

Strahlenexposition in Reiseflughöhen

Wie hoch ist die Strahlenbelastung für Flugzeugbesatzungen?

Von Dirk Schalch und Arthur Scharmann

Der Umgang mit Röntgengeräten, radioaktiven Substanzen und Teilchenbeschleunigern sowie der Betrieb von kerntechnischen Anlagen erfordert besondere Schutzmaßnahmen. Dafür existieren nationale und internationale Regularien, z.B. die deutsche Strahlenschutzverordnung. Aufgrund einer Neubewertung der Strahlenexposition der Einwohner von Hiroshima und Nagasaki als Folge der Atombombenabwürfe und neuerer biophysikalischer Erkenntnisse über die Strahlenwirkung begann in den achtziger Jahren eine Diskussion um das bestehende System der Schutzvorschriften für „beruflich strahlenexponierte Personen“. Als Ergebnis wurden unter anderem langjährige Expositionen stärker eingeschränkt als bisher, und der Bewertungsfaktor für schnelle Neutronen angehoben. Infolge dieser Maßnahmen galt es auch, die Risiken des Flugpersonals durch die kosmische Strahlung in Reiseflughöhen neu zu bewerten. Die bis 1990 vorliegenden Literaturdaten über Strahlungsintensitäten in den entsprechenden Höhen waren in Teilen recht unsicher und variierten in weiten Grenzen. Kontrovers wurde insbesondere die Frage diskutiert, ob das Flugpersonal in den Kreis der „beruflich strahlenexponierten Personen“ einzuordnen wäre. In dieser Situation wurde das I. Physikalische Institut vom Berufsverband der deutschen Piloten, der Vereinigung Cockpit, gebeten, Untersuchungen durchzuführen und gutachtlich tätig zu werden.

Höhenstrahlung oder kosmische Strahlung ist eine der Komponenten der natürlichen Umgebungsstrahlung, der wir auf der Erde ständig ausgesetzt sind. In Deutschland trägt sie mit

0,3 mSv (30 mrem) pro Jahr rund 15 Prozent zur mittleren „natürlichen“ Exposition des Menschen von 2 mSv (200 mrem) pro Jahr bei (Tab. 1). Quelle der energiereichen kosmi-

Tabelle 1: Zahlenwerte zur natürlichen und künstlichen Strahlenexposition. Alle Angaben sind Jahresdosen und stellen repräsentative Mittelwerte für die Bevölkerung der Bundesrepublik dar. Die mittlere effektive Gesamtdosis der Bevölkerung liegt damit bei etwa 3,6 mSv oder 360 mrem pro Jahr

Komponenten der natürlichen Strahlenexposition	Effektive Dosis	
	mSv	mrem
Terrestrische Strahlung	0,45	45
Kosmische Strahlung	0,30	30
Körperinnere Strahlung	0,25	25
Strahlung durch Aufenthalt in Häusern	1,00	100
Summe	2,00	200

Komponenten der künstlichen Strahlenexposition	Effektive Dosis	
	mSv	mrem
Medizin	1,50	150
Fallout	0,02	2
Technik, Forschung	0,02	2
Kerntechnische Anlagen	0,01	1
Beruf	0,01	1
Summe	1,56	156

1 mSv (Milli-Sievert) = 100 mrem

schen Strahlung ist – wie der Name sagt – das Weltall. Die primäre kosmische Strahlung besteht hauptsächlich aus positiv geladenen Teilchen (Tab. 2); der Anteil von Gammaquanten

