



Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

<http://www.ssk.de>

Bewertung des Strahlenrisikos beim fliegenden Personal

Stellungnahme der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 194. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 23./24. September 2004

Die Ermittlung der Strahlenexposition des fliegenden Personals sowie die Bewertung des dadurch verursachten beruflichen Strahlenrisikos ist ein wichtiges strahlenhygienisches Aufgabenfeld. Ausgehend von der EU-Grundnorm 96/29/EURATOM wurde in den nationalen Strahlenschutzverordnungen in den Ländern der EU – so auch in der deutschen Strahlenschutzverordnung – die Berufsgruppe des fliegenden Personals in die Gruppe der beruflich Strahlenexponierten einbezogen und Strahlenschutzregelungen unterworfen.

Die Strahlenschutzkommission (SSK) hat zur Strahlenexposition des fliegenden Personals in einer Reihe von Empfehlungen und anderen Publikationen bereits mehrfach Stellung genommen [SSK 95, SSK 03], wobei der Schwerpunkt auf Fragen der Dosisermittlung lag.

Ab 1996 wurde eine Reihe epidemiologischer Studien zur Krebssterblichkeit und zu -erkrankungen des fliegenden Personals insbesondere europäischer Fluggesellschaften begonnen, deren Planung und Auswertung – soweit gemeinsam durchgeführt – durch ein EU-Programm gefördert wurden. Diese Studien stellen die größten bisher durchgeführten Untersuchungen zu dieser Fragestellung dar und umfassen rund die Hälfte des gesamten europäischen Flugpersonals.

Die SSK nimmt die Studienergebnisse zum Anlass, eine eingehende strahlenhygienische Bewertung der beruflichen Belastung des fliegenden Personals vorzunehmen.

Auf der Grundlage der Kohortenstudien sind sowohl Auswertungen zur Mortalität als auch zur Inzidenz vorgenommen worden. Die bis 2003 publizierten europäischen Mortalitätsstudien zeigen als auffälligstes Ergebnis, dass für das Cockpitpersonal die Sterblichkeitsraten sowohl für alle Todesursachen zusammen als auch für alle Krebstodesursachen zusammen und für Herz-Kreislauf-Erkrankungen statistisch signifikant deutlich herabgesetzt sind. Ein gleiches Bild ergibt sich bei Flugbegleiterinnen. Die erwähnten Sterblichkeitsraten beziehen sich auf den Vergleich mit der Allgemeinbevölkerung. Dabei ist zu beachten, dass sich das fliegende Personal wegen der besonderen Auswahl und der Kontrollmaßnahmen hinsichtlich des Gesundheitsstatus von der Allgemeinbevölkerung unterscheidet („healthy worker effect“).

In den *Mortalitätsstudien* wird abweichend von dem allgemeinen Trend zu herabgesetzten Sterblichkeitsraten für die Cockpit-Crew eine statistisch signifikant erhöhte Sterblichkeit nur für das maligne Melanom festgestellt.

In den *Inzidenzstudien* findet sich bei Piloten und Kabinenpersonal eine statistisch signifikant erhöhte Erkrankungsrate für Hautkrebs (einschließlich malignes Melanom) und bei der weiblichen Kabinenbesatzung eine erhöhte Erkrankungsrate an Brustkrebs in den Einzelstudien, die sich bei einer zusammenfassenden Analyse der bislang nur einzeln ausgewerteten Studien als statistisch signifikant erweist.

Für das Auftreten von Leukämien ergibt sich in den Studien kein einheitliches Bild. Für alle anderen Tumorlokalisationen zeigen sich keine Auffälligkeiten.

