Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

http://www.ssk.de

Zusammenfassung und Bewertung der Klausurtagung 2009 der Strahlenschutzkommission: „Risiken ionisierender und nichtionisierender Strahlung“

Stellungnahme der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 241. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 28./29. April 2010

Zusammenfassung und Bewertung der Klausurtagung 2009 der Strahlenschutzkommission: „Risiken ionisierender und nichtionisierender Strahlung“

Am 5. und 6. November 2009 fand in Berlin die Klausurtagung der Strahlenschutzkommission zum Thema „Risiken ionisierender und nichtionisierender Strahlung“ statt. Das Thema war primär vor dem Hintergrund gewählt worden, dass in der Öffentlichkeit ein sehr verzerrtes Bild der tatsächlichen Risiken, die durch ionisierende und nichtionisierende Strahlung hervorgerufen werden, existiert. Dies hängt nicht zuletzt damit zusammen, dass in den Medien sehr häufig falsche Zahlen zu den Risiken genannt werden.

Herr **Michel**, Hannover, der derzeitige Vorsitzende der Strahlenschutzkommission, ging in seinem einleitenden Referat unter anderem auf die Fehlinformationen in den Medien ein und nannte einige Beispiele. NDR 3 meldete am 60. Jahrestag des Atombombenabwurfs: „250 000 Spätfolgen in Hiroshima durch radioaktive Strahlung“. Auch in der Tagesschau werden jeweils zum Jahrestag des Atombombenabwurfs auf Hiroshima seit Jahren immer wieder falsche Zahlen genannt; zum Beispiel in der Tagesschau vom 06.08.2008: "An den Spätfolgen der atomaren Strahlung sterben heute noch jedes Jahr Tausende Japaner". Tatsächlich führte das wichtigste Langzeitrisiko, das Krebsrisiko, in den Jahren 1950 bis 2000 insgesamt (nicht pro Jahr!) in der untersuchten Kohorte zu 93 Leukämietodesfällen und zu 479 Todesfällen durch solide Tumoren auf Grund der Strahlung (Preston et al., Radiation Research 162 (2004) 377-389). Ganz sicher ist dies schlimm, aber weit entfernt von mehreren Tausend pro Jahr oder gar 250 000 Spätfolgen. Ionisierende Strahlung ist nicht harmlos, aber man muss sie nicht gefährlicher machen, als sie ist.

Herr Michel widmete sich auch dem Begriff „Risiko“, der eine zentrale Rolle während der gesamten Tagung spielte. Eine gängige Definition lautet:

Risiko = Eintrittswahrscheinlichkeit × Schadensumfang.

Allerdings stellt sich die Frage, ob „Risiko“ überhaupt eine vernünftige Größe zur Quantifizierung und zur Kommunikation möglicher Gefährdungen durch ionisierende und nichtionisierende Strahlung ist. Die Probleme beginnen bereits damit, dass es sehr unterschiedliche Risiko-Arten gibt. So kann es sich um reale Risiken handeln, also um Risiken, die nach einer Exposition das Auftreten des betrachteten Endpunktes signifikant erhöhen oder epidemiologisch nachweisbar sind. Oder es sind hypothetische Risiken, also solche, die nach einer Exposition bei Vorliegen einer plausiblen Hypothese (z.B. LNT, linear non-threshold) über die Verursachung des Endpunktes rechnerisch abschätzbar, aber weder epidemiologisch nachweisbar sind noch das Auftreten des Endpunktes signifikant erhöhen. Oder es sind potentielle Risiken, Risiken, die bei einer potentiellen Exposition als reale oder hypothetische Risiken vorliegen würden. Zusammenfassend kommt Herr Michel zu der Einschätzung, dass Risiken nicht kommunizierbar sind, da sie in der Bevölkerung nicht als Wahrscheinlichkeiten wahrgenommen werden.

Herr **Zeeb**, Mainz, eröffnete seinen Vortrag zum Thema „Risiken, Wahrscheinlichkeiten, Unsicherheiten – Erkenntnisgewinnung für den Strahlenschutz“ mit dem Hinweis:

“A great deal of noise is to be expected in any observation of human populations”.

