Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz

Strahlenbedingtes Tumorrisiko bei Flugpersonal - Durchführung und Analyse eines zweiten Follow-up Vorhaben 3607S04548

Auftragnehmer:
Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI)

H. Zeeb

M. Blettner

Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) durchgeführt.

Dieser Band enthält einen Ergebnisbericht eines vom Bundesamt für Strahlenschutz im Rahmen der Ressortforschung des BMU (UFOPLAN) in Auftrag gegebenen Untersuchungsvorhabens. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autoren. Das BfS übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung ganz oder teilweise vervielfältigt werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der des BfS übereinstimmen.

BfS-RESFOR-66/12

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:
urn:nbn:de: 0221-201209279616

Salzgitter, September 2012

Abschlussbericht über das Forschungsvorhaben „Strahlenbedingtes Tumorrisiko bei Flugpersonal - Durchführung und Analyse eines zweiten Follow-up“

Projektleitung:
Prof. Dr. Hajo Zeeb*
Prof. Dr. Maria Blettner

Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI),
Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

In Zusammenarbeit mit der
Universität Bielefeld
Fakultät für Gesundheitswissenschaften
AG Epidemiologie und International Public Health

Februar 2011

* seit dem 1.1.2010 Universität Bremen, Bremer Institut für Präventionsforschung und Sozialmedizin

Inhaltsverzeichnis

1 Hintergrund des Forschungsprojektes 1
2 Zielsetzungen der Studie 3
2.1 Motivation des 2. Follow-up 4
3 Studienkollektive 5
3.1 Deutsche Studienkohorte 5
3.2 Europäische Kooperation (ESCAPE- bzw. COSMIC-Studie) 5
4 Methoden 11
4.1 Expositionsermittlung im 2. Follow-up in Deutschland 11
4.2 Expositionsermittlung in anderen Ländern 13
4.3 Personenbezogenes Follow-up in Deutschland 14
4.3.1 Kohortenzugehörigkeit 14
4.3.2 Follow-up 14
4.3.3 Todesursachenrecherche 15
4.3.4 Kodierung der Todesursachen 16
4.4 Kohortenzusammenstellung und Personenbezogenes Follow-up in anderen Ländern 16
4.5 Confounder 17
4.6 Kodierung der Todesursachen für die gepoolte Auswertung 17
4.7 Vergleichsdaten für die Berechnung der SMR 17
4.8 Statistische Analysemethoden in der Studie 18
4.8.1 Deskriptive Auswertungen 18
4.8.2 Personenjahre 18
4.8.3 Externe Vergleiche 19
4.8.4 Berücksichtigung fehlender Angaben zu Todesursachen 19
4.8.5 Expositionsbezogene und interne Vergleiche 20
5 Ergebnisse 22
5.1 Deutsche Kohorte 22
5.1.1 Kohortenzusammenstellung und Follow-up 22
5.1.2 Cockpitpersonal 23

5.1.3 Kabinenpersonal 45
5.2 Gepoolte COSMIC-Kohorte 68
5.2.1 Gesamtkohorte und Ausschlüsse 68
5.2.2 Vitalstatus 71
5.2.3 Beobachtungszeit unter Risiko – Personenjahre 72
5.2.4 Beschäftigungsdauer 74
5.2.5 Externe Vergleiche (SMR) 76
6 Diskussion 94
7 Zusammenfassung 102
8 English summary 104
9 Geplante Veröffentlichungen 106
10 Bisherige Veröffentlichungen zur Studie 107
11 Wissenschaftliche Mitarbeit 108
12 Literatur 109
13 Anhang: Weitere Auswertungen 114
14 Anhang: Studieninterne Kodierung der Todesursachen 139

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Beschreibung der im Rahmen der ESCAPE-Studie untersuchten Kohorte der männlichen Cockpit-Crew, 1960–1997 8

Tabelle 3-2: Beschreibung der im Rahmen der ESCAPE-Studie eingeschlossenen Kohorten, 1960–1997 9

Tabelle 3-3: In die COSMIC-Kooperation neu aufgenommene und weggefallene Kohorten 10

Tabelle 5-1: Kohortengröße im Überblick 22

Tabelle 5-2: Anzahl Ausschlüsse vor den Auswertungen 23

Tabelle 5-3: Resultate des Follow-up bei der Cockpitcrew 24

Tabelle 5-4: Übersicht Todesursachenrecherche Cockpit 27

Tabelle 5-5: Personenjahre in der Cockpitkohorte 27

Tabelle 5-6: Standardized Mortality Ratio (SMR) für die deutsche Cockpitcrewkohorte, 1960 - 2004 29

Tabelle 5-7: SMR für Cockpitcrew, nach Beschäftigungsdauer (Jahre) in vier Kategorien, Periode 1960 - 2004 33

Tabelle 5-8: Altersadjustierte relative Risiken (RR) aus der Poisson-Regression nach der zeitabhängigen Expositionsvariablen Beschäftigungsdauer, Cockpitcrew 1960 - 2004 36

Tabelle 5-9: SMR für Cockpitcrew nach Kategorien der kumulativen effektiven Dosis (mSv), 1960-2004. Latenzzeit 0 oder 10 Jahre. Nur große Todesursachengruppen 41

Tabelle 5-10: Altersadjustierte Relative Risiken (RR) für Cockpitcrew (Männer) nach stetiger kumulativer effektiver Dosis (mSv) 1960-2004, ausgewählte Ursachen mit 10 oder mehr Fällen 43

Tabelle 5-11: Altersadjustierte Relative Risiken (RR) für Cockpitcrew (Männer) nach Kategorien der kumulativen effektiven Dosis (mSv) 1960-2004 44

Tabelle 5-12: Follow-up beim Kabinenpersonal (zum 31.12.2004) 46

Tabelle 5-13: Follow-up und Resultat beim Kabinenpersonal (zum 31.12.2004) 46

Tabelle 5-14: Überblick Todesursachenrecherche Kabine 47

Tabelle 5-15: Personenjahre Kabinenpersonal 48

Tabelle 5-16: Standardized Mortality Ratio (SMR) für das männliche Kabinenpersonal, Periode 1960 - 2004 50

Tabelle 5-17: Standardized Mortality Ratio (SMR) für das weibliche Kabinenpersonal, Periode 1960 - 2004 53

Tabelle 5-18: SMR für männliches Kabinenpersonal nach Beschäftigungsdauer in vier Kategorien, Periode 1960-2004 58

Tabelle 5-19: SMR für weibliches Kabinenpersonal nach Beschäftigungsdauer in vier Kategorien, Periode 1960-2004 61

Tabelle 5-20: Altersadjustiertes relatives Risiko aus der Poisson-Regression für alle Todesfälle, alle Krebstodesfälle und Brustkrebstodesfälle (Frauen) des Kabinenpersonals, nach Beschäftigungsdauer 64

Tabelle 5-21: Ausschlüsse nach Ländern 69

Tabelle 5-22: Anzahl der Ausschlüsse nach Teilkohorte 70

Tabelle 5-23: Anzahl Personen in der Auswertung nach Teilkohorte 71

Tabelle 5-24: Vitalstatus der Cockpitcrew und des Kabinenpersonals 72

Tabelle 5-25: Anzahl unbekannter Todesursachen 72

Tabelle 5-26: Personenjahre Cockpitcrew und Kabinenpersonal, 1960 bis 2008, nach Teilkohorte und Land 73

Tabelle 5-27: Personenjahre Cockpitcrew und Kabinenpersonal, 1960 bis 2008, nach Teilkohorte und Zeitperiode 74

Tabelle 5-28: Erwerbsstatus am Ende des Follow-up, nach Teilkohorte 75

Tabelle 5-29: Beschäftigungsdauer bis zum letzten bekannten Stand der Beschäftigungsdaten, nach Teilkohorte und Erwerbsstatus 75

Tabelle 5-30: Standardisierte Mortalitäts-Ratios in der COSMIC-Kohorte: Cockpitpersonal, Männer 77

Tabelle 5-31: Standardisierte Mortalitäts-Ratios in der COSMIC-Kohorte: Kabinenpersonal, Männer 83

Tabelle 5-32: Standardisierte Mortalitäts-Ratios in der COSMIC-Kohorte: Kabinenpersonal, Frauen 89

Tabelle 13-1: SMR für männliches Cockpitpersonal, in drei Zeitperioden (1960-74, 1975-89, 1990-2004) 114

Tabelle 13-2: SMR für weibliches Kabinenpersonal, in drei Zeitperioden (1960-74, 1975-89, 1990-2004) 120

Tabelle 13-3: SMR für männliches Kabinenpersonal, in drei Zeitperioden (1960-74, 1975-89, 1990-2004) 127

Tabelle 13-4: Vitalstatus nach Land, Kohortenzugehörigkeit und Geschlecht in COSMIC 136

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-1: JEM - Schema, erweitert bis Ende 2004 12

Abbildung 5-1: Histogramm der Beschäftigungsdauer (in Jahren) der Cockpit- und Kabinenkohorte (dunkle Schattierung für Ausscheider, helle für Aktive) 25

Abbildung 5-2: Boxplot der Blockstunden der Cockpitkohorte (Kasten: Median und Quartile, Ausleger: 5% und 95%-Quantile) 26

Abbildung 5-3: Effektive mittlere jährliche Strahlendosis (ermittelt mit CARI Software), männliches Cockpitpersonal 1960 - 2004. Boxplot mit Median und Quartilen sowie 5% und 95% - Perzentilen in den „Whisker“. 37

Abbildung 5-4: Kumulative Strahlendosis (ermittelt mit CARI Software), männliches Cockpitpersonal 1960 - 2004. Links Daten für ausgeschiedenes Cockpitpersonal, rechts für Ende 2004 noch Beschäftigte. 38

Abbildung 5-5: Vergleich der Schätzungen der individuellen effektiven Dosis im Jahr 2004 mit dem JEM-Ansatz unter 39

Abbildung 5-6: Bland-Altman-Plot zum Vergleich der mit dem JEM-Verfahren geschätzten Dosen in der Kohorte mit den Aufzeichnungen des Strahlenschutzregisters im Jahr 2004 40

1 Hintergrund des Forschungsprojektes

Im Jahr 1990 stellte die „International Commission for Radiological Protection“ (ICRP) fest, dass das Cockpitpersonal der Fluggesellschaften und andere Personen, die in Düsenflugzeugen arbeiten, einer nicht zu vernachlässigenden beruflichen Strahlenexposition aufgrund der kosmischen Strahlung unterliegen (ICRP 60). Dies war u.a. eine Folge neu eingeführter Qualitätsfaktoren zur Bewertung von Neutronen und einer (daraus resultierenden) Neuberechnung der möglichen Strahlendosen. Die sich aus dieser Situation ergebenden Arbeits- und Strahlenschutzaspekte wurden in der Richtlinie 96/26 Euratom des Rates der EU vom 13. Mai 1996 (zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlung) festgelegt. Das fliegende Personal wurde hier erstmalig in Strahlenschutzbestimmungen aufgeführt. Die Novelle der deutschen Strahlenschutzverordnung aus dem Jahr 2001 regelt in §103 den Strahlenschutz des fliegenden Personals. Die Luftverkehrsgesellschaften müssen seit 2004 regelmäßig das Personal über individuelle Strahlendosen informieren. Dazu werden Programmpakete genutzt, die auf Basis der geflogenen Routen und anderer Merkmale die monatliche effektive Strahlendosis abschätzen.

Strahlenexposition

Die kosmische Strahlung ist mittlerweile physikalisch genau beschrieben. Daraus ergibt sich eine recht gute Quantifizierbarkeit der Strahlendosen für exponierte Personen, auch retrospektiv. Für den Flugverkehr sind folgende Aspekte besonders relevant:

a) die Menge an solarer und galaktischer Strahlung nimmt mit der Höhe zu.
b) sie ist von der Flughöhe selbst, der geographischen Breite und dem solaren Zyklus abhängig.

Das Strahlenschutzregister des Bundesamts für Strahlenschutz hat einen mittleren Wert von 1,8 mSv/Jahr für alle überwachten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des fliegenden Personals ermittelt (Stegemann et al. 2005). Frauen und Männer wiesen kaum Unterschiede in der Dosisverteilung auf.

Für Cockpitpersonal liegt der Mittelwert bei 1,8 mSv, (Median 1,6 mSv), beim Kabinenpersonal sind die Werte leicht höher (MW 1,9 mSv, Median 2,0 mSv). Der Bericht

des Registers stellt fest, dass die mittleren jährlichen effektiven Dosen des Kabinenpersonals um 25% über denen des Cockpitpersonals liegen.

Weitere gesundheitsrelevante Aspekte

Abgesehen von der kosmischen Strahlung werden weitere berufliche Expositionen des Flugpersonals diskutiert, so z.B. Tabakrauch in der Kabinenluft (bis zum weitgehenden Verbot des Rauchens an Bord auf vielen Flügen), Jet-Abgase u.a. (McCartney et al. 1986; Ryan 1991). Eine mögliche gesundheitliche Gefährdung des Kabinenpersonals durch Pestizide, die aufgrund internationaler Richtlinien auf bestimmten Routen zur Vektorkontrolle eingesetzt werden, wurde vereinzelt postuliert, überzeugende wissenschaftliche Belege stehen bisher aus. Außerdem verursacht der Jetlag Störungen des hormonellen Tagesrhythmus, deren Auswirkungen auf das Krebsrisiko von der IARC als wahrscheinlich kanzerogen eingestuft wurden (IARC 2010). Für die Einstufung der IARC spielten insbesondere die vorliegenden Studien zum Brustkrebsrisiko bei Krankenschwestern (Kolstad 2008) und bei Flugpersonal eine Rolle.

Weitere mögliche gesundheitsrelevante Aspekte wurden im Abschlussbericht zum ersten Follow-up diskutiert. Da sich wenig neue Erkenntnisse ergeben haben, wird auf diesen Bericht verwiesen (Zeeb et al. 2003b).

Im vorliegenden Bericht legen wir die bis Ende 2008 ermittelten Ergebnisse zur Mortalität des Cockpit- und Kabinenpersonals in Deutschland vor, sowie einer gemeinsamen Auswertung mit den weiteren acht beteiligten europäischen Ländern und einer US-amerikanischen Kohorte. Die expositionsbezogenen Auswertungen für Deutschland beziehen ein Follow-up bis Ende 2004.

2 Zielsetzungen der Studie

Ziel des ersten Follow-up bis 1997 war es, eine Übersicht über das Mortalitätsspektrum der Cockpitcrew und des Kabinenpersonals in Deutschland zu erhalten. Spezifisch wollten wir Zusammenhänge zwischen Sterblichkeit und berufsbedingten Expositionen gegenüber möglichen Risikofaktoren beim fliegenden Personal (Cockpit und Kabine) untersuchen. Es sollten insbesondere Effekte langjähriger Exposition gegenüber niedrigen Strahlendosen in Hinsicht auf die Krebsmortalität evaluiert und mit Risikoschätzern aus Studien zu Personen, die von hohen Gesamtdosen in hohen Dosisraten betroffen waren, verglichen werden.