Die vorliegenden epidemiologischen Studien zum fliegenden Personal zeigen übereinstimmend erhöhte Sterblichkeits- und Erkrankungsraten für das maligne Melanom. Da bislang aber generell kein Zusammenhang zwischen der Wirkung ionisierender Strahlung und dem Auftreten des malignen Melanoms festgestellt wurde, sind andere einwirkende Faktoren beim fliegenden Personal wahrscheinlicher. In erster Linie kommt eine UV-Exposition in Betracht, die allerdings nicht der beruflichen Tätigkeit, sondern eher dem nichtberuflichen Bereich zuzuordnen wäre. Für die erhöhten Brustkrebsraten kann eine berufliche Belastung mit ionisie-

render Strahlung als mögliche Ursache nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Allerdings sind viele bekannte andere Risikofaktoren für Brustkrebs (mögliche Confounder) in den vorgestellten Studien nicht ausreichend erfasst worden. Dazu zählen z.B. reproduktive Faktoren wie die Anzahl der Kinder und das Alter bei der ersten Geburt. Es werden aber auch Störungen des Schlaf-Wach-Rhythmus' und in diesem Zusammenhang Störungen des Melatonin-Haushalts diskutiert.

Die gesamte berufliche Exposition des fliegenden Personals mit ionisierender Strahlung lag in den untersuchten Kohorten im Durchschnitt bei 15 mSv, so dass allenfalls mit einer geringen Auftrittswahrscheinlichkeit von strahlenbedingten Erkrankungen gerechnet werden kann. Die vorliegenden epidemiologischen Studien zum Strahlenrisiko beim fliegenden Personal widersprechen dieser Einschätzung nicht.

Zusammenfassend kann aus den vorliegenden Studien kein Zusammenhang von kosmischer Strahlung und Erkrankungen beim fliegenden Personal abgeleitet werden. Aufgrund der mittlerweile häufigeren Flüge in größeren Höhen ist allerdings von einer höheren Lebenszeitdosis als in den ausgewerteten Kohortenstudien auszugehen. Die SSK ist daher der Meinung, dass die gegenwärtige Praxis der Einordnung des fliegenden Personals als beruflich strahlenexponierte Personen eine sachgerechte und ausreichende Strahlenschutzmaßnahme ist. Die SSK spricht sich dafür aus, die Problematik der Strahlenexposition des fliegenden Personals auch weiterhin wissenschaftlich zu begleiten.

**Wissenschaftliche Begründung zur SSK-Stellungnahme:
Bewertung des Strahlenrisikos beim fliegenden Personal**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Studiendesign	3
3	Ergebnisse.....	4
	3.1 Europäische Kohortenstudien zur Krebssterblichkeit	4
	3.2 Nordeuropäische Kohortenstudien zu Krebsneuerkrankungen	5
	3.3 Weitere Studien.....	6
4	Bewertung	7
5	Literatur	7

1 Einleitung

Die vorliegende Stellungnahme bezieht sich auf die europäischen Kohortenstudien zur Bewertung des Strahlenrisikos des fliegenden Personals, da sie die größten bisher durchgeführten Untersuchungen zu dieser Fragestellung sind und rund die Hälfte des gesamten europäischen Flugpersonals umfassen. Die Ergebnisse dieser Analysen sind in einer Reihe von Arbeiten publiziert: Hierzu zählen die gepoolte Auswertung der Mortalitätsstudien aus den einzelnen Ländern [BLE 03, ZEE 03, LAN 04], die gepoolte Auswertung von Inzidenzstudien über Piloten aus den nordeuropäischen Ländern [PUK 03] und Inzidenz- sowie Fall-Kontroll-Studien über das Kabinenpersonal aus den nordeuropäischen Ländern [HAL 01, RAF 01, LIN 03, RAF 03a, RAF 03b]. Die in die gepoolten Auswertungen eingeflossenen Studien werden hier nicht gesondert aufgeführt.

Zu den beruflich bedingten Einwirkungen auf das untersuchte Flugpersonal zählen neben der ionisierenden Strahlung kosmischen Ursprungs zum Beispiel auch elektromagnetische Felder im Cockpit, unregelmäßige Arbeitszeiten und häufige Wechsel der Zeitzone sowie die Belastung durch Passivrauchen.