Quellen der Unsicherheiten in der Risikoschätzung sind:

- Stichprobenfehler, statistische Variabilität
- Messfehler (z.B. Dosimetrie, Studienendpunkte)
- Verzerrung (Confounding)
- Systematische Fehler bei der Studienplanung
- Statistische Modelle
- Transfer zwischen Populationen, DDREF

Liegen mehrere Studien zum selben Themenbereich vor, so hofft man, dass die Zusammenfassung dieser Studien in Form einer Metaanalyse mehr Sicherheit liefert. Eine gute Metaanalyse setzt allerdings voraus, dass ihr auch gute Einzelstudien zugrunde liegen, was so manches Mal nicht der Fall ist.

Herr **Kiefer**, Gießen, fasste seine Überlegungen zu den „Wirkungsmechanismen ionisierender und nichtionisierender Strahlung“ folgendermaßen zusammen:

- Die Wirkungsmechanismen ionisierender Strahlung sind im Prinzip bekannt, aber noch nicht in allen Einzelheiten aufgeklärt.
- Im UV-C- und im UV-B-Bereich ist die DNA der primäre Angriffspunkt. Bei UV-A und im Sichtbaren spielen Reaktionen von Photosensibilisatoren (Photosensitizer) eine Rolle.
- Im nahen Infrarot kommt es zu Wechselwirkungen mit der Atmungskette in den Mitochondrien. Im fernen Ultrarot dominiert die Erwärmung.
- Im Radiofrequenz- und Mikrowellen-Bereich kommt es hauptsächlich zur Erwärmung des Gewebes.
- Für niederfrequente Felder ist bisher kein zellulärer Wirkungsmechanismus bekannt.

Herr **Jacob**, München, stellte in seiner Übersicht zum Thema „Strahlenwirkungen auf die Karzinogenese und das Krebsrisiko“ zunächst ein Modell der Krebsentstehung vor (TSCE model = Two-Stage Clonal Expansion model). Modelle der Krebsentstehung können unter anderem genutzt werden, um die Einflüsse strahlenbiologischer Effekte innerhalb epidemiologischer Datensätze zu ermitteln. Er konnte bei der Analyse der schwedischen Hämangiom Kohorte zeigen, dass es einen Hinweis auf eine strahleninduzierte genomische Instabilität in Form einer lebenslang erhöhten Initiationsrate gibt, die die Altersabhängigkeit der in der Kohorte beobachteten Brusttumoren erklären könnte.

Weiter ging er auf neuere Daten aus Hiroshima und Nagasaki ein:

- Das zusätzliche relative Risiko (ERR) pro Dosis für solide Tumoren in der Jugendzeit nach Strahlenexposition in utero ist hoch (>~ 10/Gy).

- Das Lebenszeitrisiko für solide Tumoren nach In-utero-Exposition scheint aber niedriger zu sein als nach Exposition während der Kindheit.

- Das zusätzliche relative Risiko pro Dosis für Leukämie im Jugendalter nach Exposition im Alter von 10 Jahren ist außerordentlich hoch (30-70/Gy).

- Das Leukämierisiko ist ziemlich unabhängig vom Alter bei Exposition selbst 50 Jahre nach Exposition noch erhöht (ERR = 2-3/Gy).

Eine Zusammenfassung aller epidemiologischen Niedrigdosis-Studien beim Menschen bekräftigt die SSK-Stellungnahme aus dem Jahr 2007, wonach ein DDREF von 2 eher unwahrscheinlich ist. Der ICRP Vorschlag von DDREF = 2 liegt auf der Grenze des oberen Konfidenzintervalls, wenn man alle Studien am Menschen berücksichtigt.