Tabelle 2: Häufigkeitsverteilung der primären kosmischen Strahlung

Teilchenart	Anteil in %
Protonen	85
α -Teilchen	12,5
Schwere Kerne	1,5
Elektronen	1

ist vernachlässigbar klein. Die auf die Atmosphäre auftreffenden Teilchen besitzen ein breites Energiespektrum; man hat Protonenergien bis 10^{12} MeV (Millionen Elektronenvolt), in extrem seltenen Fällen bis 10^{14} MeV gemessen. Diese hohen Teilchenenergien erklärt man mit der Existenz von starken Magnetfeldern im Weltall bzw. in der Umgebung von exotischen Sternen. Die auftretenden Maximalenergien sind um 12 bis 13 Größenordnungen höher als die Energie von Alpha-, Beta- oder Gammastrahlung, die beim radioaktiven Zerfall von instabilen Nukliden ausgesandt wird. Dieser Teilchenstrom trifft mit zeitlich konstanter Intensität und isotrop, d.h. über alle Himmelsrichtungen gleich verteilt, auf die Atmosphäre. Er hat dort eine Flußdichte von rund 10 pro cm^2 und Sekunde und löst Kernreaktionen mit den Luftmolekülen aus, d.h. mit sehr viel höherer Intensität als am Erdboden. Dabei werden sekundäre energiereiche Teilchen erzeugt (Abb. 1), die – wie das Primärteilchen auch – in weiteren Kernreaktionen dann Kaskaden verursachen, die bis zum Erdboden vordringen können. Bei hohen Primärenergien können in solchen Kaskaden bis zu einer Milliarde Sekundärteilchen gebildet werden, hauptsächlich Elektronen.

Das Magnetfeld der Erde hat großen Einfluß auf die primäre und sekundäre Strahlung. Durch Lorentz – Kräfte werden die geladenen Teilchen im Magnetfeld abgelenkt (Abb. 2) und bewegen sich dann auf Spiralbahnen um die magnetischen Feldlinien, sofern ihre Energie nicht zu hoch ist. Dies führt z.B. zur Ausbildung der bekannten van Allen – Strahlungsgürtel in 1000 bis 6000 km und 15000 bis

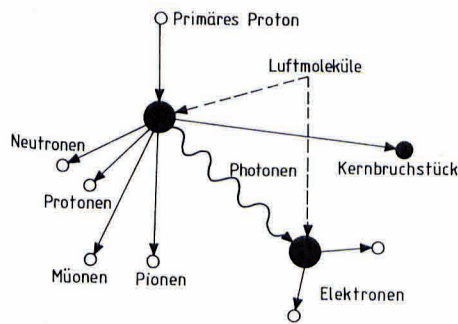


Abb. 1: Schematische Darstellung der Wechselwirkung eines primären Höhenstrahlungsteilchens mit Luftmolekülen

25000 km Höhe, in dem erheblich höhere Strahlungsintensitäten auftreten als in Reise-flughöhen. Dies führt weiterhin dazu, daß Primärteilchen mit Energien kleiner als 10 – 15 GeV (Milliarden Elektronenvolt) in äqua-torialen Breiten kaum in die Atmosphäre ein-dringen können und zu den Polen hin abge-lenkt werden. Das wiederum hat zur Folge, daß die Sekundärstrahlung in polaren Gebie-ten intensiver ist als in äquatorialen.

Das Magnetfeld der Erde bewirkt auch, daß der Beitrag der Sonne zur Höhenstrahlung im zeitlichen Mittel gering ist. Bei Sonnenerup-tionen sind die Energien der emittierten Pro-tonen – die selten 1 GeV übersteigen – zu ge-



Foto: AP

ring, um den magnetischen Schild der Erde in niedrigen und mittleren Breiten zu durchdrin-gen. Nur in polaren Breiten können die Pro-tonen in die Atmosphäre eindringen und Kaska-denprozesse mit hohen Ionisationsdichten in den oberen Schichten der Atmosphäre auslö-sen. Diese Prozesse sind auch ursächlich für Nordlichter und Funkstörungen.

– In 10 bis 12 km Höhe ist der Strahlungsfluß um zwei bis drei Größenordnungen (rund 100 bis 1000 mal) höher als am Erdboden.

– Die Gesamtexposition (von allen Kompen-ten der Höhenstrahlung) ist an den Polen durch den Einfluß des Erdmagnetfeldes dop-pelt so hoch wie am Äquator.