Die genaueren Studienhypothesen bezogen sich auf mögliche Erhöhungen des Mortalitätsrisikos für

- Krebsarten, die durch ionisierende Strahlung hervorgerufen werden können (Leukämien - non-CLL (=nicht-chronisch lymphatische Leukämien), Schilddrüse, Brustkrebs); diese sollten auch im internen Vergleich der Kohorte untersucht werden
- Krebsarten, die mit elektromagnetischer Strahlung in Verbindung gebracht werden (Hirntumoren, Leukämien)
- Krebsarten, die mit UV-Strahlung assoziiert sind (Melanome, andere Hauttumoren)
- Krebsarten, die durch das Jelag (Melatonin-Haushalt) beeinflusst werden können (hormonabhängige Tumoren)
- Krebsarten, die mit der sozialen Schichtzugehörigkeit assoziiert sind.
    - Aufgrund der hohen Sozialschicht erhöht: Männer: Melanom, Prostatatumoren, Hodentumoren; Frauen: Brustkrebs, Melanom, Hirntumoren, Schilddrüsentumoren.
    - Aufgrund der hohen Sozialschicht erniedrigt: Männer: Lungenkrebs, Magenkrebs, Tumoren des Verdauungstraktes; Frauen: Speiseröhrenkrebs, Magenkrebs

2.1 Motivation des 2. Follow-up

Die bisherigen Auswertungen der Kohortenstudie bei Cockpit und Kabinenpersonal bezogen sich auf den Zeitraum 1960-1997. Aufgrund der Altersstruktur der Kohorte und einer im Vergleich niedrigen Gesamtmortalität („healthy worker“ Effekt) lag die Zahl der bis zum Follow-up Ende registrierten Todesfälle deutlich unter den Erwartungswerten. Für einzelne Todesursachen ergab sich dadurch eine sehr geringe Präzision der Risikoschätzung.

Um eine effiziente Aktualisierung der Datenbank und somit weitere Auswertungen zu ermöglichen, begannen wir wenige Jahre nach dem Projektende in Deutschland mit Arbeiten zum weiteren Follow-up. Dabei spielten Überlegungen zu typischen Aufbewahrungszeiten für Informationen über geflogene Flugrouten und Flugzeiten bei der Deutschen Lufthansa AG (ca. 7 Jahre) sowie die Routine von Einwohnermeldeämtern in Bezug auf die Führung von Personen im aktiven Bestand (4-5 Jahre, dann Ablage im Archiv) eine Rolle.

Es wurde nun ein verlängertes Follow-up bis Ende 2004 durchgeführt. Das Ziel der hier vorliegenden erweiterten Studie besteht in:

a) einer erneuten Auswertung der nunmehr über einen größeren Zeitraum erhobenen Daten zur genaueren Schätzung berufsbezogener Risiken des Personals und
b) einer Überprüfung der bisher gewonnenen Erkenntnisse in einer deutlich vergrößerten (allerdings nicht unabhängigen) Datenbasis.

3 Studienkollektive

3.1 Deutsche Studienkohorte

Die deutsche, historische Kohorte wurde in den Jahren 1996 und 1997 rekrutiert. Sie umfasst das fliegende Personal der Deutschen Lufthansa AG und der LTU (jetzt: Air Berlin), das im Zeitraum 1960 bis 1997 tätig war („Einschlusszeitraum“). Wir konnten 6.235 Piloten und Flugingenieure sowie 20.895 Kabinenbeschäftigte in die Studie einschließen. Mittels einer Job-Expositionsmatrix wurden für Cockpitpersonen, für die Lizenzdaten und Flugrouteninformationen vorlagen, individuelle jährliche Strahlendosen abgeschätzt.

Ingesamt waren bis Ende 1997 255 Mitglieder des Cockpitpersonals verstorben. Die Standardisierte Mortalitätsratio SMR (Vergleich: altersgleiche deutsche Allgemeinbevölkerung) lag deutlich unter 1 (0,48, 95% KI 0,42 - 0,54), auch die Krebsmortalität lag signifikant niedriger (SMR 0,56, 95% KI 0,43 - 0,74). Sterbefälle infolge Lungenkrebs und Herzkreislauferkrankungen waren sehr selten. Für Hirntumoren lag die SMR bei 1,7 (95% KI 0,66 - 3,62). Deutliche Hinweise auf eine Dosisabhängigkeit der Krebsmortalität fanden sich nicht.

Die Gesamtsterblichkeit des weiblichen Kabinenpersonals (141 Todesfälle, SMR 0,79; 95%KI 0,67 - 0,94) war ebenfalls erniedrigt. Das Brustkrebssterberisiko war mit einer SMR von 1,28 (95%KI 0,72 - 2,20) leicht erhöht. Beim männlichen Kabinenpersonal (170 Todesfälle, SMR 1,1 95%KI 0,94 - 1,28) beruhte ein erheblicher Anteil der Sterbefälle (n=62) auf AIDS. Die Krebssterblichkeit war bei kleinen Fallzahlen weitgehend unauffällig.

Eine komplette Übersicht über die Ergebnisse der deutschen Studie findet sich in verschiedenen Publikationen (Blettner et al. 2002a; Blettner et al. 2002b; Zeeb et al. 2002).

3.2 Europäische Kooperation (ESCAPE- bzw. COSMIC-Studie)

Um die statistische Power der Studie zu erhöhen und um gemeinsame Ansätze der Expositionserfassung zu erarbeiten, entschieden die Studienteams mehrerer europäischer Länder bereits im Jahre 1997, die Daten ihrer nationalen Kohortenstudien im Rahmen eines Kollaborationsprojektes („European Study of Cancer Risk among Airline Pilots and and Cabin Crew“ (ESCAPE-Studie)) gepoolt zu analysieren. Die

deutsche Studie zu Mortalitätsrisiken von Cockpit- und Kabinen-Crews war somit in eine europäische Kooperation zwischen Studienteams aus insgesamt 9 Ländern eingebettet. Das deutsche Studienteam übernahm die Koordination und die gepoolte mortalitätsbezogene Auswertung der Studien aus den 9 europäischen Ländern (Dänemark, Deutschland, Italien Island, Griechenland, Finnland, Schweden, Norwegen, Großbritannien).

Ziel dieser Kooperation war die Entwicklung und Anwendung einer einheitlichen Methodik bei der Studiendurchführung und -auswertung auf der Basis eines gemeinsamen Studienprotokolls. Ein zusätzlicher Schwerpunkt lag auf einer methodisch homogenen Expositionsschätzung in den verschiedenen Kohorten. Die Datenaufbereitung für die gemeinsame Auswertung und die statistisch-epidemiologische Analyse wurde von unserer Arbeitsgruppe in Bielefeld durchgeführt. Dieses von der EU finanzierte Koordinationsprojekt begann im April 1997 (Laufzeit bis Nov. 2001). Die teilnehmenden Länder und die Größe der jeweiligen Kohorten sind den folgenden beiden Tabellen (Tabelle 3-1 und Tabelle 3-2) zu entnehmen. Der Zeitraum, in dem eine Person als Flugpersonal beschäftigt sein musste, um in die Kohorte aufgenommen zu werden, wird hier als „Einschlusszeitraum“ bezeichnet.

Die Ergebnisse dieser Studien wurden in den Jahren 2001 - 2004 veröffentlicht (Blettner et al. 2003; Langner et al. 2004a; Zeeb et al. 2003a). Die Ergebnisse sind den deutschen Teilergebnissen ähnlich, allerdings wurde in der europäischen Pilotenkohorte und beim männlichen Kabinenpersonal eine erhöhte Mortalität am Melanom beobachtet (SMR 1,8 - 1,9). Seit der Veröffentlichung der europäischen Kohortenstudien sind nur wenige primäre epidemiologische Studien publiziert worden. Bei kalifornischem Kabinenpersonal fanden sich (Reynolds et al. 2002) um 30% erhöhte Inzidenzraten für Brustkrebs und zweifach erhöhte Raten für das maligne Melanom. Eine Fall-Kontrollstudie zu Brustkrebs bei Kabinenpersonal in Finnland ergab keine Hinweise auf strahlungsbedingte Risikoerhöhung, Störungen des Schlaf-Wachrhythmus waren nicht-signifikant mit dem Brustkrebsrisiko assoziiert (Kojo et al. 2005). In mehreren Reviews und Meta-Analysen wurden die bisherigen Ergebnisse zusammengefasst (Buja et al. 2005; Buja et al. 2006; Sigurdson und Ron 2004). Als Fazit aus den bisherigen Studien lassen sich Brust - und Hauttumoren als in mehreren Studien auffällig erhöht beschreiben, für andere Tumorlokalisationen einschließlich der Prostata, des Hirns und für Non-Hodgkin-Lymphome ist die Konsistenz über verschiedene Studien geringer.

Die im Rahmen des ersten Follow-up zusammengestellten Kohorten boten nun die Möglichkeit, mit einem verlängerten Follow-up weitere Daten zu erheben und insbesondere die Präzision der bisher ermittelten Ergebnisse zu erhöhen. Nach Absprachen mit den bisherigen Kooperationspartnern wurde im Jahr 2004 in Deutschland, in weiteren Ländern etwas später, mit dem 2. Follow-up der ursprünglichen Kohorte begonnen.

Trotz intensiver Bemühungen gelang es uns nicht, alle Partner aus der ESCAPE-Kooperation für das verlängerte Follow-up zu gewinnen: Im Vereinigten Königreich, in Italien und Griechenland waren die Initiatoren der ersten Studien nicht mehr an ihren ursprünglichen Institutionen tätig, und es fanden sich keine Nachfolger, die die Kohorten hätten fortführen können. Aus Italien und Griechenland erhielten wir von den damals beteiligen Institutionen die Erlaubnis, die bereits genutzten, anonymen Daten für weitere Auswertungen zu verwenden. Im Vereinigten Königreich hatte inzwischen eine neue Studiengruppe mit der Rekrutierung einer Kohorte von Piloten und Fluglotsen begonnen, die zur Kooperation bereit war. Weiterhin gelang es uns, die Daten einer US-amerikanischen Kohorte ehemaliger Beschäftigter der Pan American World Airways (PanAm) durch eine Kooperation mit dem National Institute for Occupational Safety and Health für die gepoolte Auswertung zu erhalten (Tabelle 3-3). Entsprechend der neuen, nicht mehr ausschließlich europäischen Dimension des Projektes, benannte die Studiengruppe sich um in „Collaborative Cohort Study of Mortality in Airline Crew“ (COSMIC). Das deutsche Studienteam führt im Rahmen von COSMIC die Mortalitäts-Analyse für alle Krebserkrankungen, individuelle Krebslokalisationen und andere Todesursachen anhand der gepoolten Daten durch.

Die Daten der weiblichen Cockpit-Crew Mitglieder wurden nicht analysiert, da die Kohorte zu klein war und lediglich vier Todesfälle aufgezeichnet wurden.

Tabelle 3-1: Beschreibung der im Rahmen der ESCAPE-Studie untersuchten Kohorte der männlichen Cockpit-Crew, 1960–1997

Land	Datenquelle(n)	Einschluss-zeitraum	Follow-up Zeitraum	Cockpit-Crew (nur Männer)		Todes-fälle
				An-zahl	Personen-jahre	
Dänemark	National Clinic for Aviation Medicine, Aviation Authority	1946-1996	1961-1996	3814	63.090	268
Finnland	Finish Airline Pilots Association, Finair	1921-1997	1971-1996	782	12.333	50
Deutschland	Deutsche Lufthansa, LTU	1953-1997	1960-1997	6061	105.037	255
Griechenland	Olympic Airways	1946-1997	1960-1997	843	17.587	65
Island	National Aviation Authority, Airline Pilots Association, Icelandair	1935-1997	1961-1997	438	8265	47
Italien	Alitalia	1965-1995	1965-1996	3020	54.008	212
Norwegen	Civil Aviation Administration	1946-1994	1962-1996	3664	65.317	318
Schweden	SAS Sweden	1957-1994	1961-1996	1405	28.362	91
Vereinigtes Königreich	British Airways	1950-1997	1950-1997	7770	193.564	945
Gesamt				**27.797**	**547.564**	**2251**

Tabelle 3-2: Beschreibung der im Rahmen der ESCAPE-Studie eingeschlossenen Kohorten, 1960–1997

Land	Datenquelle(n)	Einschluss-zeitraum	Follow-up Zeitraum	Weibliche Kabinen-Crew		Männliche Kabinen-Crew	
				An-zahl	Personen-Jahre	An-zahl	Personen-Jahre
Dänemark	National Clinic for Aviation Medicine, National Aviation Authority	1947-1996	1961-1996	4739	86.233	1264	23.558
Finnland	Finair, Finish Cabin Crew Association	1947-1992	1971-1996	1556	20.537	187	2414
Deutsch-land	Lufthansa German Airways, LTU Interna-tional Airways	1953-1997	1960-1997	16.014	188.218	4537	60.665
Griechen-land	Olympic Airways	1946-1997	1960-1997	1215	21.579	620	11.518
Island	Icelandair, Air Atlanta, Icelandic Cabin Crew Association	1955-1997	1961-1997	1313	22.859	143	933
Italien	Alitalia	1965-1995	1965-1996	3015	48.172	3162	47.332
Norwegen	Civil Aviation Authority	1950-1994	1962-1996	3066	58.617	573	11.440
Schweden	Scandinavian Airlines System	1957-1994	1961-1996	2145	39.615	593	12.774
Gesamt*				**33.063**	**485.831**	**11.079**	**170.634**

* Gesamtzahlen schließen gerundete Dezimalstellen ein.

Tabelle 3-3: In die COSMIC-Kooperation neu aufgenommene und weggefallene Kohorten

Land	Datenquelle(n)	Einschluss-zeitraum	Follow-up Zeitraum	Cockpit	Kabine	
				Männer	Frauen	Männer
weggefallen						
Vereinigtes Königreich	British Airways	1950-1997	1950-1997	7770	0	0
neu aufgenommen						
Vereinigtes Königreich	Civil Aviation Authority	1989-1999	1989-2006	8506	0	0
USA	Pan American World Airways (NIOSH)	1953-1991	1960-2007	0	1701	9610

4 Methoden

4.1 Expositionsermittlung im 2. Follow-up in Deutschland

Die Grundlagen der Expositionsermittlung haben wir im Abschlussbericht zum ersten Follow-up ausführlich dargestellt. Am umfassendsten sind sie in der Dissertation von Gaël Hammer dokumentiert (Hammer 2002). Für das 2. Follow-up war ursprünglich vorbehaltlich der datenschutzrechtlichen Prüfung geplant, auf die elektronisch gespeicherten individuellen Flugdaten der Kohortenmitglieder für den Auswertungszeitraum 1997 - 2004 zurückzugreifen. Für die in diesem Datenbestand enthaltenen Flugrouten sollten mittlere Strahlendosen pro Flugroute („City-Pair“) unter Nutzung des standardmäßig eingesetzten Softwareprogramms EPCARD (Mares et al. 2009; Schraube et al. 2003) berechnet werden. In einem weiteren Schritt sollten dann individuelle monatsgenaue Strahlendosen für die einzelnen Kohortenmitglieder zusammengefasst werden. Hierfür wurde ein genaues Datenauszugsprotokoll mit der DLH erarbeitet. Dieses Vorgehen wurde von der Personalvertretung abgelehnt, da sehr detaillierte, individuelle Flugdaten hätten übermittelt werden müssen.

Als Alternative wurde dann das identische Vorgehen wie im Follow-up bis Ende 1997 gewählt. Dabei wird eine Job-Expositionsmatrix zusammengestellt, die für jede einzelne Person aus Lizenzangaben und Blockstunden pro Jahr die Ermittlung individueller jährlicher effektiver Strahlendosiswerte erlaubt (Abbildung 4-1). Aufgrund der Tatsache, dass nur Cockpitpersonal eine Lizenz hält, kann dieses Verfahren nur für die Mitglieder der Cockpitkohorte durchgeführt werden. Das Vorgehen wurde im Abschlußbericht des ersten Follow-ups im Detail dargestellt. Für das 2. Follow-up wurde das Vorgehen mit allen involvierten Parteien der Deutschen Lufthansa AG abgestimmt und in einem Datenschutz- und Fachkonzept schriftlich niedergelegt.