Herr **Hildebrandt**, Rostock, beschäftigte sich mit der inzwischen heiß diskutierten Frage „Kardiovaskuläre Effekte ionisierender Strahlung“. Zu betrachten sind hierbei die Erfahrungen bezüglich Perikarditis, myokardialen Schädigungen und kardiovaskulären Erkrankungen (CVD, cardiovascular diseases). Klinische und epidemiologische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen ionisierender Strahlung und kardiovaskulären Effekten rühren her von Strahlentherapie-Patienten (allerdings mit hoher Dosisexposition, üblicherweise mehr als 5 Gy), den Atombomben-Überlebenden (Life Span Study) und anderen Populationen mit eher niedrigen Expositionen.

Folgende offene Fragen identifizierte Herr Hildebrandt:

- Welches ist die kritische kardiale Struktur, in der die Dosisberechnung zu erfolgen hat?

- Erfolgt die Zunahme des kardiovaskulären Risikos mit der Dosis nach Erreichen einer Schwellendosis oder ohne eine solche?

- Ist die Latenzzeit dosisabhängig?

- Ist das Risiko vom Alter zum Zeitpunkt der Exposition abhängig?

- Welche kardiovaskulären Erkrankungen können durch niedrige und moderate Dosen verursacht werden?

Eine Reihe von Mechanismen wird diskutiert:

- Inflammatorische/ Mikrovaskuläre Theorie

- Mögliche Signaturänderungen der Mikrogefäße

- Endotheliale Schädigung/Dysfunktion und Entzündungsreaktion

- Mögliche radiogene Langzeit-Effekte auf das Immunsystem

- Mutations-Theorie

- Monoklonaler Ursprung atherosklerotischer Plaques (G6PD)

- Transformation von glatten Muskelzellen während der Pathogenese der Arteriosklerose

- Onkogen-Aktivierung, LOH, und Microsatelliten-Instabilität.

Was sollte in der Zukunft getan werden? Es sollten sicher die Forschungsanstrengungen erhöht werden. Die Aufmerksamkeit der Mediziner und Naturwissenschaftler sollte auf dieses Thema gelenkt werden. Darüber hinaus wäre es sehr sinnvoll, die bereits existierenden Daten kritisch zusammenzufassen.

Herr **Dikomey**, Hamburg, widmete sich dem Thema „Individuelle Strahlenempfindlichkeit: Molekulare Mechanismen der Zellinaktivierung“. Die Untersuchungen seiner Arbeitsgruppe ergaben, dass die individuelle Strahlenempfindlichkeit unabhängig ist vom Geschlecht und vom Alter (sowohl des Probanden als auch der Zellen). Die individuelle Strahlenempfindlichkeit ist vor allem genetisch bestimmt! Es besteht eine Korrelation zwischen der individuellen Strahlenempfindlichkeit und der Kapazität der Doppelstrangbruchreparatur, wobei überraschenderweise sehr geringe Unterschiede (2-3 %) in der Reparatur von Doppelstrangbrüchen entscheidend sind. Die genauen molekularen Mechanismen sind noch unklar. Es gibt keine Assoziation mit der Expression einzelner Gene oder einzelner SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms), wohl aber mit SNP-Netzwerken (Expressionsprofilen).

Herr **Atkinson**, München, vervollständigte den Aspekt der Strahlenempfindlichkeit durch den Vortrag “Beeinflussung des Tumorrisikos durch Geschlecht und genetische Prädisposition”. Er wies auf die Problematik hin, dass genetische Unterschiede innerhalb und zwischen Populationen zu falschen Risikoschätzungen führen können, wenn Mittelwerte gebildet werden und wenn Risiken, die in einer bestimmten Population ermittelt worden sind, auf andere Populationen übertragen werden. Zahlreiche Unklarheiten bestehen im Hinblick auf den Einfluss genetischer Unterschiede:

- Wie viele Gen-Mutationen beeinflussen die Empfindlichkeit?

- Wie agieren die Gene (Pfade, Gen-Gen-Interaktionen, dominant)?

- Wie hoch ist der Beitrag zur Strahlenempfindlichkeit?

- Wie kann die Genetik in Risikomodelle einbezogen werden?

