sitzungsteilnehmenden minde-

stens zwei Wochen vor der Sitzung vorliegen. Anmeldungen des Bundesministeriums sind aufzunehmen.

(4) Der Vorsitzende kann durch die Geschäftsstelle schriftliche Unterlagen über Beratungsprobleme, Beratungsgrundlagen sowie Beschlußvorlagen und mögliche Beschlußalternativen erarbeiten lassen. Die Beratungsunterlagen sollen den Mitgliedern der Kommission, dem Bundesministerium und, soweit sie betroffen sind, den gemäß § 13 Abs. 2 und 4 Eingeladenen mindestens eine Woche vor der Sitzung vorliegen.

§ 17

Jahresbericht

Der Vorsitzende erstellt jährlich zum 31. März einen schriftlichen Tätigkeitsbericht der Kommission über das vergangene Kalenderjahr. Hierbei wird er von der Geschäftsstelle unterstützt. Der Tätigkeitsbericht ist durch die Kommission zu beschließen. Der beschlossene Tätigkeitsbericht wird der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

§ 18

Vergütung der Tätigkeit in der Kommission

(1) Das Bundesministerium setzt die Vergütung der Tätigkeit der Mitglieder der Kommission, der Ausschüsse und der Arbeitsgruppen sowie der zugezogenen Sachverständigen im Benehmen mit der Kommission fest.

(2) Die Vergütung umfaßt ein Fachhonorar, eine Reisekostenvergütung und eine Sitzungsvergütung. Aufwendungen in besonderen Fällen können ersetzt werden.

§ 19

Inkrafttreten

Diese Satzung tritt am 22. Dezember 1998 in Kraft. Sie ersetzt die Satzung der Reaktor-Sicherheitskommission und der Strahlenschutzkommission in der Fassung vom 20. Januar 1990 (BAnz. S. 891).

Strahlenschutz

In der Industrie ist der Mensch häufiger Ursache eines Strahlenunfalls als technisches Versagen

Strahlenquellen, ob im medizinischen Bereich oder in der Industrie, führen immer wieder zu sogenannten "meldepflichtigen Vorkommnissen". Gemeint sind Unfälle mit zum Teil grenzwertüberschreitender Strahlenbelastung. In der Bundesrepublik sind nach Angaben der Zeitschrift StrahlenschutzPraxis (4/98) zwischen 1991 und 1997 insgesamt 490 Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen den zuständigen Behörden gemeldet worden.

40 Prozent dieser Unfälle oder Ereignisse sind nach Aussage der Zeitschrift "Strahlenschutz Praxis" im industriellen Bereich der Strahlenanwendung aufgetreten, 22 Prozent im Bereich der Medizin. Ereignisse in der Öffentlichkeit seien mit 38 Prozent beteiligt, dabei handelte es sich überwiegend um Ereignisse beim Transport oder Verlust radioaktiver Stoffe.

Prinzipiell wird bei der Ursachenermittlung der Unfälle zwischen technischem Versagen und menschlichem Fehlverhalten unterschieden. Materialermüdung, Materialverschleiß, Konstruktionsfehler, Ausfälle von Sicherheitseinrichtungen, Versagen von Schutzausrüstungen und Meßgeräten seien als technische Ursache besonders zu betonen, während das menschliche Fehlverhalten vorwiegend durch Verstöße gegen Bedienungs-, Arbeits- und Strahlenschutzvorschriften, unterlassene Kontrollen, Fehlentscheidungen und Fehlhandlungen geprägt seien.

Im medizinischen Bereich der Strahlenanwendung sei die Zahl der technisch verursachten Unfälle vergleichbar mit der Zahl der Unfälle, die sich durch menschliches Fehlverhalten ergeben hätten. Die Ausnahme bilde das Jahr 1991, in dem 16 technisch bedingte Ereignisse fünf Fällen von menschlichem Fehlverhalten gegenüber stehen.

Die Tabelle 1 zeigt die Zahl strahlenbelasteter Personen und die Summendosen für einzelne Quellenarten.

Im industriellen Bereich des Umgangs mit radioaktiven Stoffen zeige die Ursachena-

nalyse ein etwas anderes Bild. Hier wird häufiger als im medizinischen Bereich menschliches Fehlverhalten als Ursache für Unfälle angegeben. Insgesamt wurden aus dem industriellen Bereich deutlich mehr Strahlenunfälle an die

Strahlenquellen	Zahl bestrahlter Personen	Summe der erhaltenen Dosis
Beschleuniger	5	0,8 mSv
Gammastrahlung	13	2,5 mSv
Afterloading	26	18,8 mSv
Strahler	4	24,9 mSv

Tabelle 1: Bestrahlte Personen und Summendosen im medizinischen Bereich; (aus StrahlenschutzPraxis 4/98)

Strahlenquellen	Zahl bestrahlter Personen	Summe der erhaltenen Dosis
Gammastrahlung	3	230 mSv
Bergung von Brunnenquellen	4	44,4 mSv
Gammarradiographie	37	133,6 mSv
Radiometrie	6	206,4 mSv
Offene radioaktive Stoffe	17	90,5 mSv

Tabelle 2: Bestrahlte Personen und Summendosen im industriellen Bereich; (aus StrahlenschutzPraxis 4/98)

zuständigen Behörden gemeldet als aus dem Bereich der Medizin. Dem Angaben der Zeitschrift "Strahlenschutz-Praxis" ist nicht zu entnehmen, ob es sich in den Einzelfällen um berufsbedingte Unfälle mit unvorhersehbarer Strahlenbelastung handelte.

Auffällig ist nach Auffassung der Autoren die gegenüber den Vorjahren erhöhte Zahl der Unfälle des Jahres 1995. Diese Zunahme ließe sich folgendermaßen begründen: Es seien häufiger radioaktive Stoffe in der Öffentlichkeit gefunden worden, zum Beispiel von Schulquellen und Ionisationsrauchmeldern. Desweiteren hätten sich gehäuft Funde von Strahlern aufgrund unzureichender Räumung militärisch genutzter Bereiche ergeben. Als dritter Ursache müßte der Verlust radioaktiver Stoffe genannt werden. Die Tabelle 2 zeigt die Zahl strahlenbelasteter Personen und die Summendosen, aufgelistet nach Art der Strahlenquelle.

Diese Auflistung deutet darauf hin, daß Strahlenbelastungen, die durch Unfälle im industriellen Bereich auftraten, nicht nur berufsbedingt aufgetreten sein können, sondern in hohem Umfang auch die Normalbevölkerung betreffen.