In den relevanten Reise-flughöhen, normaler-weise 10 bis 12 km, trägt ausschließlich die Sekundärstrahlung zur Exposition der Flug-zeuginsassen bei. Selbst bei Überschall-Flü-ge-n bis 18 km Höhe (Concorde) hat nur die Se-kundärstrahlung einen wesentlichen Einfluß.

– Sekundär erzeugte Neutronen tragen zu einem erheblichen Teil zur Exposition in Rei-se-flughöhen bei. Der Neutronenfluß ist an den Polen um einen Faktor 5 (10 km Höhe) größer als am Äquator, d.h. sein Anteil an der Ge-samtexposition ist dort erheblich größer als am Äquator. Es sei hier angemerkt, daß Neu-tonen als ungeladene Teilchen das Erdmagnet-feld nicht „spüren“. Ihre Erzeugungsrate durch die geladenen Protonen ist aber durch das Erd-magnetfeld, d.h. durch die „geomagnetische“ Breite, beeinflusst.

Messung der Höhenstrahlung in Reiseflughöhen

Die ersten Messungen der Höhenstrahlung hat Viktor Hess im Jahre 1912 (Nobelpreis 1936) in einem Heißluftballon bis rund 5000 m Höhe durchgeführt. Umfangreiche Untersuchungen der Höhenstrahlung wurden in den dreißiger Jahren von Regener in Stuttgart und dann in den fünfziger und sechziger Jahren vor allem in den USA vorgenommen. Flüge mit Ballons und Flugzeugen in unterschiedlichen Breiten zwischen Äquator und Polen haben zu wichti-gen Erkenntnissen über die Strahlenexposition in Verkehrsflugzeugen geführt:

– Der sekundäre, atmosphärische Strahlungs-fluß wird durch den elfjährigen Zyklus der so-laren Aktivität moduliert. Der Sonnenwind, ein im elfjährigen Rhythmus in seiner Inten-sität variierender Protonenfluß, beeinflusst das Erdmagnetfeld in großen Höhen. Das hat zur Folge, daß die Abschirmung der kosmischen Strahlung durch das Erdmagnetfeld im glei-chen Rhythmus moduliert wird. Im Maximum der Sonnenaktivität ist der Strahlungsfluß in der Atmosphäre geringer als im Minimum (vgl. Abb. 3).

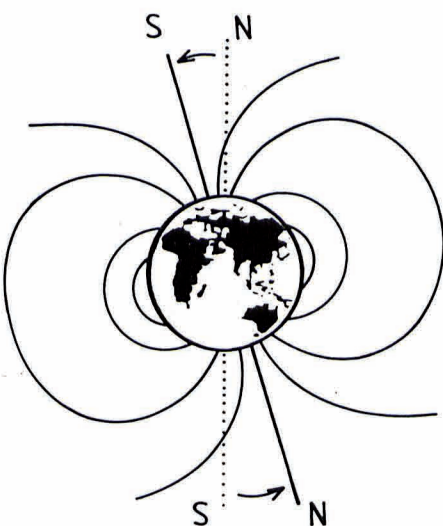


Abb. 2: Verlauf der Feldlinien des Erdmagnetfeldes in größeren Höhen. Punktierte Linie: Drehachse der Erde mit geographischer Nord- und Südrichtung. Durchgezogene Linie: geomagnetische Achse des Erdmagnetfeldes, die um 11° gegen die Drehachse geneigt ist. In der Nähe des geographischen Nordpols liegt der geomagnetische Südpol (seine gegenwärtigen geographischen Koordinaten: 79°N, 71°W)

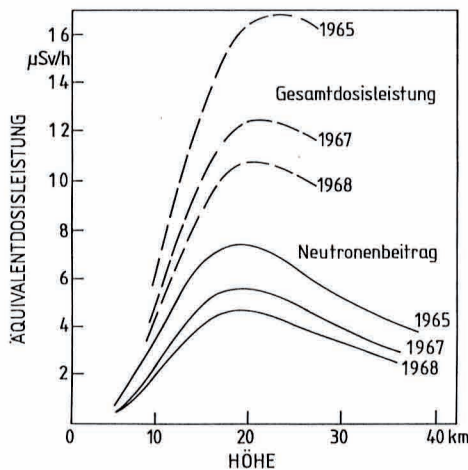


Abb. 3: Dosisleistung als Funktion der Höhe und der solaren Aktivität nach Fo 74, 1968: Maximum der solaren Aktivität, 1965: Minimum der solaren Aktivität.