Über die Höhe der Strahlenexposition liegen sowohl Daten aus Messflügen als auch theoretische Berechnungen vor [FRI 89, ÖFS 97, OKS 98, BEL 00, MEN 00, SCH 00, LEW 01]. Ausgehend von einer jährlichen Arbeitszeit von 600 bis 1000 Flugstunden liegt die jährliche effektive Dosis eines Crewmitgliedes bei ca. 2-5 mSv.

2 Studiendesign

Die einzelnen historischen Kohortenstudien schließen alle Personen ein, die im Zeitraum 1960-1997 mindestens ein Jahr im Flugdienst beschäftigt waren. Die Gesamtkohorte umfasst 44.142 Beschäftigte in der Kabine (33.063 Frauen, 11.079 Männer) und 27.797 männliche Piloten und Flugingenieure. Mit insgesamt 1.204.029 Personenjahren und 3263 Todesfällen ist die Studie zur Krebssterblichkeit des fliegenden Personals die derzeit größte Studie zu dieser Fragestellung.

Für den Vergleich der Sterblichkeitsraten unter den Mitgliedern der Kohorten mit derjenigen der Allgemeinbevölkerung wurden zum einen altersstandardisierte Mortalitätsverhältnisse (SMR: Standardized Mortality Ratio) auf der Grundlage landesspezifischer Raten der WHO berechnet. Zum anderen wurden Dosis-Wirkungs-Beziehungen auf der Basis der Beschäftigungsdauer als Maß für die Dosis aufgestellt. Die Wirkung wurde in Form von relativen Risiken (RR) ermittelt.

Aussagefähige Inzidenzstudien konnten nur in Ländern mit ausreichend guter Krebsregistrierung, also z.B. in den nordeuropäischen Ländern, durchgeführt werden. Ähnlich wie bei den Mortalitätsstudien wurden altersstandardisierte Inzidenzverhältnisse (SIR: Standardized Incidence Ratio) und relative Erkrankungsrisiken (RR) berechnet. Eine gemeinsame Auswertung ist bislang nur für die Piloten publiziert.

3 Ergebnisse

3.1 Europäische Kohortenstudien zur Krebssterblichkeit

Das auffälligste Ergebnis der Studien ist eine statistisch signifikante, deutliche Herabsetzung der Sterblichkeitsrate für das Cockpitpersonal sowohl für alle Todesursachen zusammen als auch für alle Krebstodesursachen zusammen und für Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Tab. 1).

Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Flugbegleiterinnen: Es finden sich statistisch signifikant erniedrigte Sterblichkeitsraten für alle Todesursachen zusammen, für alle Krebstodesursachen zusammen und für Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Tab. 1).

Das männliche Kabinenpersonal hat dagegen leicht erhöhte Sterblichkeitsraten für alle Todesursachen zusammen und eine leicht erniedrigte, jedoch nicht signifikante Sterblichkeitsrate für alle Krebstodesursachen zusammen. Statistisch signifikant erniedrigt ist die Sterblichkeit an Herz-Kreislauf-Erkrankungen.

In den Mortalitätsstudien wird abweichend von dem allgemeinen Trend zu herabgesetzten Sterblichkeitsraten für die Cockpit-Crew eine statistisch signifikant erhöhte Sterblichkeit nur für das maligne Melanom festgestellt.

Tab. 1: Standardisiertes Mortalitätsverhältnis (SMR) des europäischen Flugpersonals