In 4 der 490 Fällen soll es nach Angabe der Autoren zu einer Überschreitung des Grenzwertes für die Körperdosis und in 6 Fällen zur Überschreitung des Grenzwertes für die Teilkörperdosis gekommen sein. Es finden sich im Text keine Angaben dazu, wie die Strahlenbelastungen, zum Beispiel beim Auffinden einer verloren gegangenen Quelle, ermittelt worden ist und wie hoch die Strahlenbelastung im Einzelfall war. Der Hinweis, daß es in keinem Fall zu einer gesundheitlichen Beeinträchtigung gekommen sei, erscheint vor dem Hintergrund stattgefundener Grenzwertüberschreitungen grotesk. ●

Elektrosmog-Report

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

5. Jahrgang / Nr. 2

nova-Institut

Februar 1999

Wirkungsmodelle

Melatonin - Was gibt's Neues?

Auch 1998 befassten sich eine Anzahl von Studien mit Melatonin und seiner möglichen Rolle bei durch elektromagnetische Felder vermittelten biologischen Wirkungen. Die neuen Ergebnisse werfen wieder neue Fragen auf. Trotz weiterhin bestehender Inkonsistenzen in Studien an Tier und Mensch und oft widersprüchlicher Ergebnisse entsteht der Eindruck, die Funktionen des Melatonins und ihre mögliche Störung könnten ein Schlüssel zum Verständnis von EMF-Effekten sein. Dennoch bleibt offen, wie diese Erkenntnisse hinsichtlich ihrer gesundheitlichen Bedeutung einzuschätzen sind.

Die Produktion und Blutkonzentration des in der Zirbeldrüse (=Epiphyse) produzierten Hormons Melatonin weist einen strengen Tag-Nacht-Rhythmus auf, mit einem durch Lichteinfluss sehr niedrigen Blutspiegel bei Tag und einer hohen Konzentration bei Dunkelheit in der Nacht. Melatonin reagiert offenbar nicht nur auf Licht, sondern wird auch durch elektromagnetische Felder gehemmt.

Zur Erinnerung: Die Melatonin-Hypothese

Die vor etwa 10 Jahren formulierte Melatoninhypothese (Stevens 1987) besagt zweierlei:

- Erstens sollen niederfrequente elektromagnetische Felder die nächtliche Produktion von Melatonin in der Zirbeldrüse (Epiphyse) vermindern.
- Zweitens soll Melatonin die Bildung bösartiger Tumoren - darunter vor allem hormonabhängiger Krebsarten wie zum Beispiels Brustkrebs - vermindern und das Wachstum der Tumoren hemmen. Melatonin habe einen unterdrückenden Effekt auf die Produktion der Geschlechtshormone Prolaktin und Östrogen, die die Entwicklung östrogenabhängiger Tumoren fördern. Würde die Melatoninkonzentration vermindert, so stiege damit auch das Risiko für die Bildung dieser Tumoren.
- Eine jüngere Variation dieser Ausgangshypothese beruht auf der Beobachtung von **Robert P. Liburdy** und Kollegen (Liburdy 1993), dass elektromagnetische Felder unabhängig von der Melatoninkonzentration die krebshemmende Funktion des Hormons beeinträchtigen. Diese Funktionsbeeinträchtigung von Melatonin konnte bereits mehrfach reproduziert werden.
- Darüber hinaus könnte ein zusätzlicher krebsschützender Effekt des Melatonins auf seinen Eigenschaften als Antioxidanz und Fänger freier Radikaler beruhen (Reiter 1995).

Erst vor wenigen Jahren wurden spezifische Melatoninrezeptoren auf Zellkernen und Zellmembranen entdeckt und er-

klären weitere Wirkmechanismen. Diese Rezeptoren könnten nicht nur verschiedene hormonelle Funktionen beeinflussen, sondern auch diverse Immunfunktionen kontrollieren, wie **William S. Baldwin** und **J. Carl Barrett** vom Nationalen Institut für Umwelt- und Gesundheitswissenschaften in North Carolina jüngst in einer differenzierten Arbeitshypothese ausführten (Baldwin 1998).

Reduzierte Krebsrate bei Blinden

Maria Feychting, **Bill Österlund** und **Anders Ahlboom** vom Institut für Umweltmedizin am Karolinska Institut in Stockholm untersuchten zur Überprüfung eines Teils der Melatoninhypothese weltweit erstmals an einem großen Kollektiv von Blinden deren Krebsraten und verglichen sie mit Normal-sichtigen (Feychting 1998). Der Melatoninrhythmus bei Blinden ist oft gestört, der Konzentrationsverlauf wegen der fehlenden Synchronisation durch die Tageshelligkeit frei flottierend und die Konzentration im Durchschnitt höher. Der protektive Effekt des Hormons sollte sich nach der Melatoninhypothese günstig auf die Krebshäufigkeit auswirken.

Tatsächlich fanden die Autoren unter den 1.567 in die Studie eingegangenen Blinden eine um den Faktor 0,69 deutlich erniedrigte Krebsrate, d. h. die Krebsrate betrug nur 69 Prozent der erwarteten Rate. Insgesamt wurden 136 Tumoren beobachtet, jedoch wären 196 zu erwarten gewesen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Standardisierte Inzidenz-Ratio (SIR) der Tumoren

	beobachtet	erwartet	SIR	95%-KI
Alle Tumoren	136	196	0,69	(0,59-0,82)
Männer (alle)	66	111,1	0,59	(0,47-0,75)
Frauen (alle)	70	85,6	0,82	(0,65-1,03)

Die Risikoverminderung betraf beide Geschlechter. Auffälligerweise waren die hormonabhängigen Tumoren nicht besonders risikovermindert, sondern vor allem die Karzinome des Magen-Darm-Traktes. Dies lässt zwei Interpretationen zu. Einerseits könnte die geringere Krebshäufigkeit bei Blinden auf melatoninunabhängigen Faktoren beruhen - denkbar sind Einflüsse der Lebensweise - oder der Melatonineffekt beruht auf seinen Eigenschaften als Antioxidanz und Radikalfänger.

Experimente mit Zellen der Zirbeldrüse

Forscher der nationalen Institute für Gesundheit (NIH) und der amerikanischen Arznei- und Lebensmittelbehörde (FDA) in Bethesda und Rockville fanden eine deutliche Unterdrückung der Melatoninproduktion in den Zellen der Zirbeldrüse (Epiphyse) nach einer zwölfstündigen Exposition mit einem 50 Mikrotosla starken 60 Hz-Wechselfeld (Rosen 1998). In insgesamt 10 Experimenten mit den Rattenhirnen entnommenen Zellen wurde eine durchschnittliche Reduktion der durch ein chemisches Stimulans (Norepinephrin) induzierten Melatoninproduktion um 46 Prozent beobachtet.