-Durch gelegentliche starke Sonneneruptionen und die damit verbundenen intensiven Protonenflüsse wird das atmosphärische Strahlenfeld kurzzeitig moduliert. Das bedeutet, innerhalb von wenigen bis zu etwa 24 Stunden kann der Strahlungsfluß in hohen Breiten um ein bis zwei, seltener um drei Größenordnungen anwachsen. Das führt zu den bekannten, intensiven Nordlichterscheinungen, die sich in seltenen Fällen bis in mittlere Breiten ausdehnen – parallel dazu zu kurzfristigen, entsprechend erhöhten Strahlenexpositionen in Reiseflughöhen.

In Abbildung 3 sind Expositionsdaten in Abhängigkeit von der Höhe und dem Zeitraum im solaren Zyklus wiedergegeben, die teilweise auf Messungen sowie zusätzlichen computergestützten Extrapolationen beruhen. Aus diesen und anderen wissenschaftlichen Ergebnissen ließ sich in der Vergangenheit ableiten, daß die Strahlenbelastung des fliegenden Personals bei wenigen mSv/a lagen, d.h. unter 1/10 des Grenzwerts von 50 mSv/a (5 rem/a) für „beruflich strahlenexponierte“ Personen – mithin kein Handlungsbedarf zu Begrenzung von Strahlenrisiken bestand.

Grenzwerte der Strahlenbelastung

Energiereiche Strahlung hat biologische Wirkungen: Moleküle werden ionisiert – das führt zur Spaltung von Molekülen, zur Bildung von Radikalen sowie zur Bildung neuer Molekülspezies. Die Auswirkungen auf den komplizierten menschlichen Organismus sind bei hohen Dosen Gewebeerstörungen (Strahlenverbrennungen) und organische Funktionsstörungen; schon bei niedrigen Dosen muß mit

genetischen Defekten und der Induktion von Krebs gerechnet werden. Insbesondere genetische und Krebs – Risiken haben dazu geführt, daß man schon früh Grenzwerte für die Exposition durch Strahlung gesetzlich verankert hat. Bis in die achtziger Jahre galten die Grenzwerte: 50 mSv pro Jahr für „beruflich strahlenexponierte Personen“ und 0,3 bzw. 1 mSv pro Jahr für die Normalbevölkerung (Tab. 3, „ALT“). Auf Detailregelungen soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden, ein wesentlicher Gesichtspunkt ist aber das Minimierungsgebot im Strahlenschutz bzw. das ALARA-Prinzip („as low as reasonably achievable“) im angelsächsischen Sprachgebrauch. Die Setzung von Grenzwerten bedeutet nicht, daß diese Jahr für Jahr beliebig ausgeschöpft werden sollen, insbesondere nicht, daß ein Risiko erst oberhalb der Grenzwerte einsetzt. Durch vertretbare Maßnahmen soll die Jahresdosis der „beruflich Strahlenexponierten“ deutlich unterhalb des Jahresgrenzwerts bleiben. Unterschreiten beispielsweise die Dosen von Beschäftigten einer kerntechnischen Anlage im Mittel 1/10 des Grenzwerts von 50 mSv/a, so gilt dieser Betrieb als „sicher“.