- Wie handhabt man ethische Probleme bei der Testung der genetischen Einflüsse?

Geschlechtsabhängige Effekte scheinen eher eine untergeordnete Rolle zu spielen, aber auch hier sollte man vorsichtig sein, wenn unterschiedliche Populationen miteinander verglichen werden.

Mögliche Mechanismen im Zusammenhang mit geschlechtsabhängigen Effekten könnten die folgenden sein:

- Inhärente Faktoren
    - Stoffwechselaktivität
    - Hormonelle Regulation

  - Virale Infekte
  - Unterschiede in der Prozessierung von DNA-Schäden.
- Extrinsische Faktoren
  - Ernährung
  - Lifestyle
  - Expositionen am Arbeitsplatz.

Frau **Röper**, München, beschäftigte sich mit „Nutzen und Risiken moderner Medizintechnik, Strahlentherapie – Quo vadis“. Sie stellte fest, dass moderne Techniken geeignet sind, die Behandlungsergebnisse in der Radioonkologie deutlich zu verbessern. Hierbei ist zu beachten, dass ein hohes Maß an Qualitätssicherung erforderlich ist. Es bestehen noch konzeptionelle Unsicherheiten bezüglich bester Diagnostik und SIB (simultaneous integrated boost). Bei der IMRT (intensity modulated radiation therapy) ist die Gehäusedurchlassstrahlung relevant, bei der IGRT (image-guided radiation therapy) kann die zusätzliche Dosis bei 35 Fraktionen 1 Gy betragen. Bei der IMRT und der IGRT wiegen Vorteile des kleineren Hochdosisbereichs die Nachteile des größeren Niedrigdosisvolumens und der höheren peripheren Dosis auf; laut neueren Studien besteht eher kein erhöhtes Sekundärmalignomrisiko.

Die Vorträge zur nichtionisierenden Strahlung umfassten den Bereich der statischen und niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder, Hochfrequenzfelder, Infrarot sowie sichtbares Licht und UV. Ergänzend wurden neue Technologien im Bereich der Funkanwendungen vorgestellt und Anwendungen und rechtfertigende Indikationen im medizinischen Bereich diskutiert.

Herr **Greinert**, Buxtehude, berichtete über die Auswirkungen von UV-Strahlung, sichtbarem Licht und Infrarot und deren Risiken. Während UV-C (100 – 280 nm) für die Exposition aus natürlichen und künstlichen Quellen im täglichen Leben keine Rolle spielt, da dieser Spektralbereich in der Luft sehr stark absorbiert wird, kommt es durch UV-B (280 – 315 nm) zu Schädigungen von Hautzellen, die DNA-Schäden verursachen und zur Entstehung von Melanomen führen können. Die molekularen Mechanismen, die zu DNA-Schädigungen führen, sind für UV-B sowie auch für UV-A (315 – 400 nm) beschrieben worden und führen zu charakteristischen UV-„Signaturen“ der DNA. Während die Induktion von Mutationen durch UV-B wesentlich ausgeprägter ist, kann sowohl durch UV-A als auch durch UV-B photochemisch die Bildung von CPDs (CPD = cis, syn-Cyclobutan- Pyrimidin-Dimer) und Verknüpfungen von benachbarten Pyrimidinbasen induziert werden. Auch sind epigenetische Effekte (Methylierungsänderungen) beschrieben worden.

Die epidemiologischen Befunde (Melanominzidenz) weisen darauf hin, dass neben der kumulativen Exposition zu Sonnenlicht und Anzahl schwerer Sonnenbrände in der Kindheit auch die Anzahl der Naevi ein entscheidender Faktor ist. Allerdings gibt es bislang keine zufriedenstellenden Daten über eine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung. Die weiterhin steigende Anzahl von Melanomen in der Bevölkerung bleibt ein großes Problem.

Verfahren zur genauen Bestimmung der UV-Bestrahlungsstärke durch Satelliten bieten neuerdings die Möglichkeit des Vergleichs dieser Daten mit solchen von Bodenstationen und dem Vergleich mit Inzidenzdaten.