Abbildung 4-1: JEM - Schema, erweitert bis Ende 2004

	CV40	B707	B727	B747	A300	A320	A340
1960				|			
1965				|			
1970				|			
1975	.....	.....	.....	*r* µSv/h			
1980							
1985							
1990							
1995							
2000							
2003							
2004							

Umfangreiche Arbeiten im früheren Projektverlauf hatten sowohl die Machbarkeit wie auch die Validität dieses Verfahrens gezeigt (Hammer et al. 2000c). Zudem konnten wir eine recht hohe Korrelation zwischen Beschäftigungsdauer und Strahlendosis sowie Blockstunden und Strahlendosis aufzeigen.

Für die vorliegende dosisbezogene Auswertung wurde die vorhandene Job-Expositionsmatrix als tabellarische Darstellung der Höhe der Exposition für bestimmte Tätigkeiten und für bestimmte Zeitperioden (Kalenderjahr) um einige Jahre erweitert. Die Tabelle enthält Expositionswerte, die keine individuellen Werte sind, sondern Durchschnittswerte für eine bestimmte Tätigkeit. Ist die berufliche Biographie einer Person bekannt, kann eine näherungsweise Schätzung der individuellen Strahlenexposition mittels der JEM durchgeführt werden.

Die vorhandene Expositionsdatenbank der Piloten und Flugingenieure konnte erneut eingesetzt und aktualisiert werden. Die zentrale Tabelle dieser Datenbank enthält für jedes Cockpitcrewmitglied nach Jahr und Flugzeugtyp aufgeschlüsselte Flugstunden, analog zur Struktur der JEM.

Die Ermittlung der Dosisrate pro Flugzeugtyp (Einträge in die JEM) verläuft in drei Schritten:

- Die tatsächlich geflogenen Routen der verschiedenen Flugzeuge laut Flugplan (pro Jahr) wurden festgestellt; update bis 2004
- Die durchschnittliche Flugdauer und Flughöhe für jeden Flug (pro Jahr) wurde errechnet bzw. von Experten geschätzt
- Abschließend erfolgte die Berechnung der Dosisraten

Hierfür setzten wir im zweiten Follow-up, wie bereits im ersten Follow-up die CARI-Software der US-amerikanischen Luftfahrtbehörde FAA (Friedberg 2004) ein.

Für den EDV-Ausschuss der DLH wurde nach der Ersterarbeitung 2005 in Zusammenarbeit mit DLH CP/U im Jahr 2008 ein erweitertes Datenschutzkonzept für die Gesamtstudie erstellt. Im Jahr 2009 konnten die geplanten Arbeiten zur Erhebung von Lizenzmustern und Blockstunden des Cockpitpersonals durchgeführt werden. Der entsprechende Datenauszug wurde der Datenschützerin der Universitätsmedizin Mainz zugesendet und anschließend vom Studienteam verarbeitet.

In der Abschätzung der effektiven Strahlendosis werden verschiedene Software-Programme eingesetzt, die wir für die Zwecke der epidemiologischen Untersuchungen verglichen haben. Die amtliche Dosimetrie für das Flugpersonal wird mit EPCARD durchgeführt. In unserer ersten Studie nutzten wir die Software CARI der FAA.

Der Einsatz einer JEM im Vergleich zu individuellen Flugdaten ist bereits validiert worden (Hammer et al. 2000d; Hammer 2002). Weitere Vergleiche und Validierungen wurden für das Jahr 2004 durchgeführt, für das uns Validierungsdaten des Strahlenschutzregisters vorlagen. Für das Jahr 2004 wurden Dosisberechnungen der JEM zudem parallel mit CARI und EPCARD erstellt, um die beiden Programme untereinander zu vergleichen.

Eine zunächst geplante getrennte Auswertung nach verschiedenen Dosiskomponenten führten wir nicht durch, da dies nur für die deutsche Kohorte möglich gewesen wäre und wir hier im Vergleich zu der Auswertung der effektiven Dosen keinen wesentlichen Erkenntnisgewinn erwarteten. Beispielrechnungen mit der Software EPCARD ergaben zudem, dass sich die effektive Dosis aus Neutronen und anderen Strahlenarten nicht hinreichend unterscheidet, um separate Effekte schätzen zu können.

4.2 Expositionsermittlung in anderen Ländern

Mangels nationaler Förderung und Interesse bei den Fluggesellschaften gelang es keinem unserer Kooperationspartner, Expositionsdaten über den Zeitraum des ersten Follow-ups hinaus zu aktualisieren. Angaben zu Flugstunden und daraus abgeleitete Schätzungen der Strahlenexposition liegen damit nur für Cockpitpersonal und bis Ende 1996 vor.

4.3 Personenbezogenes Follow-up in Deutschland

4.3.1 Kohortenzugehörigkeit

Wie im ersten Follow-up umfasste die Studienpopulation alle Piloten, Flugingenieure (Cockpit) und Kabinenpersonal der Deutschen Lufthansa und Tochtergesellschaften sowie der LTU, die zu Beginn oder im Verlauf der Studienperiode im aktiven Flugdienst gestanden haben. Die Basis für die Bildung der Studienkohorte bildeten die folgenden Überlegungen:

- alle Personen der Kohorte mussten am aktiven Flugdienst (für eine bestimmte Mindestzeit) teilgenommen haben und damit potentiell den zu untersuchenden Risikofaktoren gegenüber exponiert gewesen sein.
- die Identifizierung der zur Kohorte gehörenden Personen sollte nicht-selektiv mit hoher (>=95%) Vollzähligkeit erfolgen.
- für alle Personen der Kohorte mussten Grundinformationen (Name, Vorname, Geburtsdatum, Beschäftigungsart (Job-Code), Beschäftigungsbeginn und - ende sowie letzte Adresse) verfügbar sein.
- für einen möglichst großen Teil der Kohorte sollten Informationen über die Berufsbiographie erhältlich sein; die Mindestanforderung war dabei die Länge der Beschäftigung im Flugdienst.

Als Einschlusskriterium definierten wir bei dem Kabinenpersonal eine Gesamtbeschäftigung von mindestens sechs Monaten Dauer, um Kurzzeitbeschäftigte, die kaum exponiert und oft schwer nach zu verfolgen sind, auszuschließen; für das Cockpitpersonal wurde kein entsprechendes Kriterium gesetzt.

Für das 2. Follow-up wurden keine weiteren Kohortenmitglieder aufgenommen, es wurde allein der Beobachtungszeitraum um 7 Jahre verlängert.

4.3.2 Follow-up

Das Ziel des Follow-up war die Erfassung des Vitalstatus (lebend, verstorben, unbekannt) der Kohortenmitglieder zum Stichtag 31.12.2004. Für das Follow-up wurde eine Datenbank in Microsoft ACCESS erstellt, in der die Datenhaltung und -bearbeitung aller laufenden Vorgänge, noch zu bearbeitender und abgeschlossener Personen durchgeführt wurde. Einzelheiten des Datenschutzkonzeptes sind Kapitel 5 zu entnehmen.

Für alle Personen, die zum 31.12.2004 als aktiv im Flugdienst erfasst wurden, galt das Follow-up als beendet und der Vitalstatus als lebend. Für alle vor Ende 2004 ausgeschiedenen Personen wurde das Follow-up durch ein Standard-Anschreiben an das für die letzte bekannte Adresse zuständige Meldeamt eingeleitet.

Ausgeführt wurde dies von der Arbeitsgruppe in Bielefeld. Einzelpersonen wurden anhand der Rückmeldungen der Meldeämter nachverfolgt, bis ihr Vitalstatus zum Stichtag feststand. Personen mit ausländischen Adressen wurden nicht weiterverfolgt.

Auf ausbleibende Rückmeldungen von den Meldeämtern reagierten wir mit Wiederholungsschreiben und telefonischen Nachfragen. Meldeämter mit einer größeren Zahl von Anfragen erhielten nach Absprache elektronische Personenlisten zur Bearbeitung.

Für Personen, deren Status als nicht ermittelbar angegeben wurde, baten wir um gesonderte Archivrecherchen. Außerdem wurde bei diesen Personen mit einer erweiterten Such-Strategie weiter ermittelt. Sofern der Geburtsort bekannt war, wurde das zuständige Standesamt kontaktiert. Neue Ansatzpunkte wurden durch Firmeninformationen, Telefon-CDs, Adressbüchern (Stadtarchive) und Internetrecherchen gesucht und ggf. mit diesen neuen Informationen erneut die Einwohnermeldeämter kontaktiert.

4.3.3 Todesursachenrecherche

Ziel der Todesursachenrecherche war die genaue Erfassung der ärztlich dokumentierten Todesursache bei den durch die Meldeämter als Verstorben gemeldeten Kohortenmitgliedern.

Die Totenscheine werden in Deutschland beim für den Todesort zuständigen Gesundheitsamt aufbewahrt, wobei je nach Bundesland unterschiedliche Aufbewahrungsfristen (zwischen 3 Mon. und 30 Jahren) gelten. Mit einem speziellen Anschreiben, das insbesondere die Maßnahmen des Datenschutzes genau schilderte, wandten wir uns an das jeweils zuständige Gesundheitsamt mit der Bitte um Übersendung einer anonymisierten Kopie der Original-Todesursachenbescheinigung. Auch hier wurde bei Nichtantwort des Amtes intensiv nachgefragt bzw. in Einzelfällen der Todesort oder andere Angaben erneut recherchiert. Die Standesämter des Geburtsortes bzw. auch des Sterbeortes wurden in Fällen, wo der Todesort nicht bekannt war, ebenfalls kontaktiert. Da im Gegensatz zum ersten Durchlauf die Todeszeit-

punkte der ermittelten Verstorbenen zeitlich näher lagen, konnte im 2.Follow-up auf weitere Methoden der Todesursachenermittlung (z.B. direkte Befragung von Angehörigen, behandelnden Ärzten) verzichtet werde.

4.3.4 Kodierung der Todesursachen

Alle Angaben zu den Todesursachen aus den Kopien der Todesursachenbescheinigungen wurden anonymisiert in eine Datenbank eingegeben. Diese Freitexte wurden nach den Kodierungsrichtlinien der Statistischen Landesämter von Kodierfachkräften des Statistischen Landesamtes des Saarlandes nach der jeweils zum Todeszeitpunkt geltenden ICD-Klassifikation kodiert. Hierbei wurde die ICD 10. Revision genutzt. Alle Kodierungen wurden vom Studienleiter (H.Z.) auf Richtigkeit geprüft, fragliche Kodierungen wurden telefonisch geklärt.

4.4 Kohortenzusammenstellung und Personenbezogenes Follow-up in anderen Ländern

Die Zusammenstellung der einzelnen nationalen Kohorten geschah entweder anhand betrieblicher Unterlagen (in Deutschland, Finnland, Griechenland, Italien, Schweden), oder anhand der Daten der nationalen Luftfahrt-Bundesämter (Dänemark, Island, Norwegen, Großbritannien, Vereinigte Staaten), Der Zeitraum, in dem die Kohortenmitglieder fliegerisch aktiv sein mussten, um in die Kohorte aufgenommen zu werden (Einschlusszeitraum) unterscheidet sich länderspezifisch.

Für die gepoolte Auswertung wurden nur Personen eingeschlossen, die nach 1960 fliegerisch aktiv waren. Mitglieder des Kabinenpersonals mussten mindestens ein Jahr beschäftigt sein, um in die Kohorte aufgenommen zu werden. (Beim Cockpitpersonal kann davon ausgegangen werden kann, dass der Beruf langfristig ausgeübt wird.) Wie in der deutschen Kohorte führten unplausible oder fehlende Werte zum Ausschluss aus den Auswertungen (Fehlendes Geburtsdatum, Fehlender Beginn des Follow-ups, Datum des Vitalstatus vor 1960, Datum des Vitalstatus vor Beginn der angegebenen Erwerbstätigkeit, Datum des Vitalstatus früher als das Ende der Erwerbstätigkeit).

Das personenbezogene Follow-up wurde nach landesspezifischen Verfahren durchgeführt. In den Nordeuropäischen Ländern sowie Großbritannien konnte dabei auf Emigrations- und Immigrationsdaten sowie Mortalitätsregister zugegriffen werden.

Das Follow-up wurde, wie im Ergebnisteil tabelliert, im Allgemeinen zum Stichdatum 31.12.2008 durchgeführt.

4.5 Confounder

Aufgrund des retrospektiven Ansatzes mit Rekrutierung der Kohorte über historische Personalakten konnten über Alter und Geschlecht hinaus keine zusätzlichen Expositions- oder Confounder-Informationen erhoben werden. Insbesondere liegen keine Angaben zum Tabakkonsum sowie zum sozioökonomischen Status der Kohortenmitglieder vor. Aus der Erstauswertung ergeben sich allerdings klare Hinweise auf eine niedrige Raucherquote unter den Kohortenmitgliedern (niedrige kardiovaskuläre Mortalität, niedrige Lungenkrebsmortalität). In Bezug auf den sozioökonomischen Status erscheinen Annahmen plausibel, die von einem relativ homogenen und hohen Sozialstatus beim Cockpitpersonal ausgehen. Beim Kabinenpersonal ist u.a. aufgrund der unterschiedlichen Beschäftigungsverhältnisse und anderer Bildungsvoraussetzungen im Vergleich zum Cockpit möglicherweise weniger Homogenität zu erwarten.

Direkte Angaben zur Schicht- und Nachtarbeit liegen ebenfalls nicht vor. Für das Kabinenpersonal wäre grundlegende Flugrouteninformation notwendig, um z.B. das Überfliegen von Zeitzonen abschätzen zu können. Bisher ist die Erhebung dieser Informationen nicht möglich gewesen. Aufgrund der Bedeutung dieser Fragestellung ist von Interesse, entsprechende Untersuchungen in der Zukunft durchzuführen.

4.6 Kodierung der Todesursachen für die gepoolte Auswertung

Sämtliche Todesursachen wurden nach der International Classification of Diseases (ICD) kodiert. Im Follow-up-Zeitraum wurde die ICD mehrfach revidiert, so dass eine einheitliche Rekodierung aller Todesursachen für die Auswertung notwendig war. Eine entsprechende Überführungstabelle wurde bereits für die Auswertung der Daten des ersten Follow-Ups in Anlehnung an die internationale 15-Länder-Studie von Kernkraftwerksarbeitern erstellt. Eine tabellarische Übersicht findet sich im Anhang.

4.7 Vergleichsdaten für die Berechnung der SMR

Wir nutzten für den externen Vergleich der Sterblichkeit länderspezifische Daten (Todesfall- und Populationszahlen) der amtlichen Statistik in 5-Jahres-Altersgruppen und -Kalenderperioden. Länderspezifische Sterblichkeitsraten wurden uns von unse-

ren Kooperationspartnern zugesandt. Ansonsten griffen wir auf die WHO Mortality Database (http://www.who.int/healthinfo/morttables/en/index.html) zurück.