Tabelle 3: Dosisgrenzwerte

a) für „beruflich Strahlenexponierte“	
Alt:	50 m Sv/Jahr (5 rem/Jahr)
Neu:	Deutsche Strahlenschutzverordnung von 1989:
	Maximal 50 mSv in einem einzelnen Jahr, aber durchschnittlich nur 10 mSv/Jahr während eines angenommenen Berufslebens von 40 Jahren
	International Commission on Radiological Protection, 1991:
	Maximal 50 mSv in einem einzelnen Jahr, aber durchschnittlich nur 20 mSv/Jahr innerhalb von 5 Jahren
b) für „die Normalbevölkerung“	
	(aus künstlichen Strahlenquellen, Medizin nicht eingeschlossen)
	ICRP 1985/91: 1 mSv/a (100 mrem/a)
	Deutschland: 0,3 mSv/a (30 mrem/a)

Die Situation änderte sich grundlegend in den achtziger Jahren. Aufgrund einer Neubewertung der Strahlenexpositionen der Bevölkerung von Hiroshima und Nagasaki als Folge der Atombombenabwürfe und neuerer biophysikalischer Erkenntnisse über die Strahlenwirkungen wurde das Strahlenrisiko neu bewertet (Tab. 3, „NEU“). Zusätzlich wurde der Qualitätsfaktor für schnelle Neutronen angehoben, d.h. daß einer bestimmten Flußdichte schneller Neutronen ein höherer Dosiswert zugeordnet wird als früher. Eine der Folgen dieser Änderungen war, daß die Strahlenexpositionen in Reiseflughöhen neu bewertet werden mußten.

Messungen des I. Physikalischen Instituts

Schon 1985 hatte Bramlitt (Br 85) in den USA darauf hingewiesen, daß das fliegende Personal der Luftfahrtgesellschaften infolge der neuen Bewertung von Strahlenrisiken in den Kreis der „beruflich Strahlenexponierten“ aufgenommen werden mußte. Im Jahre 1989 legte dann die US-Luftfahrtbehörde FAA modifizierte, an den neuen Normen orientierte Daten zur Exposition des fliegenden Personals vor. In Deutschland wurde daraufhin im Jahre 1990 ein aufwendiges, mit öffentlichen Mitteln finanziertes Meßprogramm (Arbeitsgruppe Lufthansa-GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, München) initiiert. Zwischenzeitlich hatte die „International Commission on Radiological Protection“ (ICRP, IC91) den veränderten Aspekten Rechnung getragen: In ihren Empfehlungen von 1990 wurde das fliegende Personal inklusive der „Vielflieger“ als „strahlenexponiert“ betrachtet (ICRP 60). Ende 1990 trug ein Vertreter der deutschen Arbeitsgruppe vorläufige Ergebnisse ihres Meßprogramms vor, mit dem Ergebnis, die Strahlenexposition des fliegenden Personals sei „niedriger als erwartet“ – wesentlich niedriger als die vom US-FAA publizierten Daten. Daraufhin bat uns der Pilotenverband „Vereinigung Cockpit e.V.“ um unabhängige, zusätzliche Messungen in Verkehrsflugzeugen.

Wir haben, in Zusammenarbeit mit einem Ingenieurbüro, insgesamt sechs Meßflüge (Frankfurt – New York, Düsseldorf – San Francisco, Frankfurt – Seattle und zurück) unternommen. Diese Nordatlantikrouten sowie das Meßprogramm waren aus den nachfolgend genannten Gründen festgelegt worden:

– Die Flugrouten führten überwiegend durch hohe geomagnetische Breiten, in denen der atmosphärische Strahlenfluß sein Maximum hat, d.h. die Ergebnisse würden Aussagen über die am höchsten exponierten Flugzeugbesatzungen ermöglichen.

– Im Flugverkehr zwischen Europa und Nordamerika zählen diese Routen zu den am häufigsten frequentierten.

– Innerhalb des Meßprogramms hatte die Messung von Neutronendosen Priorität, da auf Nordrouten von dieser Komponente der höchste Dosisanteil (ca. 70 Prozent nach den neuen Normen) erwartet werden mußte. Bestimmt wurden weiterhin die Beiträge der „ionisierenden Komponente“ zur Gesamtdosis (Gamma-, Elektronen-, Müonen-Strahlung). Ebenso wurde versucht, die Beiträge von schnellen Protonen und von sogenannten „Sternen“ zu bestimmen. Als „Sterne“ bezeichnet man die durch schnelle Teilchen ausgelösten Kernreaktionen, die sich durch „sternförmige“ Spu-

ren von im getroffenen Atomkern enthaltenen Bausteinen (z.B. Protonen, Kernbruchstücke etc.) in sogenannten „Kernspurdetektoren“ manifestieren. Diese „Sterne“ werden auch im Körper von Flugpersonal und – passagieren erzeugt und haben eine hohe biologische Wirksamkeit.