Die Autoren **Lee A. Rosen** und Kollegen vermuten daher, dass die Wirkung elektromagnetischer Felder auf die Funktion

der Epiphyse nicht nur auf nervensystemvermittelten Effekten beruht, sondern dass auch direkte Effekte auf die Zellen beteiligt sind, wie möglicherweise Veränderungen von Rezeptoren auf der Zelloberfläche durch EMF.

Tierexperimentelle Studien

Die Arbeitsgruppe um **Wolfgang Löscher** und **Meike Mevissen** an der Tierärztlichen Hochschule in Hannover fand in einer Untersuchung mit weiblichen Ratten, die einem 100 Mikrotresla starken niederfrequenten Feld von 50 Hz ausgesetzt waren, keine konsistenten Hinweise auf eine Beeinflussung der nächtlichen Melatoninkonzentration im Blut (Löscher 1998). Eine 13-wöchige Exposition führte zu keiner Verminderung des Melatoninspiegels im Blutserum, der jeweils 5 Stunden nach Einsetzen der Dunkelheit gemessen wurde. In einem zweiwöchigen Experiment, bei dem 3, 5 und 6 Stunden nach Einsetzen der Dunkelheit Blut zur Analyse entnommen wurde, fand sich eine Verminderung der Melatoninkonzentration nur nach 6 Stunden. Verschiedene weitere Versuche mit anderen Ratten konnten diesen Effekt jedoch nicht bestätigen.

Als mögliche Erklärung für unterschiedliche Ergebnisse bei diesem und früheren Versuchen wird von den Autoren die Variation einer Vielzahl von Faktoren bzw. Variablen angesehen, wie z. B. Geschlecht, Alter und Art der Ratten, Umweltbedingungen wie Ernährung und Helligkeitsdauer. Als möglicherweise besonders relevant wurden die Phasen des weiblichen Zyklus und die Jahreszeit angesehen.

Es sei zudem eine offene Frage, "ob die Verteilung des Melatonins durch eine Magnetfeldexposition beeinflusst wird oder ob Gewebespiegel ein sensitiverer Indikator für Magnetfeldeffekte sein könnten als Konzentrationen in der Epiphyse oder im Blutplasma. Zum Beispiel ist der Melatoningehalt im Brustgewebe drei Größenordnungen höher als der Spiegel im Blutserum."

Russel J. Reiter und Kollegen von der Universität von Texas untersuchten in 15 variierten Experimenten mit Ratten die Wirkung eines gepulsten statischen Magnetfeldes auf die Melatoninkonzentration in der Zirbeldrüse und im Blutserum sowie auf die Aktivität von NAT (N-Acetyltransferase), eines für die Melatoninproduktion wichtigen Enzyms. Die Expositionsdauer variierte zwischen 15 und 120 Minuten, die Magnetfeldstärke zwischen 50 und 500 Mikrotresla. Die Pulsung entsprach einem wellenförmigen Ein- und Ausschalten des Magnetfeldes im Ein-Sekunden-Takt.

In einigen Experimenten wurde eine verminderte NAT-Aktivität in der Zirbeldrüse, eine verminderte Melatoninkonzentration in der Zirbeldrüse und vor allem eine verminderte Konzentration im Blutserum gefunden, in anderen nicht. Auffällig war, dass die Melatoninkonzentration im Blut oft vermindert war, ohne dass gleichzeitig die Produktion in der Zirbeldrüse reduziert war. Die Melatoninhypothese müsse daher nach Meinung der Autoren modifiziert werden, da eine verminderte Blutmelatoninkonzentration nicht unbedingt auf einer verminderten Produktion basiere. Eine alternative Erklärung wäre eine vermehrte Aufnahme des Hormons ins Gewebe oder ein schnellerer Abbau von Melatonin bei EMF-Exposition.

In einer kanadischen Studie von **J. F. Burchard** und Kollegen von der McGill-Universität in Lakeshore fand sich keine Beeinflussung eines 30 Mikrotresla starken statischen Magnetfeldes auf die Melatoninkonzentration von 16 Kühen (Burchard 1998). Die Tiere wurden jeweils 28 Tage lang exponiert.

Laborexperiment mit Hochfrequenzfeldern

Klaus Mann und Kollegen von der psychiatrischen Klinik der Universität Mainz fanden keinen Effekt eines mit 217 Hertz

gepulsten elektromagnetischen 900-MHz-Feldes einer Leistungsflussdichte von 0,02 W/cm² auf die Melatoninkonzentration von Probanden im Schlaflabor, jedoch eine vorübergehende Zunahme des Cortisolspiegels, die als Hinweis auf eine leichte Störung des Zusammenspiels von Hypothalamus, Epiphyse und Nebenniere zu werten sei (Mann 1998).

Epidemiologische Studien

Wie bereits erwähnt, spielt hormonabhängiges Gewebe eine besondere Rolle bei möglichen melatoninvermittelten Effekten auf die Krebsentwicklung. Ein Teil der Brustkrebsfälle ist für ihr Wachstum auf Östrogene angewiesen. Dies gilt vor allem für die sogenannten östrogenrezeptorpositiven Tumoren (ER+) und weniger für die östrogenrezeptornegativen (ER-). Wenn die Melatoninhypothese zuträfe, dann wäre bei vergleichsweise stärker EMF-belasteten Personen im Vergleich zu geringer belasteten eine höhere Anzahl von Tumoren unter denen mit positivem Östrogenstatus (ER+) zu erwarten.

Tatsächlich fanden **Maria Feychting** und ihre schwedischen Kollegen in einer epidemiologischen Studie Hinweise auf eine Unterstützung dieser Annahme.

Tabelle 2: Relatives Brustkrebsrisiko in Abhängigkeit von der Intensität der EMF-Exposition in Mikrotresla (μT) in der epidemiologischen Studie von Feychting et al. (1998)

	< 0,1 μT		$\geq 0,1 \mu\text{T}$			
	Fälle	Kontr.	Fälle	Kontr.	RR	95%-KI
Alle Fälle						
ER+	55	59	17	13	1,6	0,6-4,1
ER-	27	23	3	7	0,2	0,0-1,7
ER+ nach Alter						
< 50, ER+	21	26	6	1	7,4	1,0-17,8
≥ 50 , ER+	34	33	11	12	0,9	0,3-2,6

Das einzig signifikant veränderte Risiko ist fett gedruckt.