In Deutschland standen jedoch Daten für eine größere Zahl von relevanten Todesursachen, z.B. für Todesfälle infolge eines Flugzeugabsturzes (E840-44) routinemäßig und auf elektronischen Datenträgern nicht zur Verfügung, diese wurden beim Stat. Bundesamt gesondert eingeholt und in unsere Datenbanken übernommen. In wenigen Fällen, in denen die frühen Zeitreihen unvollständig waren, setzten wir die bekannten Daten aus späteren Jahren in die frühen Jahre ein. Dieses Vorgehen entspricht der Methode beim ersten Follow-up.

4.8 Statistische Analysemethoden in der Studie

Die Auswertung verlief in den folgenden Schritten:

1. Aktualisierte deskriptive Daten zu den Kohorten
2. Berechnung der Personenjahre bis Ende 2004 (in Deutschland), 2006 und 2008
3. Externe Vergleiche mit der Gesamtbevölkerung als Referenz, SMR – Analyse

In der Deutschen Kohorte konnten aufgrund der besseren Datenlage mit bekanntem Beschäftigungsstatus und Expositionsdaten weitere Auswertungen vorgenommen werden:

4. Interne Vergleiche nach Beschäftigungsdauer innerhalb der Teilkohorten, SMR-Analyse
5. Ermittlung der individuellen Strahlenexposition für Cockpitpersonal und interne dosisbezogene Auswertungen mit Poisson-Regression

4.8.1 Deskriptive Auswertungen

Für den beschreibenden Teil der Auswertungen nutzten wir Standard - Häufigkeitstabellen und Grafiken und führen keine statistischen Tests durch.

4.8.2 Personenjahre

Die Berücksichtigung der Zeit- und Altersabhängigkeit der Vergleichsraten für die Sterblichkeit der Allgemeinbevölkerung erfolgt durch eine Stratifizierung der Raten in 5-Jahres Kalenderperioden und Altersgruppen. Der Zeitraum „unter Risiko“ wird für jedes Kohortenmitglied entsprechend stratifiziert. Dazu wurde die Periode von Eintritt in die Kohorte bis zum Austritt durch Verlust (z.B. unbekannt verzogen), Migration ins Ausland oder Tod bzw. bis zum Ende der Studienperiode am 31.12.2004 – je nach-

dem, welches Ereignis früher eintrat – für jede Person einzeln berechnet und dann diese Personenjahre nach Kalenderperioden und Altersgruppen getrennt über die Kohorte aufsummiert. Mittels dieser stratifizierten Personenjahre und den entsprechenden Mortalitätsvergleichsraten der Gesamtbevölkerung wurde die Anzahl von in der Kohorte erwarteter Todesfälle berechnet, die man erwarten würde, wenn die Sterblichkeit der Kohortenmitglieder nicht von der der Gesamtbevölkerung abweicht. Wir nutzten für diese Auswertung ein eigenständig mit SAS (SAS Institute, Cary, North Carolina) programmiertes Personenjahr-Programm.

4.8.3 Externe Vergleiche

Für die vergleichende Auswertung berechneten wir dann die Standardisierte Mortalitätsratio (SMR), für alle Todesursachen gemeinsam und für weitere einzelne Ursachen sowie Ursachengruppen mit zugehörigen 95% Konfidenzintervallen mit exakten, auf der Poisson-Verteilung basierenden Grenzen (Breslow und Day 1987), wobei jeweils eine Anpassung aufgrund der Berücksichtigung der fehlenden Todesursachen erfolgte (siehe unten).

4.8.4 Berücksichtigung fehlender Angaben zu Todesursachen

Wie im ersten Follow-up berücksichtigten wir in der Auswertung den Umstand, dass für einen kleinen Teil der als „verstorben“ gemeldeten Personen die Todesursache nicht ermittelt werden konnte. Wir nutzten die von (Rittgen und Becker 2000c) vorgeschlagene Methode, die fehlenden Ursachen anteilsmäßig mit den in der Kohorte beobachteten Todesursachen aufzufüllen. Dieses Vorgehen ist u.a. dann gerechtfertigt, wenn nicht selektiv nur bestimmte Todesursachen unerfasst bleiben, wovon wir in dieser Studie ausgehen. Praktisch wird den tatsächlich beobachteten Todesfällen für eine bestimmte Todesursache der zusätzlich berechnete Anteil dieser spezifischen an allen unbekannten Todesursachen zugeschlagen; dadurch sind die nunmehr „korrigierten beobachteten“ (= wahrhaft beobachtet + errechneter Anteil) Fälle oft numerisch auch nicht-ganze Zahlen. Für die nach Beschäftigungsdauer stratifizierten SMR-Auswertungen wurden jeweils stratumsspezifisch fehlende Angaben und entsprechende Korrekturfaktoren berechnet. Daher kommt es z.T. bei den Auswertungen für Personen mit kurzer Beschäftigungsdauer zu stärkeren Korrekturen als für lange Beschäftigte, für die in der Regel vollständigere Angaben vorliegen. Zur korrekten Berechnung der Konfidenzintervalle für die Risikoschätzer (SMR) muss

die Varianz des Korrekturterms berücksichtigt werden. So berechnete Konfidenzintervalle sind konservativ in dem Sinne, dass ein eher weites Intervall berechnet wird.

4.8.5 Expositionsbezogene und interne Vergleiche

Grundsätzlich bezogen wir uns hierbei auf die im Analyseplan festgelegten Kategorien für Gesamtbeschäftigungsdauer, Blockstunden und Strahlendosen. Für die expositionsabhängigen Betrachtungen wurden die Personenjahre dann auf die von Breslow und Day beschriebene Methode den Beschäftigungsperioden dynamisch zugeordnet 1987 (Breslow und Day 1987).

Zunächst führten wir weitere Vergleiche zwischen der Studienpopulation - kategorisiert nach Beschäftigungsdauer und der externen Vergleichsbevölkerung durch.

Interne Vergleiche zwischen Gruppen von Kohortenmitgliedern mit unterschiedlicher Beschäftigungsdauer als Surrogat für die berufliche Strahlenexposition wurden anschließend berechnet. Analog zur Erststudie wurden die folgenden Kategorien der Beschäftigungsdauer gebildet: 0-9,99 Jahre, 10-19,99 Jahre, 20-29,99 Jahre, 30+ Jahre. A priori wurden die Dosiskategorien für die kumulative effektive Strahlendosis - wie in früheren Auswertungen - in folgender Weise festgelegt: 0-4,99 mSv, 5,0-14,99 mSv, 15,00-24,99 mSv, 25+ mSv.

Die internen Vergleiche wurden mittels Poisson-Regression berechnet. Hier werden die spezifischen Mortalitätsraten als Funktion der jeweiligen Expositions- und weiterer Variablen modelliert. Alle Modelle sind für Alter und Kalenderjahr, jeweils in 5-Jahres-Klassen, adjustiert. Trends über Kategorien berechneten wir mit einem einfachen Verfahren, bei dem den Expositionskategorien aufsteigende Scores zugeteilt wurden und diese dann im log-linearen Poisson-Regressionsmodell als stetige Variable mitanalysiert wurden.

Zusätzlich führten wir Trendanalysen durch und beschreiben das relative Risiko RR per zusätzliche 10 mSv für Krebs und Herz-Kreislauferkrankungen als potentiell mit ionisierender Strahlung assoziierte Sterbeursachen. Für diese Auswertungen wurde die effektive Dosis in Kategorien von jeweils 1 mSv unterteilt, und der Kategorien-Mittelpunkt als Score im log-linearen Poisson-Regressionsmodell als stetige Variable aufgenommen. Mit dieser feinen Kategorisierung wurde Bias weitgehend vermieden, der bei gröberer Kategorisierung auftreten kann (Richardson und Loomis 2004).

Im Laufe dieser Auswertungen stellte sich heraus, dass diese Ergebnisse aufgrund der hohen Kollinearität von Alter, Beschäftigungsdauer und Strahlendosis und damit einhergehend einer unvollständigen Altersadjustierung (siehe Diskussion) mit großer Vorsicht zu interpretieren sind. Aus diesem Grunde wurde auch auf die Präsentation von excess relativen Risiken (ERR) („lineares Modell“) in diesem Bericht verzichtet.

Für alle dosisbezogenen Auswertungen haben wir eine Latenzzeit von 10 Jahren angenommen. Bei diesem Vorgehen wird berücksichtigt, dass es zwischen einer verursachenden Exposition und dem Auftreten einer damit assoziierten chronischen Erkrankung einen zeitlichen Abstand geben muss. Als Sensitivitätsanalyse wurden aber auch Auswertungen ohne Latenzzeit durchgeführt.

Für die Datenhaltung im Follow-up sowie die Bearbeitung der Expositionsdaten nutzten wir MS-ACCESS (Microsoft Corp.), als Statistik-Programm setzten wir hauptsächlich SAS 9.2 (SAS Institute, Cary, NC) ein.

5 Ergebnisse

5.1 Deutsche Kohorte

5.1.1 Kohortenzusammenstellung und Follow-up

Die folgende Tabelle zeigt den Verlauf des Follow-up im Überblick. Von den 27.124 Datensätzen, die im ersten Durchgang die Kohorte repräsentierten, musste eine kleine Zahl von Datensätzen aufgrund neu gewonnener Informationen entfernt werden. Zwei Gründe führten zu diesen Ausschlüssen: Zum einen konnten weitere Dubletten sicher identifiziert werden, zum anderen konnten einige Personen wegen nunmehr gesicherter Nicht-Zugehörigkeit zur Kohorte (kein fliegendes Personal) ausgeschlossen werden.

Nach Aufnahme der LTU in die Kohorte, der Auswertung weiterer Datenquellen und der Bearbeitung der Übergangsversorger (Cockpitpersonal zwischen aktivem Dienst und Rentenstatus) ergab sich eine Kohortengröße von 6121 Cockpit- und 20.772 Kabinenpersonal (Tabelle 5-1). LTU-Cockpitpersonal trug etwa 8% zur Gesamt Cockpit-Kohorte bei, LTU-Kabinenpersonal ca. 9% zur Kabinenpersonal-Kohorte.

Tabelle 5-1: Kohortengröße im Überblick

	Kohortengröße	
Personen im 1. Follow-up	27.124	
entfernte Datensätze	231	
Nach Bereinigung im 2. Follow-up	26.893	
	Cockpit	**Kabine**
insgesamt	6121	20.772
beschäftigt (31.12.04)	3311	10.226
nicht beschäftigt (31.12.04)	2810	10.546
Sowohl Cockpit als auch Kabine	4	

Direkt im Anschluss an diese Recherchen und vor den Auswertungen wurden Plausibilitätsprüfungen der Daten durchgeführt. Der Datensatz wurde entsprechend bereinigt. Hierbei wurde festgestellt, dass 4 Piloten, 7 Flugbegleiter und 12 Flug-

begleiterinnen von den Auswertungen ausgeschlossen werden müssen (Tabelle 5-2).

Tabelle 5-2: Anzahl Ausschlüsse vor den Auswertungen

	Cockpit			Kabine		
	Männer	Frauen	Insgesamt	Männer	Frauen	Insgesamt
im Follow-up	6031	90	6121	3740	17.032	20.772
Ausschlüsse	-4	0	-4	-7	-12	-19
in den Auswertungen	6027	90	6117	3733	17.020	20.753

Die folgenden Abschnitte erläutern die Ergebnisse getrennt für die beiden Teilkohorten Cockpit- und Kabinenpersonal.

5.1.2 Cockpitpersonal

Von den 6121 Cockpitbeschäftigten wurde für 2810 das Follow-up gestartet. 3311 Personen waren am Stichtag 31.12.2004 als aktiv beschäftigt gemeldet, für sie wurde keine weitere Recherche des Vitalstatus durchgeführt.

Von den somit 2005 im Follow-up verbleibenden Cockpitcrew waren 66 Personen (1,1% der Gesamtzahl) unbekannt verzogen oder sonst nicht zu ermitteln, weitere 361 (6%) waren ins Ausland verzogen. Im Gegensatz zum ersten Follow-up wurde in den Ländern Schweiz, Österreich, Niederlande kein Follow-up - Versuch unternommen. Der betroffene Teil, der zum Stichtag 31.12.1997 in einem der Länder schon wohnte, wurde mit diesem Datum zensiert.

Das Follow-up ergab insgesamt 418 Todesfälle (6,9%) bei der Cockpitcrew. Als lebend am 31.12.2004 wurden insgesamt 5263 Personen (86%) erfasst. Alle Todesfälle betrafen das männliche Cockpitpersonal. Unter dem männlichen Cockpitpersonal sind vor 1960 9 Personen verstorben und 5 weitere verstorbene Personen vor dem Tod emigriert oder unbekannt verzogen. Diese Personen sind aus den Auswertungen ausgeschlossen worden und in der folgenden Aufstellung nicht enthalten.

Die mittlere Follow-up Zeit betrug 23,5 Jahre für männliche Cockpitcrew und 13,4 Jahre für weibliche Cockpitcrew.

Tabelle 5-3 beschreibt den Verlauf des Follow-up bei der Cockpitkohorte. Im Gesamtdatensatz waren 90 weibliche Cockpitbeschäftigte enthalten. Im Beobachtungszeitraum verstarb kein weibliches Cockpitcrew-Mitglied.

Die mittlere Follow-up Zeit betrug 23,5 Jahre für männliche Cockpitcrew und 13,4 Jahre für weibliche Cockpitcrew.