	Piloten			Kabinenpersonal					
	Männer			Frauen			Männer		
	N*	SMR	95 %-KI	N	SMR	95 %-KI	N	SMR	95 %-KI
alle Todesursachen	2244	0,64	0,61-0,67	441	0,80	0,73-0,88	571	1,09	1,00-1,18
Herz-Kreislauf-Erkrankungen	534	0,51	0,46-0,56	13	0,27	0,14-0,49	66	0,62	0,48-0,83
alle Krebstodesursachen	677	0,68	0,63-0,74	171	0,78	0,66-0,95	119	0,90	0,74-1,12
– Malignes Melanom	25	1,78	1,15-2,67	2	0,36	0,04-1,37	6	1,93	0,70-4,44
– Hautkrebs sonstige	–	–	–	–	–	–	3	9,67	1,98-30,45
– Lungenkrebs	153	0,53	0,44-0,62	17	0,82	0,48-1,41	24	0,75	0,47-1,17
– Leukämien außer CLL	21	1,12	0,67-1,70	7	1,20	0,49-2,73	5	1,57	0,50-3,81
– Brustkrebs	–	–	–	59	1,11	0,82-1,48	–	–	–

* Anzahl der Fälle

Beim Cockpit-Personal wurde eine statistisch signifikante Abnahme der Sterblichkeit mit zunehmender Beschäftigungsdauer für folgende Todesursachen festgestellt: alle Todesursachen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Leukämien insgesamt, nicht aber für Leukämien außer CLL. Lediglich für Dickdarmkrebs wurde ein positiver Zusammenhang gefunden. In einer späteren Veröffentlichung [LAN 04] wurde eine individuelle Dosisabschätzung in Abhängigkeit von Flugstunden, Flugzeugtyp, Annahmen zu Flugrouten, Kalenderjahr sowie weiterer Parameter vorgenommen. Hierbei zeigten Vergleiche mit internen Kontrollgruppen keine erhöhte Sterblichkeit für Krebs allgemein oder für strahleninduzierbare Krebsarten.

Beim Kabinenpersonal wurde kein Zusammenhang zwischen Beschäftigungsdauer und Sterblichkeit insgesamt oder Sterblichkeit für strahleninduzierbare Tumoren beobachtet.

3.2 Nordeuropäische Kohortenstudien zu Krebsneuerkrankungen

Die vorliegenden Studien weisen statistisch signifikant erhöhte Inzidenzraten für Hautkrebs (einschließlich malignes Melanom) bei Piloten und Kabinenpersonal nach (Tab. 2 und 3). Bei der weiblichen Kabinenbesatzung (Tab. 4) werden erhöhte Raten für Brustkrebs beobachtet, die sich bei einer vorläufigen zusammenfassenden Analyse der bislang nur einzeln ausgewerteten Studien als statistisch signifikante Erhöhung erweist (Tab. 4, letzte Spalte). Weitere Ergebnisse wird die abschließende zusammenfassende Auswertung liefern, mit deren Veröffentlichung in Kürze zu rechnen ist.

Für das Auftreten von Leukämien ergibt sich in den Studien kein einheitliches Bild. Für alle anderen Tumorlokalisationen zeigen sich keine Auffälligkeiten. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Beschäftigungsdauer und Häufigkeit von Krebserkrankungen wird lediglich beim malignen Melanom der Haut beobachtet.

Tab. 2: Standardisiertes Inzidenzverhältnis (SIR) für Krebs bei nordeuropäischen männlichen Piloten

	N	SIR	95 %-KI
Alle Krebserkrankungen	466	1,02	0,93-1,12
▪ Malignes Melanom der Haut	56	2,29	1,73-2,98
– Kopf und Hals	7	2,49	1,00-5,14
– Rumpf	32	2,33	1,60-3,30
– Arme und Beine	14	2,29	1,25-3,84
▪ Hautkrebs sonstige	27	2,08	1,73-2,79
▪ Lungenkrebs	51	0,77	0,57-1,01
▪ Leukämien außer CLL	11	1,30	0,65-2,33
▪ akute myeloische Leukämie	6	1,41	0,52-3,06

Tab. 3: Standardisiertes Inzidenzverhältnis (SIR) für Krebs bei nordeuropäischen männlichen Flugbegleitern