RR = relatives Risiko

Kontr. = Kontrollen (Vergleichsgruppe)

Insgesamt umfasste die Studie 699 Frauen mit Brustkrebs, zu denen Daten über ihre elektromagnetische Belastung vorlagen. Bei Betrachtung aller Frauen trat keine signifikante Auffälligkeit hinsichtlich der EMF-Exposition auf. Einzig in einem Subkollektiv der 82 Frauen, von denen der Östrogenrezeptorstatus bekannt war, fand sich ein signifikanter Unterschied zu den Kontrollen, nämlich bei östrogenrezeptorpositiven (ER+) Frauen, die bei der Diagnosestellung jünger als 50 Jahre waren. Hier war das Risiko, an einem Brustkrebs zu erkranken, um den Faktor 7,4 erhöht (siehe Tabelle 2). Andererseits ist ein auf 0,2 erniedrigtes relatives Risiko bei den östrogenrezeptornegativen (ER-) Frauen auffällig. So könnte bei Betrachtung des Gesamtkollektivs die durch EMF bedingte Zunahme bei den ER-positiven Tumoren möglicherweise durch eine Verminderung bei den ER-negativen Frauen ausgeglichen werden.

In einer weiteren im letzten Jahr veröffentlichten Studie fanden **Marilie D. Gammon** aus New York und ihre Kollegen aus verschiedenen Zentren der USA keinen Einfluss der Verwendung von Heizdecken oder Wasserbetten auf die Rate weiblicher Brustkrebsfälle (Gammon 1998). Auch die Aufteilung der untersuchten 2.199 Frauen in verschiedene Altersgruppen, in verschiedene Gruppen nach Expositionsdauer oder die Differenzierung nach Östrogenrezeptorstatus führte zu keinen relevanten Unterschieden im Vergleich zu den Kontrollen.

James B. Burch und Kollegen von der Universität von Colorado fanden bei Elektroarbeitern einen Zusammenhang zwischen der zeitlichen Konstanz der Magnetfeldexposition und der Ausscheidung des Melatoninabbauproduktes 6-

Hydroxymelatonin-sulfat (6-OHMS) im Urin. Besonders die häusliche EMF-Belastung war mit einer geringeren Ausscheidung verbunden, während die alleinige Intensität der beruflichen EMF-Exposition ohne messbaren Einfluss blieb. Nach Ansicht der Autoren sei nun zu prüfen, ob die Reduktion der 6-OHMS-Ausscheidung auf einer verminderten Melatoninproduktion, einer Phasenverschiebung in der nächtlichen Melatoninproduktion oder einem vermehrten Melatoninabbau beruhe.

Franjo Grotenhermen

nova-Institut, Redaktion Elektrosmog-Report

Literatur:

- Baldwin, W. S., Barrett, J. C.: Melatonin: receptor-mediated events that may affect breast and other steroid hormone-dependent cancers. *Mol. Carcinog.* 21, 149-155 (1998).
- Burchard, J. F., Nguyen, D. H., Block, E.: Effects of electric and magnetic fields on nocturnal melatonin concentrations in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81, 722-727 (1998).
- Feychting, M., Österlund, B., Ahlboom, A.: Reduced cancer incidence among the blind. *Epidemiology* 9, 490-494 (1998).
- Feychting, M., Forssen, U., Rutqvist, L. E., Ahlbom, A.: Magnetic fields and breast cancer in Swedish adults residing near high-voltage power lines. *Epidemiology* 9, 392-397 (1998).
- Gammon, M. D., Schoenberg, J. B., Britton, J. A., Kelsey, J. L., Stanford, J. L., Malone, K. E., Coates, R. J., Brogan, D. J., Potischman, N., Swanson, C. A., Brinton, L. A.: Electric blanket use and breast cancer risk among younger women. *Am. J. Epidemiol.* 148, 556-563 (1998).
- Liburdy, R. P., Sloma, T. R., Sokolic, R., Yaswen, P.: ELF magnetic fields, breast cancer, and melatonin: 60 Hz fields block melatonin's oncostatic action on ER+ breast cancer cell proliferation. *J. Pineal. Res.* 14, 89-97 (1993).
- Löscher, W., Mevissen, M., Lerchl, A.: Exposure of female rats to a 100 μ T 50 Hz magnetic field does not induce consistent changes in nocturnal levels of melatonin. *Radiation Research* 150, 557-567 (1998).
- Mann, K., Wagner, P., Brunn, G., Hassan, F., Hiemke, C., Roschke, J.: Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on the neuroendocrine system. *Neuroendocrinology* 67, 139-144 (1998).
- Reiter, R. J., Melchiorri, D., Sewerynek, E., Poeggeler, B., Barlow-Walden, L., Chuang, J., Ortiz, G. G., Acuna-Castroviejo, D.: A review of the evidence supporting melatonin's role as an antioxidant. *J. Pineal. Res.* 18, 1-11 (1995).
- Rosen, L. A., Barber, I., Lyle, D. B.: A 0.5 G, 60 Hz magnetic field suppresses melatonin production in pinealocytes. *Bioelectromagnetics* 19, 123-127 (1998).
- Stevens, R. G.: Electric power use and breast cancer: A hypothesis. *Am. J. Epidemiol.* 125, 556-561 (1987).

Grenz- und Vorsorgewerte

Neue Empfehlungen und Standards

In der vorletzten Ausgabe des Elektrosmog-Reports (Dezember 1998) veröffentlichten wir eine Übersicht über Grenz- und Vorsorgewerte im Hochfrequenzbereich. Prof. Günther Käs, Ingenieurbüro für Radarmesstechnik in Pfaffenhofen, ergänzte unsere Übersicht um zwei weitere Grenz- bzw. Vorsorgewerte:

“Die in der Tabelle erwähnten alten osteuropäischen Grenzwerte mit 0,05 W/m² sind für **gepulste** Signale sogar nur mit 0,004 resp. 0,005 W/m² (je nach Betriebsart) zugelassen (Tab. 4 in Quelle POPPEI), also mit einem Zehntel des Wertes

für Dauersignale. Der Maximalwert für gepulste Signale liegt bei 0,2 bzw. 0,25 W/m² für maximal 2% der Zeit.

Bei dem “Workshop on possible biological and health effects of RF electromagnetic fields” im Oktober 98 in Wien ... wurde bekannt, dass das **Land Salzburg** in einer freiwilligen Vereinbarung mit den Mobilfunkbetreibern festgelegt hat, dass nirgendwo (im Land Salzburg) in öffentlich zugänglichen Bereichen ein **Maximalwert von 0,1 Mikrowatt/cm²** (=0,001 W/m²) im Mobilfunkfrequenzbereich überschritten werden darf. ... Das sind als nochmals der Faktor 5 unter den oben angegebenen (alten) russischen Grenzwerten. Allgemein wurde das als kleine Sensation gewertet.” Der Wert ist als Vorsorgewert zu verstehen.