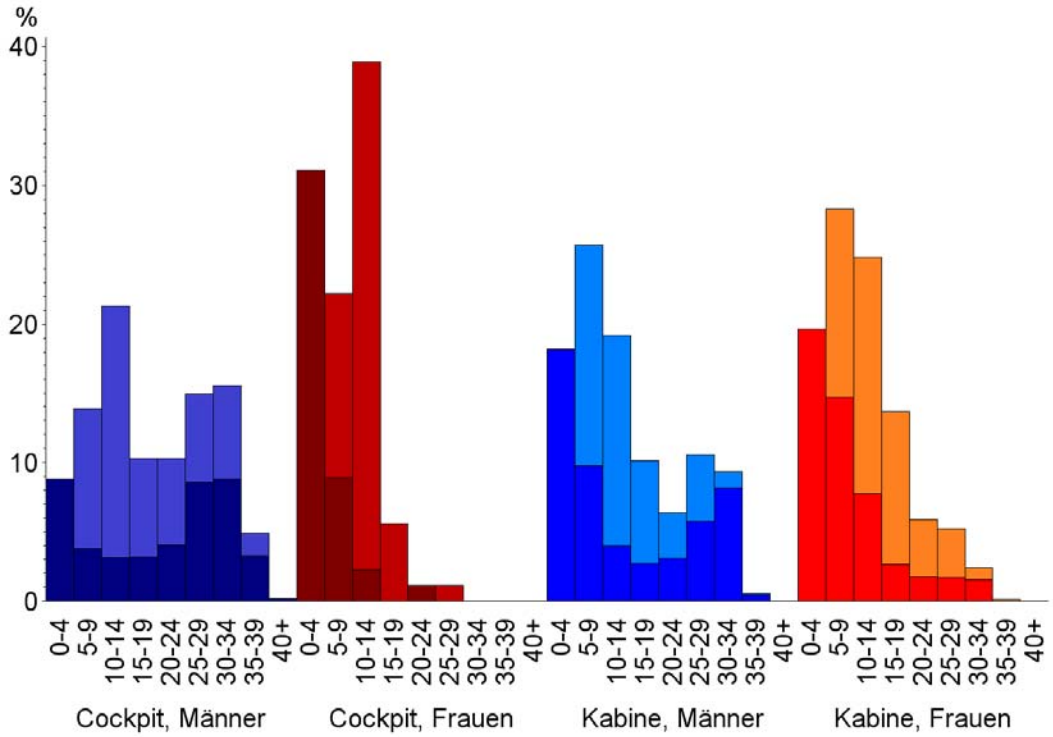
Tabelle 5-3: Resultate des Follow-up bei der Cockpitcrew

Status zum 31.12.2004	**männlich**		**weiblich**		**Gesamt**	
	Anzahl	**Anteil (%)**	**Anzahl**	**Anteil (%)**	**Anzahl**	**Anteil (%)**
Lebend	5182	86,0	81	90,0	5263	86,0
verstorben	418	6,9	0	0,0	418	6,8
unbekannt	66	1,1	2	2,2	68	1,1
verzogen ins Ausland (zensiert)	361	6,0	7	7,8	368	6,0
Gesamt	**6027**	**100**	**90**	**100**	**6117**	**100**

5.1.2.1 Beschäftigungsdauer

Die mittlere Beschäftigungsdauer lag für männliche Cockpitcrew bei 19,7 Jahren (weibl.: 9,8 Jahre) bei Betrachtung der Gesamtkohorte und bei 20,7 (weibl.: 5,6 Jahre) für die schon Ausgeschiedenen. Eine Übersicht über die Verteilung der Beschäftigungsdauer bei der Cockpitcrew gibt das folgende Schaubild (Abbildung 5-1):

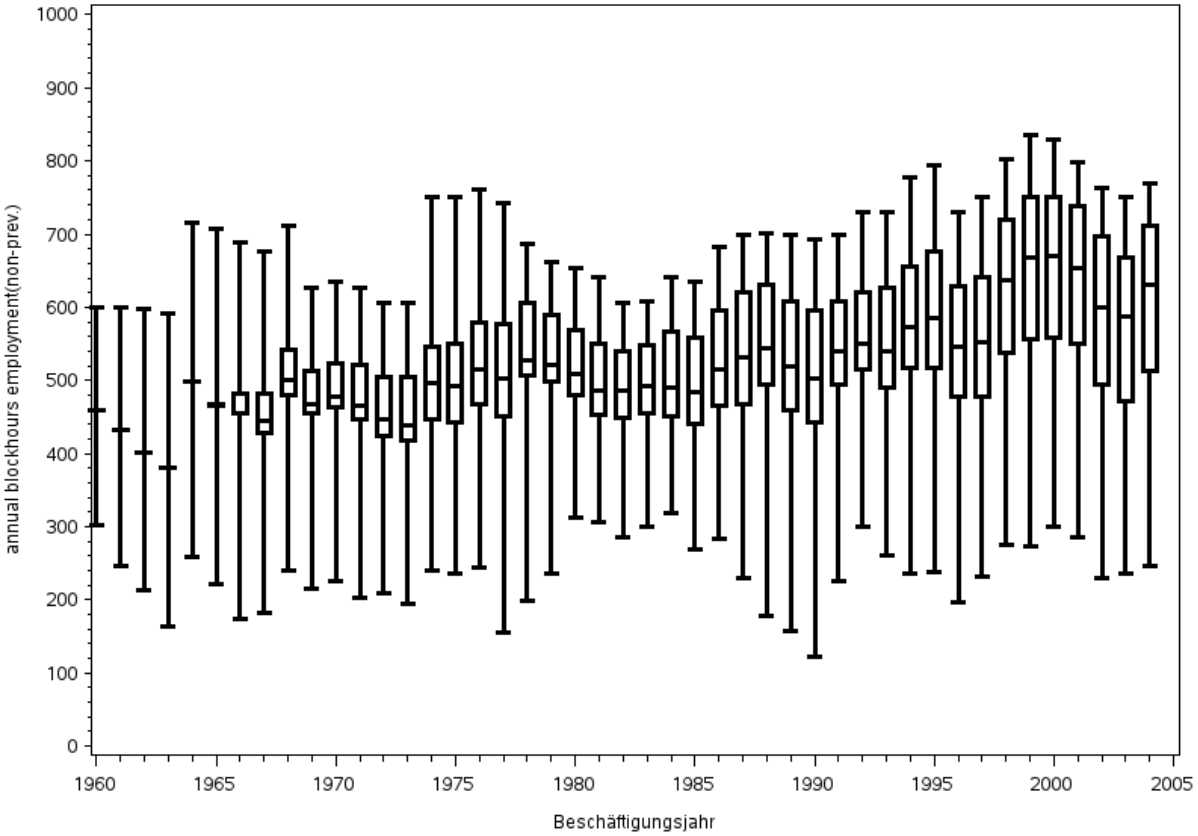
Abbildung 5-1: Histogramm der Beschäftigungsdauer (in Jahren) der Cockpit- und Kabinenkohorte (dunkle Schattierung für Ausscheider, helle für Aktive)



5.1.2.2 Blockstunden

Die mediane Anzahl der Blockstunden für Cockpitpersonal erhöhte sich zwischen 1960 und 2004 von 460 auf 630 Stunden. Das Maximum lag in allen Jahren außer im Jahr 2001 (1021h) unter 1000 Stunden (Abbildung 5-2).

Abbildung 5-2: Boxplot der Blockstunden der Cockpitkohorte
(Kasten: Median und Quartile, Ausleger: 5% und 95%-Quantile)



5.1.2.3 Todesursachenrecherche

Für 91,4% der verstorbenen Cockpitbeschäftigten konnten wir eine Todesursache feststellen. Die Todesursachen wurden - sofern vorhanden - den Kopien der Todesursachenbescheinigungen (bzw. amtliche Mitteilung der Todesursache) entnommen. Diese lagen in 74% der Todesfälle bei Cockpitcrew vor. Weiterhin konnten wir in 12,4% der Fälle Todesursacheninformationen von den zuletzt behandelnden Ärzten oder aus Firmenquellen erlangen, zudem in 4,7% von Angehörigen (Tabelle 5-4). Für die hier beschriebenen Auswertungen werden alle ermittelten Todesursachen verwendet.

Tabelle 5-4: Übersicht Todesursachenrecherche Cockpit

	Anzahl	Anteil (%)
Verstorbene gesamt	418	100,0
Todesursache vorliegend	382	91,4
…davon Arztinformation	53	12,4
…davon Angehörige	20	4,7
Nicht klärbar	36	8,6

5.1.2.4 Übersicht Todesursachen

Vor der Analyse hatten wir analog zum Vorgehen in der europäischen ESCAPE-Studie die möglichen Todesursachen in 54 verschiedene Gruppen eingeteilt. Haupt-todesursachen bei Cockpitcrew waren Krebserkrankungen (n=129), Herz - Kreislauferkrankungen inkl. Schlaganfall (n=120) und Flugzeugabstürze (n=39).

5.1.2.5 Personenjahre

Die folgende Aufstellung zeigt die Anzahl Personenjahre nach Kalenderperiode. Der Beitrag jeder einzelnen Person zum Gesamt-Follow-up wurde einzeln berechnet und dann summiert. Die Cockpitkohorte umfasste insgesamt 142.732 Personenjahre (PJ), davon entfielen 1206 PJ auf Frauen (Tabelle 5-5).

Tabelle 5-5: Personenjahre in der Cockpitkohorte

Periode	Männer	Frauen
1960-1964	3169,5	0,7
1965-1969	6514,7	8,4
1970-1974	10.176,4	12,9
1975-1979	12.935,0	11,3
1980-1984	15.270,1	18,0
1985-1989	17.076,4	73,7
1990-1994	23.390,9	265,6
1995-1999	26.633,6	400,7
2000-2004	26.359,6	414,8
Alle	**141.526,2**	**1206,2**

Insgesamt wird deutlich, dass der Großteil der Personenjahre in den 80er und 90er Jahren akkumuliert wurde, da dort auch die Kohortengröße entsprechend anstieg. Bei der männlichen Cockpitcrew liegen in den Jahren vor 1975 ca. 15% der Personenjahre, beim weiblichen Kabinenpersonal 6,0% (männl. Kabinenpersonal: 11,5%) (s.u.).

5.1.2.6 Externe Vergleiche (SMR)

Der Tabelle 5-6 sind die korrigierten „beobachteten" Fallzahlen, die erwarteten Fälle sowie die errechnete SMR mit 95% Konfidenzintervall zu entnehmen.

Für alle Todesursachen zusammen ist die SMR deutlich erniedrigt (0,51), ebenso für alle Krebstodesursachen (0,62). Die niedrige SMR für Krebs insgesamt wird wesentlich durch die sehr niedrigen Lungenkrebs-Fallzahlen (18 beobachtet, 63 erwartet; SMR 0,31) hervorgerufen. Erhöhte, aber nicht signifikante SMR fanden wir für Pankreaskrebs (1,21), Hodenkrebs (1,08), für das maligne Melanom (4 Fälle, SMR 1,27) sowie für Schilddrüsentumoren (1,06) und Non-Hodgkin-Lymphome (1,21). Cockpitcrew hat im Follow-up bis 2004 eine SMR für Hirntumoren von 2,04 (95% KI 0,99 - 3,79), basierend auf 14 gegenüber 7,5 erwarteten Fällen. Bei den Leukämien fanden wir nicht-signifikante Risikominderungen.

Auffällig bei den übrigen Todesursachen waren deutlich verminderte Herz-Kreislaufrisiken (SMR für akuten Myokardinfarkt 0,44; 95% KI 0,29 - 0,66). Die Anzahl der Todesfälle durch Flugzeugunfälle (n= 39) war klar erhöht, die Angabe einer SMR (~ 100) ist hier wegen der Probleme, adäquate Vergleichsdaten zu erlangen, jedoch nur wenig aussagekräftig. Aufgrund eines Abgleichs mit Daten der DLH ließ sich erkennen, dass ein größerer Teil der Flugzeugunfälle nicht-beruflicher Natur war. Für den Tod durch Verkehrsunfall waren im Gegensatz zu Abstürzen die SMR erniedrigt.

Tabelle 5-6: Standardized Mortality Ratio (SMR) für die deutsche Cockpitcrewkohorte, 1960 - 2004

Todesursache	ICD - 9	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI	
						untere Grenze	obere Grenze
Alle Ursachen	001-999	418	418,00	824,25	0,51	0,46	0,56
Alle Ursachen außer nicht bekannte Ursachen		382	418,00	824,25	0,51	0,46	0,56
Alle Ursachen außer Flugzeugunfälle		343	375,32	823,82	0,46	0,39	0,53
Krebs insgesamt	140-208	129	141,16	226,88	0,62	0,49	0,79
- Mit Strahlung assoziierter Krebs	**	33	36,11	56,78	0,64	0,40	0,97
- Nicht mit Strahlung assoziierter Krebs	**	96	105,05	170,1	0,62	0,47	0,81
Einzelne Krebslokalisationen							
- Mundhöhle/Rachen	140-149	1	1,09	11,59	0,09	0,00	0,63
- Speiseröhre	150	2	2,19	8,31	0,26	0,02	1,11
- Magen	151	10	10,94	16,49	0,66	0,28	1,36
- Dickdarm	153	12	13,13	16,26	0,81	0,37	1,57
- Enddarm	154	4	4,38	9,22	0,47	0,10	1,39
- Leber/Galle	155-156	6	6,57	8,6	0,76	0,23	1,88
- Pankreas	157	13	14,23	11,72	1,21	0,57	2,30
- Kehlkopf	161	2	2,19	3,92	0,56	0,05	2,36
- Lunge/Bronchialsystem	162-163	18	19,7	63,00	0,31	0,17	0,54
- malignes Melanom	172	4	4,38	3,46	1,27	0,27	3,72
- Prostata	185	11	12,04	13,25	0,91	0,40	1,81
- Hoden/andere Genitalorgane	186-187	2	2,19	2,03	1,08	0,09	4,55
- Nieren	189.0-2	5	5,47	7,16	0,76	0,20	2,03
- Blase/Urogenitaltrakt	188,189.3-4+.8-9	4	4,38	6,94	0,63	0,13	1,85
- Hirn/ZNS	191-192	14	15,32	7,5	2,04	0,99	3,79
- Schilddrüse und andere Drüsen	193-194	1	1,09	1,03	1,06	0,01	7,04
- alle Lymphome	200-202	6	6,57	7,09	0,93	0,28	2,28

Todesursache	ICD - 9	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI	
						untere Grenze	obere Grenze
- Non Hodgkin Lymphom	200.202	6	6,57	5,41	1,21	0,37	2,99
- alle Leukämien	204-208	4	4,38	7,39	0,59	0,13	1,74
- alle anderen Krebsarten	** Rest 140-208	10	10,94	20,08	0,54	0,23	1,12
Gutartige Tumoren	210-239	1	1,09	5,64	0,19	0,00	1,29
Diabetes	250	2	2,19	13,01	0,17	0,01	0,71
Zerebrovaskuläre Erkrankungen	430-438	24	26,26	46,73	0,56	0,33	0,91
Alle kardiovaskulären Ursachen	390-429	96	105,05	218,56	0,48	0,37	0,63
Andere ischämische Herzerkrankungen	411-414	26	28,45	49,42	0,58	0,34	0,92
Akuter Herzinfarkt	410	40	43,77	98,45	0,44	0,29	0,66
Bluthochdruck	401-405	3	3,28	8,5	0,39	0,06	1,30
Alle anderen kardiovaskulären Erkrankungen	Rest 390-429	27	29,54	61,24	0,48	0,29	0,77
Nicht-maligne Atemwegserkrankung	460-479,488-519	3	3,28	29,43	0,11	0,02	0,38
Magen- und Zwölffingerdarmgeschwür	531-533	1	1,09	4,01	0,27	0,00	1,81
Leberzirrhose	571	9	9,85	43,48	0,23	0,09	0,48
Alle infektiösen Erkrankungen (nicht AIDS)	001-139 (nicht 042.9)	2	2,19	8,82	0,25	0,02	1,05
AIDS	042.9	2	2,19	3,51	0,62	0,05	2,64
Kfz-Unfälle	E810-E825	17	18,6	29,01	0,64	0,33	1,13
Flugzeugunfälle	E840-E844	39	42,68	0,44	97,45	63,90	144,3
Alle äußeren Ursachen außer Flugzeugunfälle	E800-E999 nicht E840-E844	50	54,71	101,12	0,54	0,37	0,77
Suizid	E950-E959	19	20,79	40,65	0,51	0,28	0,88
Gewaltsamer Tod	E960-E999	1	1,09	7,1	0,15	0,00	1,02
Alle anderen äußeren Ursachen	Rest E800-E999	13	14,23	24,35	0,58	0,27	1,11
Nicht näher bezeichnete Ursache	780-799.9	8	8,75	27,43	0,32	0,12	0,71
Alle anderen Ursachen	Rest 001-999	16	17,51	102,47	0,17	0,09	0,31

ICD = Internationale Klassifikation der Erkrankungen 9.Revision; KI = Konfidenzintervall

* korrigiert für fehlende Angaben zur Todesursache nach Rittgen und Becker (2000)

** Mit Strahlung assoziierter Krebs: Speiseröhrenkrebs, Magenkrebs, Dickdarmkrebs, Brustkrebs, Ovarienkrebs, Krebs der Blase und Harnwege, Schilddrüsenkrebs und Leukämien

5.1.2.7 SMR nach Beschäftigungsdauer

Alle periodenbezogenen Auswertungen führten wir nur für die großen Ursachengruppen, für Leukämien sowie für Tumoren des Dickdarms, der Bauchspeicheldrüse, der Lunge, des Hirns und der Prostata durch. Die Stratifizierung nach Beschäftigungsdauer in vier Kategorien (Tabelle 5-7) ergab für die männliche Cockpitcrew keine eindeutigen Hinweise auf zeitabhängige Veränderungen der SMR. Bei der Betrachtung aller Krebstodesfälle gemeinsam war eine Zunahme der SMR mit wachsender Beschäftigungsdauer festzustellen, die SMR lag jedoch auch in der längsten Beschäftigungskategorie unterhalb eins. Die Risikoschätzer der einzelnen Tumorarten waren zumeist mit zunehmender Beschäftigungsdauer wenig verändert.