	Schweden			Norwegen		
	N	SIR	95 %-KI	N	SIR	95 %-KI
Alle Krebserkrankungen	33	1,16	0,80-1,58	52	1,71	1,28-2,20
– Obere Atem- und Verdauungswege				9	6,00	2,74-10,25
– Malignes Melanom der Haut	6	3,66	1,34-6,83	6	2,90	1,10-5,60
– Hautkrebs sonstige	4	4,42	1,19-9,05	9	9,90	4,56-17,09
– Lungenkrebs	2	0,67	0,08-1,62	5	1,20	0,39-2,37
– Leukämien	1	1,17	0,02-3,25	1	1,40	0,02-3,97

Tab. 4: Standardisiertes Inzidenzverhältnis (SIR) für Krebs bei nordeuropäischen Flugbegleiterinnen

	Schweden			Norwegen			Dänemark		
	N	SIR	95 %-KI	N	SIR	95 %-KI	N	SIR	95 %-KI
Alle Krebserkrankungen	76	1,01	0,80-1,25	127	1,08	0,90-1,28			
– Malignes Melanom der Haut	11	2,18	1,09-3,58	19	1,70	1,02-2,52			
– Hautkrebs sonstige	0	0,00		5	2,94	0,95-5,72			
– Lungenkrebs	3	1,11	0,22-2,43	6	1,30	0,48-2,43			
– Leukämien	4	3,15	0,85-6,45	1	0,63	0,01-1,74			
– Brustkrebs	33	1,30	0,89-1,77	38	1,12	0,79-1,49	14	1,61	0,88-2,53

	Finnland			Island			Insgesamt		
	N	SIR	95 %-KI	N	SIR	95 %-KI	N	SIR	95 %-KI
Alle Krebserkrankungen	35	1,23	0,86-1,67	64	1,24	0,95-1,56	302	1,11	0,99-1,24
– Malignes Melanom der Haut	3	2,11	0,42-4,63	7	2,99	1,20-5,39	40	2,00	1,43-2,66
– Hautkrebs sonstige				1	1,72	0,02-4,80	6	1,92	0,70-3,58
– Lungenkrebs	1	1,67	0,02-4,64	0	0,00		10	0,89	0,43-1,49
– Leukämien	2	3,33	0,37-8,02	1	1,04	0,01-2,90	8	1,81	0,78-3,16
– Brustkrebs	20	1,87	1,14-2,75	26	1,45	0,95-2,05	131	1,35	1,13-1,60

* für die vorliegende Auswertung aus den Einzelstudien zusammengestellt

In einer Publikation der isländischen Studie zu Inzidenzraten beim Kabinenpersonal [RAF 01] wurden reproduktive Faktoren, wie die Anzahl der Kinder und das Alter bei der ersten Geburt, als mögliche Risikofaktoren für Brustkrebs eingeschlossen. Diese Faktoren erklären die erhöhten Raten für Brustkrebs nicht.

3.3 Weitere Studien

In der kalifornischen Inzidenzstudie zu Flugbegleitern [REY 02] werden im Zeitraum 1988-1995 für die Gesamtgruppe aller Frauen keine statistisch signifikant erhöhten Raten von Krebs insgesamt festgestellt (SIR = 1,05; 95 %-KI: 0,86-1,127). In dieser Gesamtgruppe aller Frauen finden sich allerdings statistisch signifikant erhöhte Raten für Brustkrebs (SIR = 1,42; 95 %-KI: 1,09-1,83) und für das maligne Melanom (SIR = 2,50; 95 %-KI: 1,28-4,38). Im Vergleich mit Frauen der Untergruppe „Non-Hispanic White“ (Brustkrebs: SIR = 1,29; 95 %-KI: 0,99-1,66 und malignes Melanom: SIR = 1,83; 95 %-KI: 0,94-3,21) sind die Ergebnisse mit denjenigen von den nordeuropäischen Studien konsistent. Die erhöhte Rate für Krebs insgesamt bei Männern ist durch das Kaposi-Sarkom (15 von 25 Krebsfällen) maßgeblich bedingt.