Sichtbares, insbesondere blaues Licht, kann indirekt (über die Bildung von Radikalen) zu DNA-Schädigungen in Melanomzellen und Fibroblasten führen.

Die Infrarotstrahlung schließlich, insbesondere IR-A (0,78 – 1,4 µm), kann, wie neuere Arbeiten gezeigt haben, neben bekannten therapeutisch wirksamen auch unerwünschte Effekte haben, da die Bildung von Sauerstoff-Radikalen (ROS, Reactive Oxygen Species) induziert werden kann. Insbesondere die Mitochondrien scheinen diesbezüglich empfindlich zu sein; die von Mitochondrien gebildeten ROS können intrazelluläre Kinasen aktivieren, die wiederum bestimmte Transkriptionsfaktoren aktivieren, wodurch es zu einer veränderten Genexpression kommt. Forschungsbedarf ist auf diesem Gebiet klar erkennbar.

Herr **Leitgeb**, Graz, wies in seinem Vortrag über die Wirkungen statischer und niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder zunächst darauf hin, dass nicht immer klar ist, welche Komponenten der Felder (magnetische oder elektrische) für die biologischen Effekte verantwortlich sind und welche Basisgrößen zu beschränken sind. Auch die Wirkungsart (akut, akkumulativ, stochastisch) ist nicht für jede Art der Felder gleichermaßen bedeutsam. Für magnetische Felder sind bislang weder irreversible noch Summationseffekte bekannt, und es gibt auch keine Hinweise auf Langzeitwirkungen. Für die Beurteilung tierexperimenteller Studien ist wichtig, dass die durch niederfrequente Magnetfelder induzierten Ströme bei kleinen Tieren (Ratten, Mäuse) wesentlich geringer sind als bei Menschen, da der entscheidende Parameter für die Induktion von Strömen die Querschnittsfläche ist. Die Evidenzlage für Wirkungen auf den Menschen ist zum Teil nicht ausreichend bzw. widersprüchlich. Abgesehen von gezielten diagnostischen Verfahren (transkraniale Stimulation mit sehr hohen dB/dt-Werten) sind vereinzelt Hinweise auf die Kognition (z.B. Reaktionszeit) berichtet worden. Hinweise auf schädliche Effekte auf die Gesundheit sind bisher nicht erkennbar. Eine Ausnahme sind Leukämien im Kindesalter, bei denen die epidemiologische Datenlage dafür spricht, dass es einen Zusammenhang mit niederfrequenten Magnetfeldern geben könnte. Allerdings fehlen zur Beurteilung eines solchen Zusammenhangs sowohl ein biophysikalischer Wirkmechanismus als auch unterstützende tierexperimentelle Daten. Dennoch wurden niederfrequente Magnetfelder durch die IARC als mögliches Karzinogen (Klasse IIB) eingestuft. Abschließend diskutierte Herr Leitgeb kritisch die ICNIRP-Grenzwerte und Widersprüche der Schutzziele hinsichtlich bestehender elektrotechnischer Sicherheitsnormen.

Herr **Lerchl**, Bremen, gab einen Überblick über den derzeitigen Kenntnisstand bezüglich Hochfrequenzfelder/Mobilfunk. Trotz der Ergebnisse vieler internationaler Forschungsprogramme und auch des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms herrscht in der Bevölkerung Unsicherheit über die Risiken, insbesondere hinsichtlich der Mobilfunknutzung. Verstärkt wird diese Unsicherheit durch „Appelle“ verschiedener – auch ärztlicher – Vereinigungen, die auf einen Zusammenhang zwischen der Exposition und einer großen Anzahl von Befindlichkeitsstörungen und Krankheiten bis hin zu Krebs verweisen. Die Datenlage (Erkrankungsraten seit Einführung des Mobilfunks) kann diese Einschätzungen allerdings nicht stützen.