Seit dem 02.01.99 gelten in **Italien** neue, strenge Grenzwerte für stationäre Sendeanlagen. Der Grenzwert liegt für den Frequenzbereich vom 3 MHz bis 300 GHz bei 0,1 W/m², also deutlich unter den ICNIRP-Empfehlungen.

Tabelle: Grenz- und Vorsorgewerte für ausgewählte hochfrequente Felder für die Öffentlichkeit (Leistungsflußdichte in Watt pro Quadratmeter) im Überblick

	C-Netz	D1/D2-Netz	Eplus
	460 MHz	900 MHz	1.800 MHz
	W/m ² (1 W/m ² = 0,1 mW/cm ²)		
Grenzwerte			
Deutsche Elektrosmogverordnung 1997	2,3	4,5	9
Italien 1999	0,1	0,1	0,1
alte osteuropäische Grenzwerte			
UdSSR ungepulst	0,05	0,05	0,05
UdSSR gepulst	0,004 - 0,005	0,004 - 0,005	0,004 - 0,005
Polen	0,1	0,1	0,1
CSSR	0,24	0,24	0,24
Moskau 1996	0,02	0,02	0,02
Grenzwertempfehlungen			
KATALYSE 1994	1	1	1
ICNIRP 1998	2,3	4,5	9
Australien/ Neuseeland 1998	2	2	2
Freiwillige Vereinbarungen			
Land Salzburg	0,001	0,001	0,001
Vorsorgewerte			
ECOLOG 1994	0,11	0,22	0,45
BUND 1997	0,00023	0,00045	0,0009
ECOLOG 1998	0,023	0,045	0,09
nova 1998	0,23	0,45	0,9
Maes 1998	0,0000002-0,00002	0,0000002-0,00002	0,0000002-0,00002

nova 1999

Kataster von GSM-Sendestationen

Das Umweltamt in Graz (Österreich) erstellt derzeit ein Kataster der GSM-Sendestationen. Bislang hat die Stadt Graz keinerlei Übersicht über die Gesamtzahl, Standorte und Leistungsabstrahlung der einzelnen Sendestationen. Das wird sich nun ändern. Erhoben werden Menge, Aufstellungsort und Strahlungsexposition. Auf der Basis dieser Übersicht kann eine mögliche Belastung von Wohnanlagen und evtl. gesundheitli-

Die Kombination von strahlungsaktivierten Sperrschicht- und Korrosionsbereichen muß in Erwägung gezogen und näher untersucht werden, da solche stromliefernden Anordnungen die Korrosions- und Auslaugungsgeschwindigkeiten beschleunigen.

Zu den korrosionsähnlichen Phänomenen gehört auch der Befund, daß sich elektrisch leitende Feststoffe im Kontakt mit radioaktiven Flüssigkeiten elektrisch aufladen. Von metallischen polykristallinen Werkstoffen ist bekannt, daß sie je nach Strahlenart anodisch oder kathodisch polarisiert werden. Dabei werden unterschiedliche Kristallkörner desselben Systems elektrisch unterschiedlich aufgeladen. Die auftretenden Potentialdifferenzen werden durch elektrolytische Ströme ausgeglichen. Diese unter dem Einfluß gelöster Radionuklide auftretende Strahlungspolarisation hat großen Einfluß auf das Ausmaß destruktiver Strahlungseffekte.

Radioaktive Aerosole

Die Bildung von radioaktiven Aerosolen und luftgetragenen Feinstäuben ist in Zusammenhang mit Katastrophen in atomtechnischen Anlagen und Atombombenfallout vielfach untersucht worden. Eine Übertragung der dort gewonnenen Erkenntnisse auf die Atommüll-Problematik ist bisher nicht erfolgt.

Auf der Außenseite von Atommüllbehältern (zum Beispiel Castoren) können sich radioaktive Partikel auf unterschiedliche Weise bilden:

Die aus der Füllung austretenden Neutronen aktivieren auch die äußerste Atomsschicht des Behältermaterials. Aus dieser können die nunmehr radioaktiven Isotope nach außen gelangen, da die bei der Aktivierungsreaktion auftretende Energie zur Auslagerung ausreicht und die Diffusionswege kurz sind. Im Zustand der Adsorption sind solche ausgelagerten Atome relativ beweglich, so daß es

zur Aggregation, also zur Bildung von multiatomaren Partikeln kommt. Diese können sich ablösen und luftgetragen transportiert werden.

Eine andere vermutlich größere Gefahr geht von den unzähligen in der Luft enthaltenen Feinstaub- und Aerosolteilchen aus. Während der Haftung und Adsorption an der neutronenemittierenden Behälteroberfläche erfolgt Aktivierung. Der Grad der radioaktiven Verseuchung der betroffenen Teilchen hängt von der Verweilzeit in der Grenzphase zwischen Festkörperoberfläche und der umgebenden Luft ab. Aus dieser Grenzphase können die nunmehr "heißen Teilchen" im Austausch gegen andere (die auch wieder aktiviert werden) in den Luftraum gelangen. Da in ungefilterter Luft auch

Schwermetalle mit relativ hohen Neutronen-Wirkungsquerschnitten in dispergierter Form vorkommen, können u.a. auch langlebige Radioisotope wie Fe-55 (Halbwertszeit 2,7 Jahre) und Ni-59 (Halbwertszeit 75 000 Jahre) gebildet werden. Die Gefährdung durch radioaktiv kontaminierte Atemluft ist ein weitgehend ungelöstes Problem der Aerosolforschung im Strahlenschutz. Die Wirkung von im Körper eingelagerten submikroskopischen Emissionsquellen ist schwer abschätzbar. In jedem Fall ist in der Umgebung solcher Teilchen die Dosisleistung extrem hoch. Die übliche Dosimetrie, die von einer eindeutigen Beziehung zwischen Aktivität und Dosis ausgeht, versagt vollständig bei der Inkorporation "heißer Teilchen".

Rolf Bertram

Röntgendiagnostik

Die digitale Röntgentechnik ermöglicht eine deutliche Senkung der Strahlenbelastung

Nach einer Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik e.V. (DGMP) bestehen Dosisersparungsmöglichkeiten bei digitalen Bildverstärker-Anlagen (BV-Anlagen) mit gepulster Durchleuchtung. Es wird darauf hingewiesen, daß "schon 5-7 Jahre alte Generatoren über eine einfache, generatorgesteuerte gepulste Durchleuchtung verfügen können". [1] Nach Angaben der Hersteller seien Reduktionen von 80 bis 90 % in der Dosisleistung bei Anwendung der gepulsten Durchleuchtung zugesichert.