Es muß hier angemerkt werden, daß die für den „irdischen“ Strahlenschutz konzipierten Meßgeräte nur bedingt für Messungen im komplexen atmosphärischen Strahlenfeld geeignet sind. Zum ersten sind Messungen sowie Interpretationen von Meßergebnissen in Strahlenfeldern mit vielen Komponenten generell – auch auf der Erde – schwer. Zum zweiten können die Meßgeräte nur schwer und unter Zuhilfenahme von Rechenverfahren für die Teilchen- und Quantenenergien bzw. -spektren der Höhenstrahlung geeicht werden. Zum dritten sind die gegenwärtig verfügbaren Meßgeräte noch für Messungen gemäß der alten Normen (ICRP 21, IC 73) konzipiert. Zum vierten sind die zeitlich variablen Parameter des atmosphärischen Strahlungsflusses nicht ohne immensen Aufwand exakt zu erfassen:

- die Variationen der Intensität und der Energiespektren der Komponenten mit der Höhe und der geomagnetischen Breite,

- die langzeitigen Variationen mit dem elf-jährigen Sonnenfleckenzyklus (wir haben in einer Zeit des Minimums des atmosphärischen Strahlungsflusses gemessen, vgl. Abb. 3),

- die kurzfristigen Variationen des Strahlungsfeldes infolge von starken Sonneneruptionen („solar flares“). Derartige Effekte sind während unserer Meßflüge nicht aufgetreten.

Zusätzlich muß berücksichtigt werden:

- daß die Annahmen über Flugstunden zwischen 250 und 600 in Höhen von 10 km und darüber durch einen (begrenzten) Kreis von Flugzeugbesatzungen überschritten wird (z.B. bei Frachtflügen und bei bestimmten Airlines),

- daß die medizinisch – biologischen Hintergrunddaten, auf deren Basis Qualitätsfaktoren für z.B. schnelle Neutronen, geladene Teilchen wie Protonen oder Alphas etc. festgelegt sind, hohe Unsicherheiten enthalten. Neuere diesbezügliche Erkenntnisse scheinen auch die ICRP 60 – Annahmen in Frage zu stellen.

Das bedeutet aber, daß alle Messungen – auch unsere – mit gewissen Unsicherheiten behaftet sind. Strahlenschutzrelevante Meßergebnisse müssen deshalb „konservativ“, d.h. unter Berücksichtigung realistischer oberer Grenzen, interpretiert werden.

Abbildung 4 zeigt beispielhaft unsere Meßergebnisse vom Flug Düsseldorf – San Francisco in Abhängigkeit von Flughöhen, geomagnetischen Breiten und Flugpositionen (Sc 1991). Aus diesen und den übrigen Meßergeb-