5.1.2.8 Expositionsbezogene interne Auswertungen

Bei den internen Auswertungen verglichen wir innerhalb der Kohorte Cockpitpersonal mit unterschiedlicher Exposition bzw. entsprechenden Ersatzmaßen miteinander. Zunächst führten wir Analysen nach Beschäftigungsdauer, und anschließend nach Strahlendosis durch. Auswertungen konnten wir nur für Ursachen mit einer ausreichend großen Anzahl von Todesfällen durchführen, da sich ansonsten keine Regressionsmodelle sinnvoll berechnen ließen. Strahlendosen fehlten für einen kleinen Teil des Cockpitpersonals, so dass nur 407 statt 418 Todesfälle in diesen Auswertungen berücksichtigt wurden. Als Referenzkategorie wählten wir bei kategoriellen Auswertungen jeweils die Gruppe mit der geringsten positiven Exposition. Die Tabelle 5-8 zeigt die Ergebnisse. Ein positiver Trend ($p < 0,01$) mit zunehmender Beschäftigungsdauer ist für das Ratenverhältnis (RR) bei allen Krebstodesfällen gemeinsam erkennbar. Für eine Beschäftigungsdauer von 30+ Jahren gegenüber 0-<10 Jahren war das relative Risiko für Krebs insgesamt 2,84 (95% KI 1,46 - 5,50). Die Gruppe der nicht mit ionisierender Strahlung assoziierten Krebsarten hat hieran entscheidenden Anteil, auch für diese Gruppe findet sich ein positiver Trend mit zunehmender Beschäftigungsdauer. Bezüglich der gemäß wissenschaftlicher Literatur mit ionisierender Strahlung assoziierten Tumoren finden sich gering erhöhte Risikoschätzer bei höherer Beschäftigungsdauer, diese sind aber jeweils nicht signifikant.

Tabelle 5-7: SMR für Cockpitcrew, nach Beschäftigungsdauer (Jahre) in vier Kategorien, Periode 1960 - 2004

Todesursache	ICD-9	Beschäftigungsdauer	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
Alle Ursachen	001-999	>0- <10	96	96,00	171,58	0,56	0,45	0,68
		10 - <20	136	136,00	255,32	0,53	0,45	0,63
		20 - <30	133	133,00	286,96	0,46	0,39	0,55
		>=30	53	53,00	110,39	0,48	0,36	0,63
Krebs insgesamt	140-208	>0 - <10	17	20,40	36,36	0,56	0,28	1,09
		10 - <20	30	32,38	62,13	0,52	0,32	0,84
		20 - <30	52	54,46	88,14	0,62	0,43	0,89
		>=30	30	32,45	40,25	0,81	0,48	1,39
Mit Strahlung assoziierter Krebs		>0 - <10	5	6,00	9,25	0,65	0,16	1,89
		10 - <20	10	10,79	16,59	0,65	0,27	1,38
		20 - <30	13	13,61	21,70	0,63	0,29	1,22
		>=30	5	5,41	9,23	0,59	0,15	1,73
Nicht mit Strahlung assoziierter Krebs		>0 - <10	12	14,40	27,11	0,53	0,23	1,13
		10 - <20	20	21,59	45,53	0,47	0,26	0,83
		20 - <30	39	40,84	66,44	0,61	0,40	0,93
		>=30	25	27,04	31,02	0,87	0,50	1,56
Dickdarm	153	>0 - <10	1	1,20	2,38	0,50	0,01	3,66
		10 - <20	2	2,16	4,62	0,47	0,04	2,05

Todesursache	ICD-9	Beschäftigungsdauer	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
		20 - <30	7	7,33	6,39	1,15	0,39	2,73
		>=30	2	2,16	2,86	0,76	0,06	3,54
Pankreas	157	>0 - <10	0	0,00	1,68	0,00	0,00	3,58
		10 - <20	2	2,16	3,00	0,72	0,06	3,15
		20 - <30	7	7,33	4,71	1,56	0,52	3,70
		>=30	4	4,33	2,34	1,85	0,38	6,01
Lunge/Bronchialsystem	162-163	>0 - <10	4	4,80	8,81	0,54	0,11	1,75
		10 - <20	3	3,24	15,91	0,20	0,03	0,71
		20 - <30	7	7,33	25,58	0,29	0,10	0,68
		>=30	4	4,33	12,7	0,34	0,07	1,11
Prostata	185	>0 - <10	1	1,20	1,61	0,75	0,01	5,43
		10 - <20	4	4,32	4,73	0,91	0,19	2,77
		20 - <30	4	4,19	5,16	0,81	0,17	2,44
		>=30	2	2,16	1,76	1,23	0,10	5,77
Hirn/ZNS	191-192	>0 - <10	0	0,00	1,65	0,00	0,00	3,63
		10 - <20	4	4,32	1,91	2,26	0,47	6,85
		20 - <30	7	7,33	2,66	2,76	0,93	6,55
		>=30	3	3,24	1,27	2,55	0,38	9,53
Alle Leukämien	204-208	>0 - <10	1	1,20	1,75	0,69	0,01	4,99
		10 - <20	2	2,16	2,18	0,99	0,08	4,34

Todesursache	ICD-9	Beschäftigungsdauer	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
Alle kardiovaskulären Ursachen	390-429	20 - <30	1	1,05	2,45	0,43	0,01	2,91
		>=30	0	0,00	1,01	0,00	0,00	5,42
		>0 - <10	13	15,60	33,69	0,46	0,21	0,96
		10 - <20	44	47,49	72,43	0,66	0,43	0,98
		20 - <30	35	36,65	82,84	0,44	0,28	0,68
		>=30	4	4,33	29,60	0,15	0,03	0,48
Akuter Herzinfarkt	410	>0 - <10	6	7,20	14,76	0,49	0,14	1,32
		10 - <20	18	19,43	31,92	0,61	0,32	1,10
		20 - <30	15	15,71	38,12	0,41	0,20	0,77
		>=30	1	1,08	13,66	0,08	0,00	0,58

ICD = Internationale Klassifikation der Erkrankungen 9. Revision; KI = Konfidenzintervall

* korrigiert für fehlende Angaben zur Todesursache nach Rittgen und Becker (2000); stratumspezifische Korrekturfaktoren (s. 4.4)

** Mit Strahlung assoziierter Krebs: Speiseröhrenkrebs, Magenkrebs, Dickdarmkrebs, Brustkrebs, Ovarienkrebs, Krebs der Blase und Harnwege, Schilddrüsenkrebs und Leukämien

Tabelle 5-8: Altersadjustierte relative Risiken (RR) aus der Poisson-Regression nach der zeitabhängigen Expositionsvariablen Beschäftigungsdauer, Cockpitcrew 1960 - 2004

Todesursache	Beschäftigungsdauer (Jahre)	Anzahl Fälle	RR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze	p für Trend
Alle Ursachen	0 - 9,99#	96	1,00	.	.	0,25
	10 - 19,99	136	0,91	0,69	1,20	
	20 - 29,99	133	0,83	0,63	1,11	
	30 +	53	0,92	0,64	1,32	
Krebs gesamt	0 - 9,99#	16	1,00	.	.	
	10 - 19,99	28	0,95	0,50	1,78	<,01
	20 - 29,99	51	1,67	0,92	3,00	
	30 +	30	2,84	1,46	5,50	
Lunge/ Bronchialsystem	0 - 9,99#	4	1,00	.	.	0,98
	10 - 19,99	3	0,35	0,08	1,63	
	20 - 29,99	7	0,82	0,22	2,96	
	30 +	4	1,45	0,31	6,68	
Mit Strahlung assoziierter Krebs	0 - 9,99#	4	1,00	.	.	0,54
	10 - 19,99	8	1,15	0,33	3,95	
	20 - 29,99	12	1,47	0,45	4,77	
	30 +	5	1,53	0,38	6,15	
Nicht mit Strahlung assoziierter Krebs	0 - 9,99#	12	1,00	.	.	<,01
	10 - 19,99	20	0,88	0,42	1,85	
	20 - 29,99	39	1,75	0,88	3,46	
	30 +	25	3,43	1,60	7,35	
Prostata	0 - 9,99#	1	1,00	.	.	0,50
	10 - 19,99	4	1,33	0,14	12,21	
	20 - 29,99	4	1,58	0,17	14,70	
	30 +	2	3,27	0,23	46,15	

Referenz

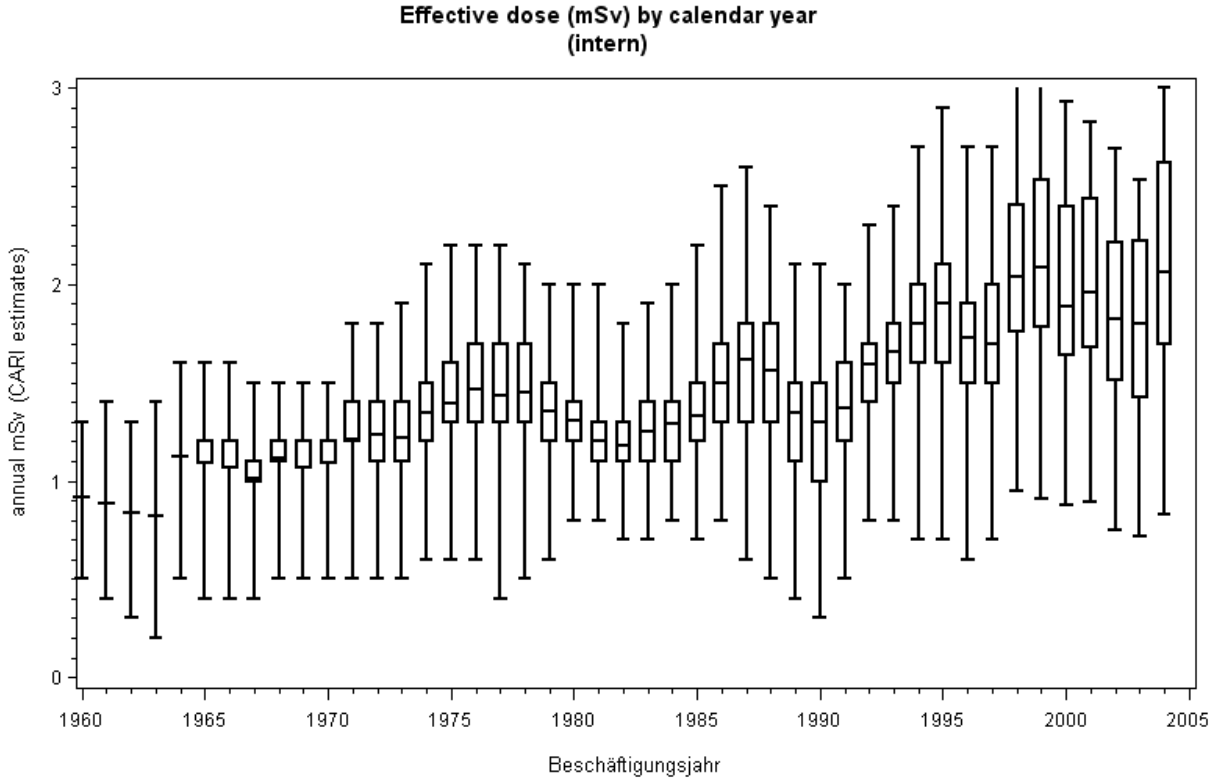
RR = Relatives Risiko im Vergleich zur Referenz; KI = Konfidenzintervall

Altersadjustierung in 5-Jahres Kategorien

5.1.2.9 Strahlenexposition des Cockpitpersonals

Für die Auswertung der Expositionsdaten konnte auf die Kohorteninformation bis Ende 2004 zurückgegriffen werden. Die mediane effektive Dosis/Jahr lag bei 0,91 mSv im Jahr 1960 und stieg schneller an als die durchschnittliche Anzahl der Blockstunden. Sie lag im Jahr 2004 bei 2,06 mSv (Abbildung 5-3). Dieser Anstieg ist auf die Nutzung von Jets gegenüber den in früheren Jahren hauptsächlich verwendeten Propellermaschinen mit niedrigerer Flughöhe zurückzuführen.

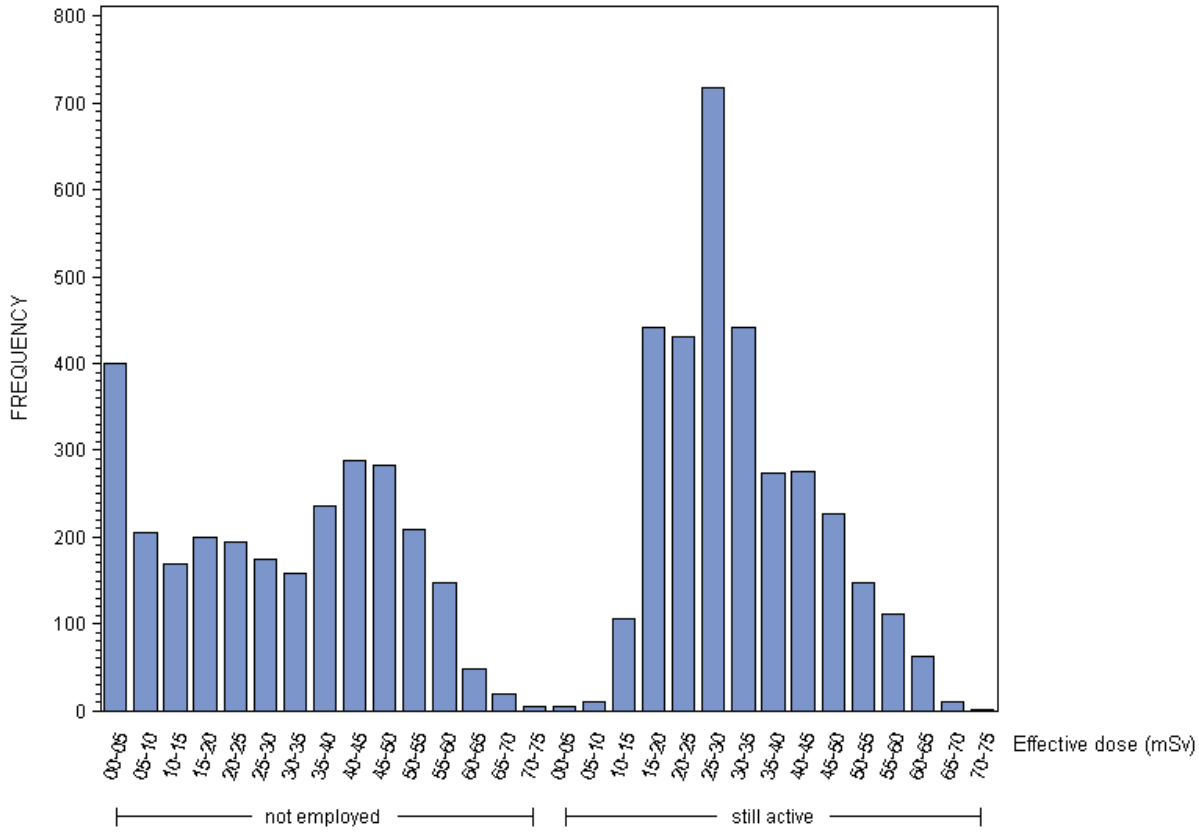
Abbildung 5-3: Effektive mittlere jährliche Strahlendosis (ermittelt mit CARI Software), männliches Cockpitpersonal 1960 - 2004. Boxplot mit Median und Quartilen sowie 5% und 95% - Perzentilen in den „Whisker“.