Eine Dosisreduktion ist prinzipiell bei richtigem Einsatz

der digitalen Radiographie möglich, wie mehrere Arbeiten der letzten Jahre zeigen. Auch für die digitale Mammographie existiert inzwischen ein Prototyp, der seine Tauglichkeit für den klinischen Einsatz bewiesen hat. Im Folgenden soll die Thematik ausgehend von der digitalen Durchleuchtung exemplarisch dargestellt werden.

Digitale Durchleuchtung

Die Röntgendurchleuchtung erlaubt die Darstellung dynamischer Abläufe. Sie hört aber neben der Computer-tomographie zu den Verfahren mit der höchsten Strahlenbelastung des Patienten. Beim konven-

tionellen Durchleuchtungsmodus wird kontinuierliche Röntgenstrahlung benutzt. Die aus dem Patienten austretende Strahlung trifft auf ein Bildverstärker-TV-System. Das analoge Helligkeitssignal der Fernsehkamera wird einem Analog-Digital-Wandler zugeführt und in diskrete Werte umgesetzt. Dabei werden 256 bzw. für höhere Anforderungen 1024 Graustufen als ausreichend betrachtet. Das zeilenweise gerasterte Fernsehbild wird in eine Bildmatrix mit 512×512 oder 1024×1024 Punkten umgesetzt. Die digitalisierten Signale werden einem Rechner zugeführt. Die Durchleuchtungsbilder werden gespeichert und können mit mathematischen Verfahren hinsichtlich Kontrast, Auflösung und Rauschen optimiert oder skaliert bzw. wie bei der digitalen Subtraktionsangiographie (DSA) voneinander subtrahiert werden.

Technik und Einsatz der gepulsten Durchleuchtung

Mit der üblichen Fernsehabtastung von 25 Bildern pro Sekunde lassen sich Bewegungsvorgänge so schnell wiedergeben, wie das Auge sie erfassen kann. Neben der oben genannten DSA war eines der ersten Einsatzgebiete die Herzangiographie. Unter dem Gesichtspunkt der Dosisminimierung ist die Bewegungsinformation nicht immer erforderlich, z.B. bei der radiologischen Erfassung langsamer Bewegungsvorgänge oder einzelner Bewegungsphasen. Daher ersetzte man den kontinuierlichen Röntgenstrahl durch einzelne Strahlpulse und erhält eine geringere Zahl von Fernsehbildern pro Sekunde. Die "fehlenden" Bilder werden ersetzt durch Wiederholung des letzten im Bildspeicher vorhandenen Bildes. Da zwischen den Pulsen keine Röntgenstrahlung emittiert wird, kommt es zu einer Dosisreduktion. Die Bildfrequenz muß soweit herabgesetzt werden, daß die Trägheit des Auges

unterschritten wird, d.h. 12 Bilder pro Sekunde oder weniger. Entsprechende Röntgenstrahler stehen zur Verfügung. In der Herzangiographie kann mit Pulslängen von etwa 1 Millisekunde das Herz verwischungsfrei in allen Bewegungsphasen dargestellt werden. In der Angiographie hat sich nach Ewen die gepulste Durchleuchtung als Dosisreduktionsmittel durchgesetzt und es sei bei Bildfrequenzen bis 3 Bilder pro Sekunde eine Dosisreduktion auf 50-20 % des ursprünglichen Wertes zu erreichen. Bei anderen Anwendungen wie z.B. der Thorax-Durchleuchtung zeigt sich eine deutliche Verbesserung der Bildschärfe. [2] Andere Autoren berichten bei Einsatz der gepulsten Durchleuchtung mit Kupferfilterung - an Stelle der kontinuierlichen Technik - von einer Reduktion der Eintrittsdosis um 95 %. [5]

Potentiale zur weiteren Dosisreduktion

Die DGMP informiert in ihren Mitteilungen, daß durch konsequente Anwendung der Pulsstechnik mit niedrigsten Pulsfrequenzen von 3-2 P/s die Durchleuchtungsdosis um 80-95 % der Dosis bei kontinuierlichem Röntgenstrahl reduziert werden kann. Die Bildqualität sei herstellerabhängig. Besondere Bedeutung komme der gepulsten Durchleuchtung bei Untersuchungen von Magen, Darm und Kolon sowie der Angiographie zu. Bei letzterer kann der Anteil der Durchleuchtungsdosis um mehr als 90 % reduziert werden; beim Verdauungstrakt beträgt der Anteil der Durchleuchtung an der Gesamtstrahlenbelastung ca. 70-90 %.

Im Zentralklinikum Augsburg konnte in der Kinder-Herzangiographie durch mehrere Maßnahmen die Strahlenbelastung um 75 % reduziert werden, wobei die Möglichkeiten noch nicht ausgeschöpft seien. So kann z.B. in Einzelfällen ohne Streustrahlenrastrer gearbeitet werden.

Moderne Durchleuchtungsanlagen haben die Möglichkeit, die ADR-Kennlinie und die Zusatzfilterung manuell zu ändern. Bei Variation der Hochspannung und der mAs-Werte liegen die Eintrittsdosen bis zu 70 % auseinander. Ein 0,1-0,3 mm Cu-Filter reduziert die Eintrittsdosis bis um 80 %. Allerdings wird bei einer sogenannten Low-Dose-Kurve der Bildkontrast deutlich geringer und mit zunehmender Filterung nimmt auch das Bildrauschen zu. So muß ein Kompromiß zwischen der Verringerung der Strahlenbelastung und ausreichender Bildqualität gefunden werden. [1]

Durch ein Verfahren der Bildverarbeitung kann dem erhöhten Rauschen durch die Dosisreduzierung entgegen gewirkt werden. Es handelt sich dabei um die rekursive Filterung, bei der eine gleitend gewichtete Mittelwertbildung über mehrere Einzelbilder erfolgt. Hermann und Kollegen konnten zeigen, daß durch die rekursive Filterung beim Übergang zu einer niedrigeren Dosisleistungsstufe die Bildqualität unverändert bleibt. Mit zunehmenden Filterungsgrad nimmt jedoch die Detailerkennbarkeit bewegter Objekte ab. [3]

Nach den DGMP-Mitteilungen löst die digitale Bildverstärker-Radiographie (DR) die konventionelle Aufnahmetechnik mit sogenannten 400er Film-Folien und Indirekttechnik ab. Bei Angiographieanlagen können Dosisstufen für die Dosis pro DR- oder DSA-Bild zwischen 0,24-24 μ R/Bild ausgewählt werden. Meist werde die mittlere Dosisstufe von 2,4-4,8 μ R/Bild benutzt.