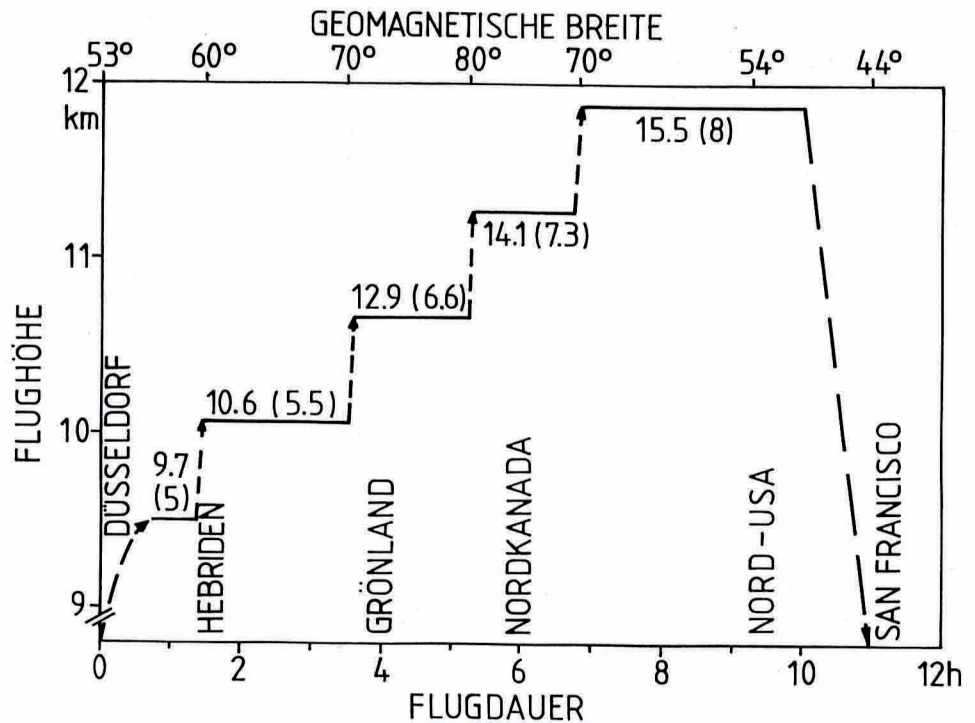


Abb. 4: Gesamtosisleistungen während des Fluges Frankfurt – San Francisco bei konstanten Flughöhen in mSv/h: konservative Werte nach ICRP 60 (neu); in Klammern: Meßwerte nach ICRP 21 (alt).

nissen konnten wir die in Tabelle 4 wiedergegebenen Expositionsdaten für das fliegende Personal auf Nordatlantikrouten in konservativer Weise ableiten.

Die unmittelbaren Meßergebnisse nach den alten Normen (ICRP 21 bzw. Strahlenschutzverordnung von 1976) wurden auf zweierlei Weise korrigiert:

- Zum einen hinsichtlich der Isotropie der schnellen Neutronen bis etwa 10 MeV, die durch „Verdampfung“ aus den getroffenen Atomkernen entstehen. Energiereiche Neutronen mit Energien > 10 MeV sind anisotrop und kommen im wesentlichen „von oben“. Unser Meßgerät hat – wie nahezu alle anderen auch – kein isotropes Ansprechvermögen. Der Bestwert für den Korrekturfaktor ist 1,2, d.h. die primären Meßwerte müssen mit dem Fak-

tor 1,2 korrigiert werden. Wenn man aber berücksichtigt, daß die aus der Literatur bekannten (unterschiedlichen) Neutronenspektren auf Computerrechnungen beruhen, die auf einer begrenzten Zahl von Meßpunkten basieren, so müssen Meßunsicherheiten einkalkuliert werden. Daher haben wir als konservativen („worst case“) Korrekturfaktor 1,5 angesetzt.

- Eine zweite Korrektur ist notwendig, um die nach ICRP 60 erhöhten Qualitätsfaktoren für schnelle Neutronen zu berücksichtigen. Ein rechnerischer Bestwert für die Korrektur mag – je nach unterstelltem Neutronenspektrum – bei 1,3 bis 1,5 liegen. Wir haben, wiederum konservativ, einen Faktor 2 gewählt. Dieser Faktor wird im übrigen auch von den Vertretern des US – FAA verwendet.

Tabelle 4: Ausgewählte Daten von zwei Meßflügen

	Frankfurt – New York 30. November 1990	Düsseldorf – San Francisco 16. Mai 1991
Maximale Flughöhe	11,3 km	11,9 km
Geomagnetische Breiten ^a	>55 °N	>55 °N
Gesamtdosis pro Flug ^b	100 µSv (10 mrem)	130 µSv (13 mrem)
Mittlere Dosisleistung ^b	11,8 µSv/h (1,18 mrem/h)	11,8 µSv/h (1,18 mrem/h)
Jährliche Gesamtdosis bei 250 bzw. 600 h in Flughöhen >10 km ^b	400–900 mSv/a (0,4–0,9 rem/a)	