Die kumulative effektive Dosis ist stark mit der Anzahl der Blockstunden (Korrelation: Pearsons rho = 0,95) wie auch mit der Beschäftigungsdauer (rho = 0,91) korreliert. Bei den nicht mehr beschäftigten Personen liegt die mittlere kumulative effektive

Dosis bei 29,6 mSv mit einer Standardabweichung (SD) von 19,6 mSv, das Maximum sind 73,9 mSv. Bei den noch aktiven Mitgliedern der Cockpitkohorte liegt die entsprechende Dosis bei 30,2 mSv (SD = 12,3 mSv), im Maximum werden 71,4 mSv erreicht (Abbildung 5-4).

Abbildung 5-4: Kumulative Strahlendosis (ermittelt mit CARI Software), männliches Cockpitpersonal 1960 - 2004. Links Daten für ausgeschiedenes Cockpitpersonal, rechts für Ende 2004 noch Beschäftigte.

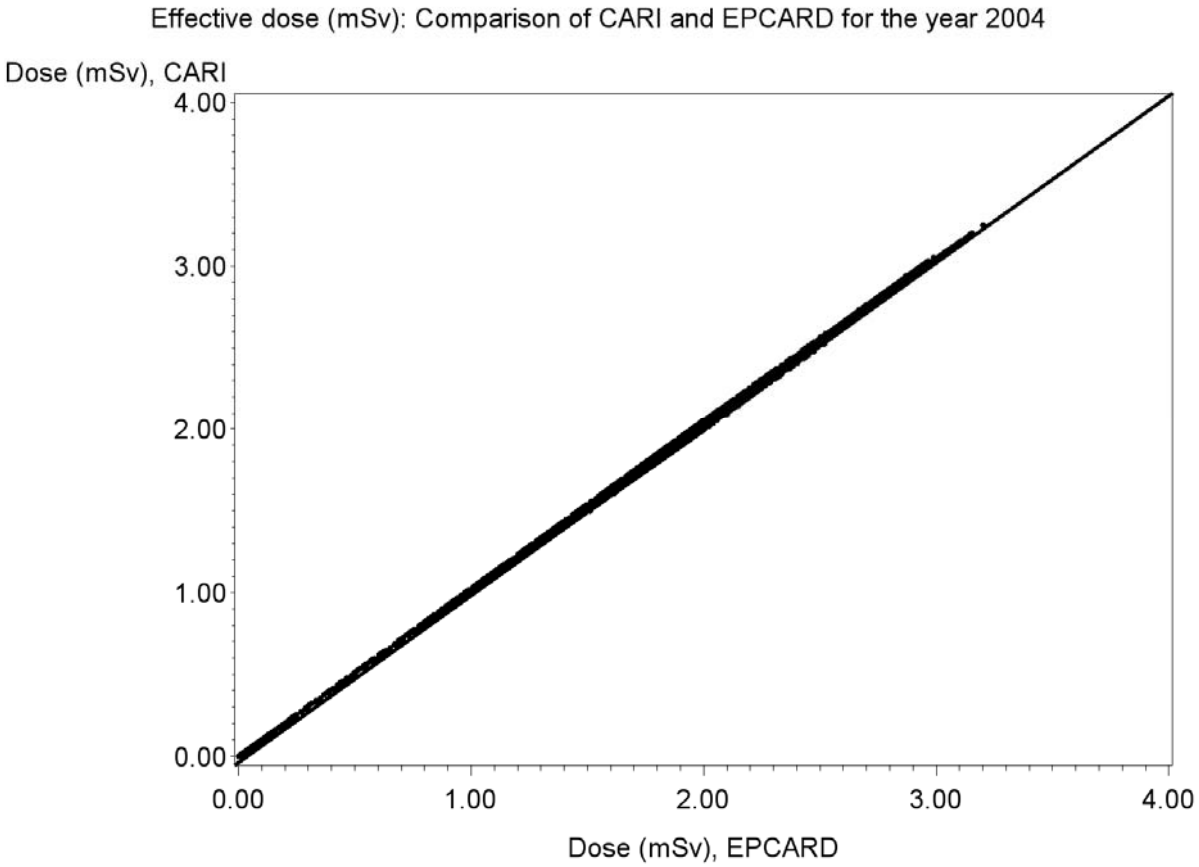


Validierung der Expositionsschätzung

Wie bereits im ersten Follow-up beobachtet, korreliert die kumulative effektive Dosis stark mit den kumulativen Flugstunden und mit der Gesamtbeschäftigungsdauer (Hammer et al. 2000b).

Einträge der Job-Expositions-Matrix für das Jahr 2004 wurden sowohl mit CARI, als auch mit EPCARD berechnet, und beide Versionen der JEM zur Schätzung individueller Jahresdosen des Cockpitpersonals verwendet. Im Jahr 2004 ist eine hervorragende Übereinstimmung der Schätzungen mit der Software CARI und EPCARD zu beobachten (R^2 = 0,9996) (Abbildung 5-5).

Abbildung 5-5: Vergleich der Schätzungen der individuellen effektiven Dosis im Jahr 2004 mit dem JEM-Ansatz unter

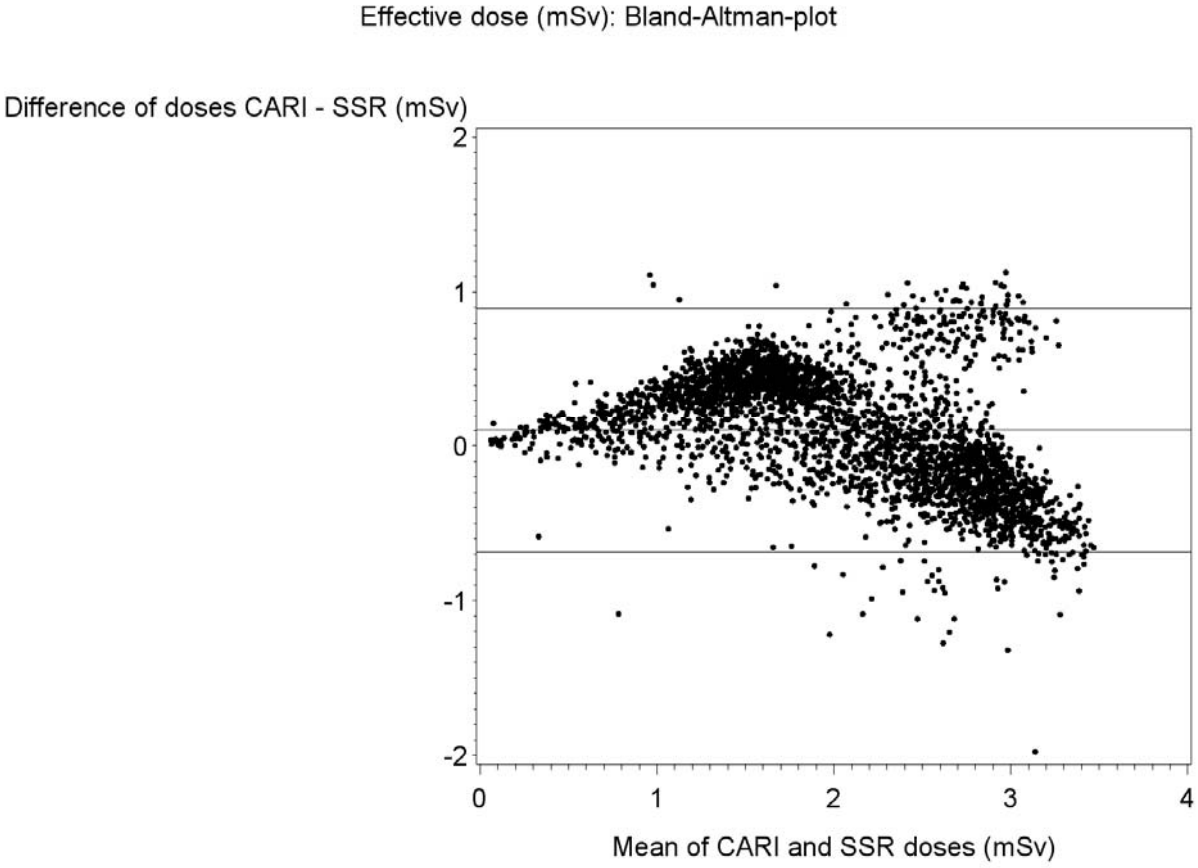


Im Vergleich zur amtlichen Dosimetrie des Jahres 2004 werden Strahlendosen durch das JEM-Verfahren teils unter- und teils überschätzt. Am Bland-Altman-Plot (Abbildung 5-6), in dem die Differenz der Dosis aus CARI mit derjenigen aus dem Strahlenschutzregister gegen ihren Mittelwert aufgetragen ist, wird deutlich, dass die im Strahlenschutzregister verzeichnete Jahresdosen ab ca. 2,5 mSv für die meisten Beschäftigten über der Schätzung mit dem JEM-Verfahren liegen. Die Unterschiede liegen in den individuell geflogenen Strecken und unterschiedlichen Annahmen über Flughöhenprofile.

Das JEM-Verfahren war bereits im Rahmen des ersten Follow-up validiert worden, indem ein Datensatz aller individuellen Flüge für 12 Monate (Juli 1997 bis Juni 1998) als Referenz verwendet wurde, effektive Dosen pro Flug berechnet und anschließend kumuliert wurden (Hammer et al. 2000a). Es ergab sich eine gute Korrelation (R = 0,862) zwischen den beiden Berechnungen. Allerdings lagen beiden Berech-

nungen dieselben Annahmen über Flughöhenprofile einzelner Flugzeuge, je nach Wegstrecke zugrunde.

Abbildung 5-6: Bland-Altman-Plot zum Vergleich der mit dem JEM-Verfahren geschätzten Dosen in der Kohorte mit den Aufzeichnungen des Strahlenschutzregisters im Jahr 2004



5.1.2.10 Risikoauswertungen

In den Risikoauswertungen mit 10 Jahren Latenzzeit beobachteten wir in der SMR-Auswertung (Tabelle 5-9) keine Trends bei der Gesamt- oder Krebsmortalität.

Einen signifikanten Trend abnehmender Gesamtmortalität mit zunehmender kumulativer effektiver Dosis (RR per 10 mSv: 0,89, 95% KI: 0,82-0,96) sowie eine abnehmende kardiovaskuläre Sterblichkeit (RR per 10 mSv: 0,83, 95%-CI: 0,69-0,99) wurde beobachtet. Die zerebrovaskuläre Sterblichkeit war mit zunehmender Strahlendosis negativ assoziiert (RR per 10 mSv: 0,72, 95%-CI: 0,49-1,04) (Tabelle 5-10).

Das Krebssterberisiko nahm hingegen mit zunehmender kumulativer effektiver Dosis zu; diese Zunahme war allerdings statistisch nicht signifikant (RR per 10 mSv: 1,13, 95%-CI: 0,98-1,29). Es zeigten sich hier keine bedeutsamen Unterschiede zwischen dem Risiko für eine Gruppe von Tumoren, für die eine Strahlenverursachung bekannt ist (Speiseröhre, Magen, Dickdarm, Leber, Blase/Harntrakt, Schilddrüse und Leukämien) (RR per 10 mSv: 1,11, 95%-CI: 0,84-1,48) sowie allen anderen Tumoren (RR per 10 mSv: 1,13, 95%-CI: 0,97-1,32). Das Hirntumorrisiko zeigte ebenfalls eine nicht-signifikante dosisabhängige Risikoerhöhung (RR per 10 mSv: 1,27, 95%-CI: 0,84-1,90). Die relativen Mortalitätsrisiken waren zumeist etwas niedriger, wenn die Latenzzeit von 10 Jahren nicht berücksichtigt wurde.

Die Auswertungen nach Dosiskategorien zeigten ein insgesamt vergleichbares Bild (Tabelle 5-11). Zu beachten ist, dass die Fallzahlen z.T. zu klein waren, um die statistischen Analysen durchführen zu können (nicht konvergierende Algorithmen). Trends über Kategorien konnten dagegen meistens berechnet werden. Hier wurde die mediane Dosis als stetiger Parameter ins Regressionsmodell aufgenommen.

Eine Auswertung der SMR nach 15-Jahres-Kalenderperioden findet sich im Anhang (Tabelle 13-1). Trends für die Mortalität an allen Todesursachen, Krebs insgesamt, strahlen-assoziierte Krebsarten und andere Krebsarten wurden nicht beobachtet.

Tabelle 5-9: SMR für Cockpitcrew nach Kategorien der kumulativen effektiven Dosis (mSv), 1960-2004. Latenzzeit 0 oder 10 Jahre. Nur große Todesursachengruppen

	Kumulative effektive Dosis (mSv)	Ohne Latenzzeit			Latenzzeit: 10 Jahre		
		O*	SMR*	95% CI*	O*	SMR*	95% CI*
Alle Ursachen	0				48	0,45	0,33 - 0,60
	>0-	43	0,48	0,35 - 0,65	54	0,50	0,38 - 0,65
	5-	93	0,56	0,45 - 0,69	100	0,55	0,45 - 0,67
	15-	131	0,57	0,48 - 0,68	115	0,50	0,42 - 0,61
	25+	140	0,41	0,35 - 0,49	90	0,46	0,37 - 0,56
Krebs insgesamt	0				6,32	0,36	0,09 - 1,16
	>0-	11,94	0,63	0,24 - 1,55	19,20	0,74	0,35 - 1,55
	5-	20,41	0,56	0,28 - 1,04	25,00	0,54	0,31 - 0,90

	Kumulative effektive Dosis (mSv)	Ohne Latenzzeit			Latenzzeit: 10 Jahre		
		O*	SMR*	95% CI*	O*	SMR*	95% CI*
	15-	40,87	0,69	0,45 - 1,05	48,26	0,72	0,50 - 1,06
	25+	66,77	0,60	0,42 - 0,85	40,61	0,58	0,37 - 0,93
Mit Strahlung assoziierter Krebs	0				2,53	0,58	0,04 - 2,94
	>0-	1,19	0,24	0,00 - 1,92	1,20	0,18	0,00 - 1,35
	5-	7,94	0,80	0,26 - 2,00	10,42	0,86	0,36 - 1,82
	15-	12,58	0,81	0,36 - 1,60	12,32	0,73	0,33 - 1,44
	25+	14,00	0,54	0,25 - 1,05	8,78	0,54	0,19 - 1,27
Nicht mit Strahlung assoziierter Krebs	0				3,79	0,29	0,04 - 1,19
	>0-	10,75	0,77	0,28 - 1,95	18,00	0,95	0,44 - 2,01
	5-	12,48	0,47	0,19 - 1,00	14,58	0,42	0,20 - 0,81
	15-	28,30	0,65	0,39 - 1,06	35,94	0,72	0,47 - 1,11
	25+	52,77	0,62	0,42 - 0,91	31,83	0,60	0,35 - 1,00