Auch bei Durchleuchtungen des Abdomens und in der Urologie werden Dosisstufen angeboten und die Belastung könne um 50 % pro Bild reduziert werden. Die DGMP weist in den Mitteilungen darauf hin, daß auch bei digitalen Durchleuchtungseinrichtungen ohne Pulsstechnik solche Dosisumstellungen mög-

lich sind. Die Dosisreduktionsmöglichkeiten sollten bei der Festlegung von Referenzwerten berücksichtigt werden. [1]

Auch im Bereich der Intensivmedizin bei Säuglingen kann die digitale Lumineszenzradiographie (DLR) zur Dosisreduzierung beitragen. Bei Frühgeborenen können in den ersten Lebenswochen viele Röntgenaufnahmen notwendig sein. Das strahleninduzierte Krebsrisiko ist für Säuglinge und Kinder nach ICRP und NRPB zwei- bis dreimal so groß wie für Erwachsene. Daher ist man bemüht, für Thoraxaufnahmen die minimale Dosis zu bestimmen, die eine adäquate Bildqualität gewährleistet. Eine Gruppe am Universitätsklinikum Homburg/Saar konnte zeigen, daß bei der digitalen Lumineszenzradiographie im Vergleich zum oben erwähnten Film-Foliensystem (FFS) der Empfindlichkeitsklasse 400 bis zu 56 % der Dosis eingespart werden können. Als Qualitätskriterium wurde die "mittlere optische Dichte" separat betrachtet. In der Praxis wird die Dosisreduzierung durch das minimale mAs-Produkt begrenzt. Dadurch ist die Erfüllung aller Bildqualitätskriterien gewährleistet. Unter diesem Gesichtspunkt konnte die Oberflächeneintrittsdosis bei Verwendung der DLR anstelle des 400er FFS von 20 μ Gy auf 15 μ Gy um 25 % reduziert werden. Die Autoren vergleichen ihr Ergebnis mit Literaturwerten und geben im Vergleich zu einem 200er FFS eine Dosisreduktion von 50 % an. Bei Abdomen-Aufnahmen wird ein Wert von 57 % angegeben. [4]

Damit bietet die digitale Radiographie und insbesondere die gepulste digitale Durchleuchtung bei richtiger Anwendung ein großes Potential zur Reduzierung der Strahlenbelastung des Patienten. Das erhöhte Bildrauschen kann durch die rekursive Filterung bei angemessener Bildqualität kompensiert werden. Zur Zeit wird das analoge

Videosignal digital verarbeitet; die Entwicklung voll- bzw. direktdigitaler Systeme ist im Gange.

Der digitale Vollfeldmammographie mit Detektoren mit Pixelgrößen von 100-150 μ m konnte bisher wegen des begrenzten Auflösungsvermögens von 3-5 Lp/mm nicht befriedigend umgesetzt werden. Inzwischen ist diese Limitierung durch die Technik der direktradiographischen Vergrößerung überwunden. Die Kombination von DIMA-Technik (DIMA=direct magnification) mit einem Flachfelddetektor aus amorphem Silizium konnte "die digitale Mammographie mit diagnostisch adäquater Bildqualität realisiert werden." [6] Untersuchungen mit einem Mammographiephantom an einem Prototypen zeigten deutlich höhere Detektionsraten gegenüber der konventionellen Mammographie. Für Übersichtsaufnahmen wurde eine Steigerung von 78 % auf 92,7 % ermittelt. Die digitale Vergrößerungsmammographie führt zu einer deutlich verbesserten Kontrastübertragung gegenüber konventionellen Systemen, insbesondere im mittleren Ortsfrequenzbereich bis 6 Lp/mm. Die neue Technik wird "als erfolgreicher Schritt zur direkt digitalen Mammographie gewertet". [6]

Roland Wolff

Literatur:

1. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik e.V. 30/2, Juli/August 1998, in: Zeitschrift für Medizinische Physik, Nr. 2, 1998, Jena, 1998
2. Ewen, Klaus (Hrsg.): Moderne Bildgebung. Physik, Gerätetechnik, Bildbearbeitung und -kommunikation, Strahlenschutz, Qualitätskontrolle. Stuttgart, New York, 1998
3. Hermann, K.P.; Soniec, S.; Breiter, N.; Grabbe, E.; Harder, D.: Rekursive Filterung: Ein Verfahren zur Reduktion der Strahlenexposition bei der digitalen Durchleuchtung. In: Medizinische Physik 98 (Hrsg.: L. Voigtmann, P. Geyer), Dresden, 1998
4. Seifert, H.; Jesberger, H.J.; Schneider, G.; Rein, L.; Blaß, G.;

Limbach, H.-G.; Niewald, M.; Sitzmann, F.C.; Kramann, B.: Untersuchungen zu Thoraxaufnahmen a.p. von Säuglingen auf der Intensivstation. In: Medizinische Physik 97 (Hrsg.: R. Schmidt), Hamburg, 1997

5. Maier, W.; Kopp, J.: Dosimetrie und Strahlenschutz in der Angiographie. Die Entwicklung von Strahlenexposition während der letzten 10 Jahre in der interventionellen Angiographie. In: Medizinische Physik 97 (Hrsg.: R. Schmidt), Hamburg, 1997

6. Hermann, K.P.; Hundertmark, Ch; Funke, M.; Grabbe, E.; Harder, D.: Direkt digitale Vollfeldmammographie in Vergrößerungstechnik. In: Medizinische Physik 98 (Hrsg.: L. Voigtmann, P. Geyer), Dresden, 1998. ●

Greifswald, 13.-16.5.1999:

Aktionscamp

Vom 13. bis 16. Mai 1999 findet das Aktionscamp: „Beginnen wir den Ausstieg“ in Greifswald statt. Greifswald bleibt nach Auffassung der Bürgerinitiative vor Ort essentieller Bestandteil im weiteren Planspiel der Betreiber deutscher Atomkraftwerke. Das Camp im September letzten Jahres im Rahmen der bundesweiten Aktionstage sei ein Schritt in die richtige Richtung gewesen - ein weiteres soll jetzt folgen. Das erste bundesweite Koordinations-treffen soll Mitte Februar in Greifswald stattfinden. Informationen bei: Rosmarie Pol-drack, Am St. Georgsfeld 42, 17489 Greifswald, Tel./Fax: 03834-892150. ●