^a Überwiegender Dosisanteil aus diesen Breiten

^b Konservative Werte unter Berücksichtigung von ICRP 60

Vergleicht man die in Tab. 3 angegebenen, konservativen Expositionsdaten von 4 – 9 mSv/a (400 bis 900 mrem/a) mit den Grenzwerten für „beruflich strahlenexponiertes Personal“, so erkennt man, daß diese Werte nahe an den aktuellen jährlichen Langzeitlimits von 10 mSv/a bzw. 20 mSv/a (vgl. Tab. 2) liegen. Tatsache ist, daß diese Jahresdosen über den Durchschnittsdosen von Beschäftigten in kerntechnischen Anlagen liegen. Tatsache ist auch, daß das Risiko eines Piloten, bei einem Flugzeugabsturz ums Leben zu kommen, geringer ist als das, an einer strahleninduzierten Krebserkrankung zu sterben.

Schlußfolgerungen und Ausblick

Das Flugpersonal ist demnach zweifellos in den Kreis der „beruflich strahlenexponierten Personen“ einzuordnen – mit allen sich daraus ergebenden Konsequenzen. Die „International Commission of Radiological Protection“ hat dies schon in ihre Empfehlungen von 1990/91 aufgenommen (ICRP 60). Diese Empfehlungen müssen nun in EG-Recht bzw. in deutsches Recht aufgenommen und durch entsprechende Maßnahmen umgesetzt werden. Anlaßlich eines EG – Meetings im Jahre 1991 wurden die fachlichen Grundlagen dafür gelegt.

In Deutschland kam es bedauerlicherweise zu einer Kontroverse, im Verlauf derer unsere Meßergebnisse angezweifelt wurden. Im Ja-

nuar dieses Jahres kamen Gutachter des Bundesamtes für Strahlenschutz, in Amtshilfe für den Verkehrsminister, zu dem Ergebnis, daß unsere Messungen weder unkorrekt sind, noch zu den bekannten Literaturdaten im Widerspruch stehen (Bf 92). Das Bundesamt für Strahlenschutz wird jetzt zusammen mit dem US-Energieministerium (US-DOE) und der EG ein neues großangelegtes Meßprogramm vorstellen, das geeignet sein wird, die Expositionen des Flugpersonals durch die Höhenstrahlung genauer, als es bisher möglich war, einzugrenzen. Dieses Ziel wird sich angesichts der oben dargelegten Parametervielfalt nur im Rahmen eines Großprojektes erreichen lassen, das viele Millionen Mark verschlingen wird. Auf Einladung des Bundesamtes für Strahlenschutz sollen wir an diesen Untersuchungen teilnehmen.

Literatur:

- Br 85: BRAMLITT, E. T., Health Physics 49, 945 (1985)
 IC 73: ICRP 21, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press Oxford, 1973
 IC 91: ICRP 60, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press Oxford, 1991
 Fo 74: FOELSCHIE, T. ET AL., NASA Technical Note, NASA TN D-7715 (1974)
 Bf 92: Pressemitteilung des Bundesamtes für Strahlenschutz, 04.02.1992
 Se 91: SCHALCH, D. UND SCHARMANN, A., EG-Workshop on Radiation Exposure of Civil Aircrew, Luxemburg, 25.-27.05.1991

Zu den Autoren:



Dr. Dirk Schalch, Jahrgang 1942, studierte in Gießen Physik. Er ist Akademischer Oberrat am I. Physikalischen Institut der Justus-Liebig-Universität und beschäftigt sich u.a. mit Problemen des praktischen Strahlenschutzes.

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Arthur Scharmann, Jahrgang 1928, seit 1969 Direktor des I. Physikalischen Instituts der Universität Gießen, ist Vorsitzender der Schutzkommission des Bundesministeriums des Innern, Mitglied der Strahlenschutzkommission des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Kurator der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig.

JUSTUS-LIEBIG-
 UNIVERSITÄT
 GIESSEN