Die bisherigen Forschungsansätze (Epidemiologie, Experimente an Tieren und Zellen) lassen bislang nicht erkennen, dass es zu schädlichen Effekten durch elektromagnetische Felder unterhalb oder sogar oberhalb der gesetzlich festgelegten Grenzwerte kommt. Gegenüber früheren Untersuchungen sind die neueren durch wesentliche Fortschritte im Bereich der Dosimetrie gekennzeichnet, so dass in Laborstudien Artefakte durch zu hohe lokale Expositionen (z.B. „hot spots“) kaum noch auftreten und die Exposition der Bevölkerung

wesentlich besser abschätzbar ist als früher. Die Ergebnisse von Feldstudien mit ausreichend großen Probandenzahlen zur möglichen Beeinflussung der Schlafqualität und Befindlichkeit durch Basisstationen konnten keine Effekte nachweisen. Ebenso wenig konnten epidemiologische Studien einen Zusammenhang zwischen der Nähe zu Sendern des Rundfunks und Fernsehens und kindlicher Leukämie aufzeigen. Auch die bislang vorliegenden Teilergebnisse der Interphone-Studie lassen keine Zusammenhänge zwischen der Exposition und dem Auftreten von malignen Gehirnerkrankungen (Gliome und Meningiome) und Akustikusneurinomen erkennen. Tierexperimentelle Untersuchungen und solche an Zellen sprechen ebenfalls gegen eine Krebs-induzierende oder -promovierende Wirkung.

Allerdings müssen mögliche Unterschiede der Exposition von Kindern gegenüber Erwachsenen in zukünftigen Untersuchungen stärker beachtet werden. Dies nicht nur, weil Kinder möglicherweise – bedingt durch anatomische Unterschiede – höhere Absorptionsraten aufweisen als Erwachsene, sondern weil sie in jungen Lebensjahren (mit noch nicht vollständig ausgereiftem Gehirn) zunehmend Mobiltelefone benutzen und ihre kumulative Exposition daher höher ist als wenn der Beginn der Nutzung erst im Erwachsenenalter erfolgt. Auch die relativ konsistent beobachteten Auswirkungen der Exposition auf das EEG sollten weiter untersucht werden, wenngleich Einigkeit darüber besteht, dass diese Effekte keine gesundheitliche Gefahr darstellen. Letztlich müssen die zum Teil sehr hohen Expositionen bei medizinischen Anwendungen (MRT), gerade bei Kindern, kritisch überprüft werden.

Herr **Bornkessel**, Kamp-Lintfort, gab einen Überblick über die verschiedenen Quellen elektromagnetischer Felder und deren Beiträge zur Gesamtexposition der Bevölkerung. Während der Ausbau des UMTS-Netzes (Frequenzbereich ca. 2 GHz) weitgehend abgeschlossen ist und inzwischen mehrere zehntausend Basisstationen im Betrieb sind, ist die Exposition der Bevölkerung in diesem Frequenzbereich vergleichsweise geringer als durch die GSM-Basisstationen (Frequenzbereich ca. 900 MHz) und schöpft den Grenzwert nur zu weniger als 1 % (Median) aus. Zur Expositionsabschätzung eignet sich der Abstand zur Basisstation nicht, sondern wird vielmehr durch die Orientierung zur Hauptabstrahlrichtung, Sichtverhältnisse und bauliche Gegebenheiten beeinflusst.

Die Umstellung des analogen TV-Systems auf das digitale DVB-T (Frequenzen ca. 175 – 225 MHz und 470 – 790 MHz) wurde 2008 abgeschlossen. Die Exposition der Bevölkerung ist zum Teil höher als durch die analogen Sender, aber immer noch deutlich unterhalb der bestehenden Grenzwerte. Die drahtlose WiMAX-Technologie (Frequenzbereich 3,4 – 3,6 GHz und 5,1 – 5,8 GHz) als Überbrückung der „letzten Meile“ wird bislang nur in wenigen Netzen angeboten. Wie beim Mobilfunk (GSM bzw. UMTS) spielt die Exposition durch Basisstationen eine untergeordnete Rolle, während bei Endgeräten deutlich höhere Expositionen (und im Fall der Berührung zum Teil Überschreitungen der Grenzwerte) zu erwarten sind.