Tabarz, 24.-26.2.1999:

Strahlendosimetrie

Der Fachverband für Strahlenschutz für vom 24. bis 26. Februar 1999 eine Fortbildungstagung in Tabarz/Thüringen durch. Es werden neue Konzepte und Meßgrößen, aktuelle nationale und internationale Regeln, Messung der Körperdosis, Expositionsbedingungen am Arbeitsplatz und der aktuelle Stand der Dosimetrischen Meßtechnik behandelt. Die Teilnahmegebühr beträgt DM 430,- und enthält den Tagungsband. Anmeldungen bei Frau G. Stege, LPS, Waldowallee 115, 10318 Berlin. ●

Zur Begrüßung vom Strahlentelex:

Ein Buch kostenlos für jeden neuen Abonnenten

Solange der Vorrat reicht erhält jeder neue Abonnent des Strahlentelex mit Elektrosmog-Report nach Zahlung seines Jahresbeitrages wahlweise ein Exemplar aus der Liste der folgenden Bücher geschenkt:

Jay M. Gould, Benjamin A. Goldman:

Tödliche Täuschung Radioaktivität

Niedrige Strahlung - hohes Risiko

272 Seiten, Verlag C.H. Beck, München 1992, Deutsche Originalausgabe, Zweite, erweiterte Auflage, ISBN 3406340334

oder

Catherine Caufield:
Das strahlende Zeitalter

Von der Entdeckung der Röntgenstrahlen bis Tschernobyl

Aus dem Amerikanischen übersetzt von Sebastian Scholz. 415 Seiten, Verlag C.H. Beck, München 1994, Deutsche Erstausgabe, ISBN 3406374158.

oder

Eric Chivian, Michael McCally, Howard Hu, Andrew Haines (Hrsg.):

Krank durch Umwelt

Was jeder über Umweltgifte wissen sollte

Aus dem Amerikanischen Übersetzt und mit einem Glossar versehen von Sebastian Scholz. 290 Seiten, Verlag C.H. Beck, München 1996, Deutsche Erstausgabe, ISBN 3406392210.

Gewünschtes bitte bei der Abonnementsbestellung angeben.

Strahlentelex

mit Elektrosmog-Report

Postvertriebsstück - Entgelt bezahlt A 10161 E
Strahlentelex, Th. Dersee, Rauxeler Weg 6, D-13507 Berlin

Name, Adresse:

✂ ABONNEMENTSBESTELLUNG

An Strahlentelex mit Elektrosmog-Report
Th. Dersee, Rauxeler Weg 6, D-13507 Berlin

Ich möchte zur Begrüßung kostenlos folgendes Buch aus dem nebenstehenden Angebot:

Ich/Wir bestelle/n zum fortlaufenden Bezug ein Jahresabonnement des **Strahlentelex mit Elektrosmog-Report** ab der Ausgabe Nr. _____ zum Preis von DM 98,- oder EUR 50,11 für 12 Ausgaben jährlich frei Haus. Ich/Wir bezahlen nach Erhalt der ersten Lieferung und der Rechnung. Dann wird das **Strahlentelex mit Elektrosmog-Report** weiter zugestellt.

Im Falle einer Adressenänderung darf die Deutsche Bundespost - Postdienst meine/unsere neue Anschrift an den Verlag weiterleiten.
Ort/Datum, Unterschrift:

Vertrauensgarantie: Ich/Wir habe/n davon Kenntnis genommen, daß ich/wir das Abonnement jederzeit und ohne Einhaltung irgendwelcher Fristen kündigen kann/können.

Ort/Datum, Unterschrift:

Strahlentelex mit Elektrosmog-Report

Informationsdienst • Th. Dersee, Rauxeler Weg 6, D-13507 Berlin, ☎ + Fax 030 / 435 28 40. eMail: Strahlentelex@compuserve.com

Herausgeber und Verlag: Thomas Dersee, Strahlentelex.

Redaktion Strahlentelex: Bettina Dannheim, Dipl.-Biol., Thomas Dersee, Dipl.-Ing. (verantw.).

Redaktion Elektrosmog-Report: Michael Karus, Dipl.-Phys. (verantw.), Dr.med. Franjo Grotenhermen, Arzt, Dr. Peter Nießen, Dipl.-Phys.: nova-Institut, Goldenbergstr. 2, 50354 Hürth, ☎ 02233/943684, Fax 02233/943683. eMail: nova-h@t-online.de

Wissenschaftlicher Beirat: Dr.med. Helmut Becker, Berlin, Dr. Thomas Bigalke, Berlin, Dr. Ute Boikat, Hamburg, Prof. Dr.med. Karl Bonhoeffer, Dachau, Dipl.-Ing. Peter Diehl, Dresden, Prof. Dr. Friedhelm Diel, Fulda, Prof. Dr.med. Rainer Frenz-Beyme, Bremen, Dr.med. Joachim Grobhennig, Berlin, Dr.med. Ellis Huber, Berlin, Dipl.-Ing. Bernd Lehmann, Berlin, Dr.med. Klaus Lischka, Berlin, Prof. Dr. E. Randolph Lochmann, Berlin, Dipl.-Ing. Heiner Matthies, Berlin, Dr. Werner Neumann, Altenstadt, Dr. Peter Plieninger, Berlin, Dr. Ernst Rößler, Berlin, Prof. Dr. Jens Scheer †, Prof. Dr.med. Roland Scholz, Gauting, Priv.-Doz. Dr. Hilde Schramm, Berlin, Jannes Kazuomi Tashiro, Kiel, Prof. Dr.med. Michael Wiederholt, Berlin.

Erscheinungsweise: Jeden ersten Donnerstag im Monat.

Bezug: Im Jahresabonnement DM 98,- oder EUR 50,11 für 12 Ausgaben frei Haus. Einzelexemplare DM 9,- oder EUR 4,60.

Kontoverbindung: Th. Dersee, Konto-Nr. 4229380007, Grundkreditbank eG Berlin, BLZ 101 901 00.

Druck: Bloch & Co. GmbH, Prinzessinnenstraße 19-20, 10969 Berlin.

Vertrieb: Datenkontor, Ewald Feige, Körtestraße 10, 10967 Berlin. Die im Strahlentelex gewählten Produktbezeichnungen sagen nichts über die Schutzrechte der Warenzeichen aus.

© Copyright 1999 bei Thomas Dersee, Strahlentelex. Alle Rechte vorbehalten. ISSN 0931-4288