Nicholas et al. [NIC 98] stellen bei ihrer Studie zu Piloten erhöhte Sterblichkeitsraten an Nierenkrebs und Krebs des Nierenbeckens fest. Allerdings haben Studien, die den Prozentsatz von Todesursachen in einer Studienpopulation mit denjenigen der Allgemeinbevölkerung vergleichen (Proportional Mortality Ratio, PMR), aufgrund des Studiendesigns eine geringe Aussagekraft.

4 Bewertung

Die vorliegenden epidemiologischen Studien zum fliegenden Personal zeigen übereinstimmend erhöhte Sterblichkeits- und Erkrankungsraten für das maligne Melanom. Da bislang aber generell kein Zusammenhang zwischen ionisierender Strahlung und dem Auftreten des malignen Melanoms festgestellt werden konnte, sind andere einwirkende Faktoren wahrscheinlicher. In erster Linie kommt eine UV-Exposition in Betracht, die allerdings nicht der beruflichen Tätigkeit, sondern eher dem nichtberuflichen Bereich zuzuordnen wäre.

Die beobachtete Erhöhung der Brustkrebssterblichkeit ist mit den Ergebnissen von Inzidenzstudien konsistent. Eine berufliche Belastung mit ionisierender Strahlung kann als mögliche Ursache der beobachteten Erhöhung nicht ausgeschlossen werden. Andere Risikofaktoren für Brustkrebs (mögliche Confounder) sind in den vorgestellten gepoolten Studien jedoch nicht erfasst worden. Dazu zählen z.B. reproduktive Faktoren wie die Anzahl der Kinder und das Alter bei der ersten Geburt. Es werden aber auch Störungen des Schlaf-Wach-Rhythmus' und in diesem Zusammenhang Störungen des Melatonin-Haushalts diskutiert. Daher bleibt die Frage offen, in wie weit das erhöhte Auftreten von Brustkrebs strahlenbedingt ist, oder auf andere Faktoren, wie reproduktive Faktoren oder den Lebensstil, zurückzuführen ist.

Weder für Leukämien insgesamt noch für Leukämien ohne CLL wurden signifikant erhöhte Inzidenz- oder Mortalitätsraten beobachtet.

Bisher sind weniger als 10 % der Kohortenmitglieder verstorben, was auf das niedrige Alter der untersuchten Personenkollektive und die kurze Dauer des Follow-Up zurückzuführen ist. Hinzu kommt, dass das Flugpersonal einen hohen Sozialstatus und regelmäßige Gesundheitsprüfungen hat, wodurch eine frühzeitige Erkennung von Krankheiten und damit eine geringere Mortalität wahrscheinlich ist. Weiterhin stellt das Flugpersonal eine gesündere Population als die Allgemeinbevölkerung dar („healthy worker effect“).

Die gesamte berufliche Exposition des Cockpitpersonals mit ionisierender Strahlung lag in den untersuchten Kohorten im Durchschnitt bei 15 mSv (Median 10 mSv, Maximum 79 mSv). Mit einem Ansteigen auf Dosen von ca. 100 mSv (unter der Annahme einer 30-jährigen Berufstätigkeit und einer Dosis von ca. 3 mSv/Jahr) ist wegen der mittlerweile häufigeren Flüge in größeren Höhen zu rechnen. In diesem Dosisbereich benötigen epidemiologische Studien große Studienpopulationen und lange Beobachtungszeiträume, um eine gute Aussagekraft zu haben.

5 Literatur

- [BEC 00] Beck P.: ACREM. Air Crew Radiation Exposure Monitoring, 2000
- [BLE 03] Blettner M., Zeeb H., Auvinen A. et al.: Mortality from cancer and other causes among male airline cockpit crew in Europe. *Int. J. Cancer*, 2003 (106/6), 946-952
- [FRI 89] Friedberg W., Faulkner D.N., Snyder L., Darden E.B., O'Brien K.: Galactic cosmic radiation exposure and associated health risks for air carrier crewmembers. *Aviat. Space Environ. Med.* 1989 (60/11), 1104-1108