Die neue Technologie UWB (Frequenzbereich 3,4 – 4,8 GHz und 6,0 – 8,5 GHz) dient zur Kurzsteckenkommunikation mit hoher Datenrate, spielt aber aufgrund der geringen Sendeleistung gegenüber anderen elektromagnetischen Quellen eine untergeordnete Rolle. Der zum Teil bereits eingeführte BOS-Digitalfunk (Frequenz ca. 400 MHz) für Polizei, Rettungskräfte und Feuerwehr benutzt den TETRA-Standard und ersetzt die störanfälligen und nicht abhörsicheren analogen Systeme. Während die wenigen bislang verfügbaren Daten zur Exposition durch Basisstationen darauf schließen lassen, dass sie in vergleichbaren

Größenordnungen liegen wie die durch zivile Anlagen, fehlen entsprechende Daten für die Endgeräte und sollten erhoben werden.

In naher Zukunft werden die bislang für das analoge TV genutzten Frequenzen versteigert und sollen für die Internet-Breitbandversorgung insbesondere ländlicher Gebiete genutzt werden („Digitale Dividende“). Die Frequenzen liegen im Bereich von 790 – 862 MHz, für innerstädtische Anwendungen im Bereich von 1,8, 2 und 2,6 GHz. Die technischen Einzelheiten (Modulationsarten, Bandbreiten) sind noch nicht spezifiziert.

Im abschließenden Vortrag dieses Themenbereichs berichtete Herr **Schlemmer**, Tübingen, über die Anwendung nicht-ionisierender Strahlen in der Medizin. Die Magnetresonanz-Tomografie (MRT) ist seit 30 Jahren fester Bestandteil der medizinischen Diagnostik. Bislang seien keine gesundheitsgefährdenden Nebenwirkungen berichtet worden, im Vordergrund steht die Unfallverhütung, bedingt durch das starke statische Magnetfeld und die Gefahr durch umher fliegende Metallteile. Im Vortrag wurden viele Beispiele für die Vorteile der MRT-Diagnostik und der Unterstützung bei Therapien gegenüber anderen Verfahren aufgezeigt. Gegenüber CT- und PET-Anwendungen, die zum Teil mit relevanten Dosen ionisierender Strahlung einhergehen, ist die MRT diesbezüglich unbedenklich. Allerdings muss bei der Anwendung von MRT-Geräten berücksichtigt werden, dass neben den starken statischen Magnetfeldern auch Gradientenfelder und gepulste hochfrequente Felder appliziert werden, die zum Teil unerwünschte Effekte haben können (Stimulation peripherer Nerven, Herzrhythmusstörungen, lokale Verbrennungen verursacht durch Implantate oder Zahnspangen usw.). Die Einhaltung von Sicherheitsmaßnahmen und die Unterweisung der an den Geräten tätigen Personen sind daher unabdingbar.

Eine der Kernaussagen des Abendvortrages von Herrn **Proske**, Wien, zum Thema „Risikowahrnehmung in der Gesellschaft“ lautete: Vertrauen ist dreimal schneller zerstört als aufgebaut! Unter anderem am Beispiel der Sonnenstrahlung am Strand machte Herr Proske auf Probleme der Risikowahrnehmung aufmerksam:

- Wirkt positiv auf Psyche
- Steigert Wohlbefinden
- Bildung von Vitamin D
- Licht als Therapieform
- Baut durch Bräunung hauteigenen Sonnenschutz auf
- Und der entscheidende Punkt: der Nutzen ist sofort wahrnehmbar, die Risiken erst zeitverzögert.

Das heißt, der unmittelbar erkennbare Nutzen verstellt den Blick für die in ferner Zukunft möglicherweise auftretenden Schäden.

Die abschließenden Vorträge beleuchteten weitere Aspekte von Risiken. Herr **Breckow**, Gießen, erläuterte seine Gedanken zu „Möglichkeiten des quantitativen Risikovergleichs“. Er kam zu dem Ergebnis, dass im Prinzip ein gewichtetes Individualrisiko für einen gemeinsamen Endpunkt für einen Risikovergleich geeignet ist. Allerdings macht die mangelnde Quantifizierbarkeit den numerischen Vergleich in der Praxis nahezu unmöglich.

Eine Lösung könnte in einem mehrdimensionalen semi-quantitativen Vergleich bestehen (zum Beispiel Erstellung von Klassen für die Nachweisbarkeit von Risiken oder für die Risikohöhe). Wenn das Risiko anhand seines "biologischen Musters" (Doppelstrangbrüche, Cyclobutylpyrimidin-Dimere o.ä.) quantifiziert werden könnte, so wäre ein Vergleich durch Zurückverfolgung der Risikoursachen auf gemeinsame biologische Schadensmuster durchführbar. Dies ist aber zurzeit nur für wenige Strahlungsarten möglich. Bisher gibt es noch keine "Optimierungsstrategie" im Sinn einer Risiko/Nutzen-Gegenüberstellung, einschließlich z.B. sozialer und ökonomischer Faktoren.

Im Vortrag von Herrn **Wiedemann**, Jülich, ging es um „Risikokommunikation: Stiefkind oder Wunschkind? Verlässt sich die Wissenschaft bei der Risikokommunikation auf Bauchgefühle?“ Herr Wiedemann machte mit Hilfe eines Zitats von Paul Valérie die Problematik der Risikokommunikation deutlich:

„What is simple is wrong, what is complex is useless.”

Er führte dann die sieben zentralen Regeln für eine effektive Risikokommunikation an:

1. Akzeptiere und beteilige die Öffentlichkeit als Partner.
2. Plane sorgfältig und evaluiere deine Bemühungen.
3. Berücksichtige die spezifischen Sorgen der Öffentlichkeit.
4. Sei aufrichtig, ehrlich und offen.
5. Arbeite mit anderen vertrauenswürdigen Quellen zusammen.
6. Gehe auf die Bedürfnisse der Medien ein.
7. Sprich klar und mit Überzeugungskraft.

Herr **Huthmacher**, Bonn, referierte abschließend über „Aspekte der Grenzwertstrategien und der Vorsorge“. Er führte aus, dass der Ablauf einer Risikoregulierung auf Verwaltungsseite in einem Vorverfahren startet. Die Wissenschaft ist anschließend aufgerufen, eine Risikoabschätzung zu erstellen, die einer ersten Bewertung zugeführt wird (muss überhaupt etwas getan werden?), bevor Verwaltung und Politik zum Risikomanagement übergehen, das nach einer neuerlichen Bewertung zu Umsetzungen führt, die die Risiken minimieren bzw. auf ein akzeptables Niveau reduzieren.

Die Klausurtagung umfasste ein breites Themenspektrum unter Einschluss aller Strahlungsarten vor dem Hintergrund der damit verbundenen oder auch nicht verbundenen Risiken. Eines der schwierigsten Probleme besteht nach wie vor darin, diese Risiken der Öffentlichkeit verständlich und überzeugend darzustellen. Die Aussagen der Wissenschaftler stoßen hierbei auf durch viele Einflüsse hervorgerufene Voreingenommenheiten, die einen weitgehend emotionsfreien Dialog außerordentlich erschweren. Das Anliegen der in diesem Klausurtagungsband zusammengestellten Beiträge ist es, die Diskussion um Strahlenrisiken zu versachlichen. Die SSK bereitet darüber hinaus eine „Vergleichende Bewertung von Krebsrisiken elektromagnetischer Strahlung“ vor. In dieser Stellungnahme wird es darum gehen, die Evidenzlage für die einzelnen Strahlungsarten im Hinblick auf ihre Fähigkeit oder auch Nicht-Fähigkeit, das Krebsrisiko zu erhöhen, darzustellen.