- [HAL 01] Haldorsen T., Reitan J.B., Tveten U.: Cancer incidence among Norwegian airline cabin attendants. *Int. J. Epidemiol.* 2001 (30/4), 825-830
- [LAN 04] Langner I., Blettner M., Gundestrup M. et al.: Cosmic radiation and cancer mortality among airline pilots: results from a European cohort study (ESCAPE). *Radiat. Environ. Biophys.* 2004 (42/4), 247-256
- [LEW 01] Lewis B.J., McCall M.J., Green A.R. et al.: Aircrew exposure from cosmic radiation on commercial airline routes. *Radiat. Prot. Dosimetry.* 2001 (93/4), 293-314
- [LIN 03] Linnarsjo A., Hammar N., Dammstrom B.G., Johansson M., Eliasch H.: Cancer incidence in airline cabin crew: experience from Sweden. *Occup. Environ. Med.* 2003 (60/11), 810-814
- [MEN 00] Menzel H.G., O'Sullivan D., Beck P., Bartlett D.: European measurements of aircraft crew exposure to cosmic radiation. *Health Phys.* 2000 (79/5), 563-67
- [NIC 98] Nicholas J.S., Lackland D.T., Dosemeci M. et al.: Mortality among US commercial pilots and navigators. *J. Occup. Environ. Med.* 1998 (40/11), 980-985
- [ÖFS 97] Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf, Physikalisch-Technische Bundesanstalt and Deutsche Lufthansa AG: ACREM Air Crew Radiation Exposure Monitoring. DGXII-NFS-D2.5 Contract FI4P-CT96-0047, 1997, Seibersdorf, Austria, 1-37
- [OKS 98] Oksanen P.J.: Estimated individual annual cosmic radiation doses for flight crews. *Aviat. Space Environ. Med.* 1998 (69/7), 621-625
- [PUK 03] Pukkala E., Aspholm R., Auvinen A. et al.: Cancer incidence among 10,211 airline pilots: a Nordic study. *Aviat. Space Environ. Med.* 2003 (74/7), 699-706
- [RAF 01] Rafnsson V., Tulinius H., Jonasson J.G., Hrafnkelsson J.: Risk of breast cancer in female flight attendants: a population-based study (Iceland). *Cancer Causes Control* 2001 (12/2), 95-101
- [RAF 03a] Rafnsson V., Sulem P., Tulinius H., Hrafnkelsson J.: Breast cancer risk in airline cabin attendants: a nested case-control study in Iceland. *Occup. Environ. Med.* 2003 (60/11), 807-809
- [RAF 03b] Rafnsson V., Hrafnkelsson J., Tulinius H., Sigurgeirsson B., Olafsson J.H.: Risk factors for cutaneous malignant melanoma among aircrews and a random sample of the population. *Occup. Environ. Med.* 2003 (60/11), 815-820
- [REY 02] Reynolds P., Cone J., Layefsky M., Goldberg D.E., Hurley S.: Cancer incidence in California flight attendants (United States). *Cancer Causes Control* 2002 (13/4), 317-324
- [SCH 00] Schrewe U.J.: Global measurements of the radiation exposure of civil air crews from 1997 to 1999. *Radiat. Prot. Dosim.* 2000 (91/4), 347-364

- [SSK 95] Strahlenschutzkommission: Ermittlung der durch kosmische Strahlung verursachten Strahlenexposition des fliegenden Personals. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 1995, Heft 1, Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm
- [SSK 03] Strahlenschutzkommission: Ermittlung der durch kosmische Strahlung verursachten Strahlenexposition des fliegenden Personals – Vorschlag zur Umsetzung des § 103 StrlSchV. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2003, Heft 35, Urban & Fischer Verlag: München, Jena
- [ZEE 03] Zeeb H., Blettner M., Langner I. et al.: Mortality from cancer and other causes among airline cabin attendants in Europe: a collaborative cohort study in eight countries. *Am. J. Epidemiol.* 2003 (158/1), 35-46