* korrigiert für fehlende Angaben zur Todesursache nach Rittgen und Becker (2000); mSv = milliSievert; O = beobachtete Todesfälle, Exp = Erwartete Todesfälle, KI = Konfidenzintervall. Latenzzeit: Erklärung siehe Text

Tabelle 5-10: Altersadjustierte Relative Risiken (RR) für Cockpitcrew (Männer) nach stetiger kumulativer effektiver Dosis (mSv) 1960-2004, ausgewählte Ursachen mit 10 oder mehr Fällen

Todesursache	Ohne Latenzzeit				Latenzzeit: 10 Jahre			
	Fälle	RR je 10 mSv	95% CI	p (Trend)	Fälle	RR je 10 mSv	95% CI	p (Trend)
Alle Ursachen	407	0,86	0,81 - 0,92	<,01	407	0,89	0,82 - 0,96	<,01
Krebs insgesamt	125	1,07	0,95 - 1,20	0,28	125	1,13	0,98 - 1,29	0,08
Mit Strahlung assoziierter Krebs	29	1,07	0,84 - 1,35	0,60	29	1,11	0,84 - 1,48	0,46
Nicht mit Strahlung assoziierter Krebs	96	1,07	0,93 - 1,22	0,34	96	1,13	0,97 - 1,32	0,12
Magenkrebs	10	1,29	0,86 - 1,92	0,21	10	1,27	0,77 - 2,11	0,35
Dickdarmkrebs	12	1,16	0,80 - 1,69	0,44	12	1,29	0,84 - 1,97	0,24
Pankreaskrebs	13	1,39	0,97 - 2,00	0,07	13	1,44	0,97 - 2,15	0,07
Lungen/Bronchialkrebs	18	0,95	0,69 - 1,31	0,77	18	1,03	0,71 - 1,49	0,89
Prostatakrebs	11	0,94	0,59 - 1,51	0,80	11	1,15	0,70 - 1,89	0,59
Hirn/ZNS Krebs	14	1,30	0,94 - 1,82	0,12	14	1,27	0,84 - 1,90	0,26
Zerebrovaskuläre Erkrankungen	24	0,72	0,52 - 0,99	0,04	24	0,72	0,49 - 1,04	0,08
Alle kardiovaskulären Erkrankungen	95	0,79	0,67 - 0,93	<,01	95	0,83	0,69 - 0,99	0,04

Tabelle 5-11: Altersadjustierte Relative Risiken (RR) für Cockpitcrew (Männer) nach Kategorien der kumulativen effektiven Dosis (mSv) 1960-2004

Todesursache		Ohne Latenzzeit				Latenzzeit: 10 Jahre			
		Fälle	RR	95% CI	p (Trend)	Fälle	RR	95% CI	p (Trend)
Alle Ursachen	Trend				0,14				0,56
	0					48	1,17	0,78 - 1,75	
	>0-	43	1,00			54	1,00		
	5-	93	1,09	0,76 - 1,56		100	1,12	0,80 - 1,56	
	15-	131	1,08	0,76 - 1,53		115	1,04	0,74 - 1,47	
	25+	140	0,82	0,57 - 1,19		90	0,99	0,68 - 1,44	
Krebs insgesamt	Trend				0,03				0,01
	0					5	0,42	0,15 - 1,19	
	>0-	9	1,00			15	1,00		
	5-	18	0,97	0,43 - 2,16		23	0,93	0,48 - 1,81	
	15-	36	1,32	0,63 - 2,78		45	1,50	0,80 - 2,82	
	25+	62	1,82	0,86 - 3,85		37	1,49	0,75 - 2,95	
Mit Strahlung assoziierter Krebs	Trend								0,28
	0					2	n.b.		
	>0-	0	n.b.			0	n.b.		
	5-	7	n.b.			9	n.b.		
	15-	9	n.b.			10	n.b.		
	25+	13	n.b.			8	n.b.		
Nicht mit Strahlung assoziierter Krebs	Trend				0,03				0,02
	0					3	0,26	0,07 - 0,91	
	>0-	9	1,00			15	1,00		
	5-	11	0,59	0,24 - 1,42		14	0,57	0,27 - 1,20	
	15-	27	1,00	0,46 - 2,17		35	1,19	0,61 - 2,32	
	25+	49	1,57	0,72 - 3,43		29	1,23	0,59 - 2,55	
Lunge / Bronchialsystem	Trend				0,40				n.b.
	0					0	n.b.		
	>0-	4	1,00			5	n.b.		
	5-	2	0,23	0,04 - 1,28		3	n.b.		

	15-	5	0,37	0,10 - 1,43		4	n.b.		
	25+	7	0,41	0,10 - 1,60		6	n.b.		
Prostata	Trend				0,43				0,39
	0					1	n.b.		
	>0-	1	1,00			0	n.b.		
	5-	1	0,41	0,03 - 6,53		1	n.b.		
	15-	5	1,36	0,16 - 11,96		6	n.b.		
	25+	4	1,59	0,13 - 18,92		3	n.b.		
Zerebrovaskuläre Erkrankungen	Trend				0,32				0,43
	0					2	4,78	0,40 - 56,81	
	>0-	1	1,00			1	1,00		
	5-	8	3,68	0,46 - 29,48		10	5,05	0,64 - 39,76	
	15-	12	3,44	0,44 - 26,75		8	2,88	0,35 - 23,83	
	25+	3	0,70	0,07 - 7,07		3	1,55	0,15 - 16,22	
Alle kardiovaskulären Erkrankungen	Trend				0,99				0,62
	0					3	0,73	0,20 - 2,77	
	>0-	8	1,00			10	1,00		
	5-	24	1,33	0,59 - 2,96		33	1,77	0,86 - 3,64	
	15-	40	1,52	0,70 - 3,29		31	1,33	0,62 - 2,84	
	25+	23	1,00	0,42 - 2,39		18	1,30	0,54 - 3,10	

n.b. = nicht berechnet, da Algorithmen, u.a. aufgrund von leeren Zellen in Einzelkategorien, nicht konvergierten.

5.1.3 Kabinenpersonal

Von den 20,722 identifizierten Mitarbeitern des Kabinenpersonals musste für die 10,546 nicht-aktiven Personen das Follow-up begonnen werden. Nach Ausschluss von 2 bereits vor 1960 Verstorbenen und der Bereinigung der Daten um Personen mit einer Beschäftigungsdauer von weniger als 6 Monaten kamen 20,753 Personen in die Auswertungen. Von den Verbleibenden verloren wir 503 Personen (2,4%) im Follow-up. 1704 Personen (8,2%) verzogen ins Ausland. Die Tabellen 6-12 und 6-13 zeigen den Verlauf und das Ergebnis des Vitalstatus-Follow-up getrennt nach Geschlecht.

Tabelle 5-12: Follow-up beim Kabinenpersonal (zum 31.12.2004)

	Anzahl	Anteil (%)
Ausgangsdatensatz	20.722	100,0
Darunter Ausscheider (im Follow-up)	10.546	50,8
Darunter am Stichtag noch aktiv	10.226	49,2

Tabelle 5-13: Follow-up und Resultat beim Kabinenpersonal (zum 31.12.2004)

	männlich		weiblich		gesamt	
Vitalstatus	**Anzahl**	**Anteil (%)**	**Anzahl**	**Anteil (%)**	**Anzahl**	**Anteil (%)**
lebend	3087	82,7	14.946	87,8	18.033	86,9
verstorben	239	6,4	274	1,6	513	2,5
verloren	95	2,5	408	2,4	503	2,4
emigriert	312	8,4	1392	8,2	1704	8,2
Gesamt	**3733**	**100**	**17.020**	**100**	**20.753**	**100**

Die mittlere Dauer des Follow-up betrug für das weibliche Kabinenpersonal 18,4 Jahre, für männliche Kabinenmitarbeiter 19,9 Jahre. 4 Personen wurden in beiden Kohorten (d.h. Cockpit und Kabine) nachverfolgt. Sobald ein Kabinenpersonalmitglied in die Cockpitkohorte wechselte, wurden die Personenjahre ab dem Datum des Wechsels zur Cockpitkohorte gezählt.

5.1.3.1 Beschäftigungsdauer

Die mittlere Beschäftigungsdauer in der Kabinenkohorte lag bei 12,2 Jahren bei den Frauen und bei 14,5 Jahren für Männer in der Kabinenkohorte. Wenn man nur die ausgeschiedenen Mitarbeiter/innen betrachtet, liegen diese Werte bei 9,0 bzw. 14,0 Jahren.

5.1.3.2 Todesursachenrecherche

Für 86,7% der verstorbenen Kabinenbeschäftigten konnten wir eine Todesursache feststellen. Die Todesursachen wurden - sofern vorhanden - den Kopien der Todesursachenbescheinigungen (bzw. amtliche Mitteilung der Todesursache) entnommen. Diese lagen in 77,4% der Todesfälle bei Crew vor. Weiterhin konnten wir in 7,6% der Fälle Todesursacheninformationen von den zuletzt behandelnden Ärzten ermitteln,

zudem in 1,8% von Angehörigen. Im Rahmen des verlängerten Follow-up bis 2004 beruhen alle neuen Informationen ausschließlich auf Todesursachenbescheinigungen. Für die hier beschriebenen Auswertungen werden alle ermittelten Todesursachen ab 1960 verwendet.

Tabelle 5-14: Überblick Todesursachenrecherche Kabine

	Männer	%	Frauen	%	Gesamt	%
Verstorbene	239	100	274	100	513	100
Todesursache vorliegend	207	86,6	238	86,9	445	86,7
… davon Arztinformation	14	5,9	25	9,1	39	7,6
… davon Angehörige	5	2,1	4	1,5	9	1,8
Nicht klärbar	32	13,4	36	13,1	68	13,3

5.1.3.3 Übersicht Todesursachen

Beim weiblichen Kabinenpersonal fanden wir als häufigste Todesursache Krebserkrankungen (n=107) gefolgt von äußeren Ursachen (ohne Flugzeugunfälle) (n=56). Das männliche Kabinenpersonal wies als häufigste Todesursache Immunschwächeerkrankung (AIDS, n=70) gefolgt von Krebserkrankungen (n=47) auf.

5.1.3.4 Personenjahre

Die weibliche Kabinenpersonalkohorte umfasste 312,384 Personenjahre, die männliche Kabinenpersonalkohorte insgesamt 74,407. Die Tabelle 5-15 zeigt die Verteilung der Personenjahre per Kalenderperiode im Überblick.

Tabelle 5-15: Personenjahre Kabinenpersonal

Periode	Männer	Frauen
1960-1964	1045,2	2009,8
1965-1969	2796,2	5173,0
1970-1974	4344,4	10.541,7
1975-1979	6289,4	18.153,9
1980-1984	7619,1	26.857,7
1985-1989	9025,3	39.603,7
1990-1994	11.867,0	59.031,0
1995-1999	15.677,7	75.331,5
2000-2004	15.742,5	75.681,6
Gesamt	**74.406,9**	**312.384,0**

5.1.3.5 Externe Vergleiche (SMR)

Für die Kohorte des Kabinenpersonals errechneten sich die SMR wie in Tabelle 5-16 und Tabelle 5-17. Die SMR für alle Ursachen liegt beim männlichen Kabinenpersonal auf dem Niveau der erwarteten Fälle, wenn man die Todesraten der Gesamtbevölkerung zu Grunde legt (SMR 0,99).

Die SMR für Krebs liegen bis auf wenige Ausnahmen nahe eins bzw. sind aufgrund der geringen Fallzahlen unpräzise, wie das weite Konfidenzintervall anzeigt. Hinweise auf statistisch signifikant erhöhte Risiken für hämatologische Tumoren finden sich nur für Non-Hodgkin-Lymphome (NHL). Für NHL beim männlichen Personal liegt die SMR bei 3,83 (1,17 - 9,97), basierend auf 6 Fällen in der Kohorte. NHL treten gehäuft in Verbindung mit Immundefizienzsyndromen wie AIDS auf. Hinweise auf nichtsignifikant erhöhte SMR finden sich auch bei den Tumoren des oberen Verdauungstraktes (Mundhöhle, Rachen, Speiseröhre) sowie bei Prostatatumoren, bei recht kleinen Fallzahlen.

Während des Beobachtungszeitraums wurde kein Melanom-Todesfall und ein Nicht Melanom Hauttumor-Todesfall beim Kabinenpersonal in Deutschland registriert. Die Lungenkrebsmortalität des männlichen Personals ist statistisch nicht signifikant

erniedrigt (SMR 0,67). Auch bei den übrigen Todesursachen zeigen sich mit der schon aus der Erstauswertung bekannten Ausnahmen AIDS (n = 70, SMR 41,2) und Flugzeugabstürze (SMR 46,7) keine erhöhten Risiken. Auffällig niedrig ist weiterhin die SMR für akuten Herzinfarkt (0,15).

Das weibliche Kabinenpersonal weist insgesamt niedrige SMR für alle Ursachen (SMR 0,78) und für Krebs insgesamt auf (SMR 0,88). Auch in der weiblichen Kabinenpersonalkohorte ist für NHL und für Lymphome insgesamt eine nicht signifikante Risikoerhöhung feststellbar. Die SMR für Brustkrebs ist mit 1,08 (95% KI 0,69 - 1,65) allenfalls geringfügig und nicht signifikant erhöht. Dieser Wert ist etwas niedriger, aber konsistent mit dem in der früheren Auswertung bis 1997 ermittelten SMR. Sehr niedrige SMR liegen für Herz-Kreislauf - Ursachen vor, Erhöhungen weisen neben den Flugzeugunfällen auch andere Verkehrsunfälle und die Gruppe „alle anderen äußeren Ursachen“ auf. Zwei AIDS-Todesfälle wurden beobachtet. Die Todesfälle infolge Suizids beim weiblichen Kabinenpersonal entsprachen in etwa dem Erwartungswert aus der Gesamtbevölkerung.

Tabelle 5-16: Standardized Mortality Ratio (SMR) für das männliche Kabinenpersonal, Periode 1960 - 2004

Todesursachen	ICD - 9	Beobachtete Fälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete Todesfälle	SMR	95% KI	
						Untere Grenze	Obere Grenze
Alle Ursachen	001-999	239	239,00	242,26	0,99	0,87	1,12
Alle Ursachen außer Flugzeugunfälle		198	228,61	242,03	0,94	0,76	1,18
Alle Ursachen außer nicht bekannte Ursachen		207	239,00	242,26	0,99	0,87	1,12
Krebs insgesamt	140-208	47	54,27	63,33	0,86	0,57	1,27
Mit Strahlung assoziierter Krebs	**	9	10,39	14,93	0,70	0,27	1,52
Nicht mit Strahlung assoziierter Krebs	**	38	43,87	48,40	0,91	0,58	1,39
Einzelne Krebslokalisationen							
-Mundhöhle/Rachen	140-149	5	5,77	4,36	1,32	0,34	3,62
-Speiseröhre	150	3	3,46	2,81	1,23	0,19	4,29
-Magen	151	1	1,15	3,96	0,29	0,00	1,99
-Dickdarm	153	2	2,31	4,05	0,57	0,05	2,48
-Enddarm	154	3	3,46	2,47	1,40	0,21	4,87
-Leber/Galle	155-156	2	2,31	2,30	1,01	0,08	4,37
-Pankreas	157	4	4,62	3,31	1,39	0,29	4,21
-Lunge/Bronchialsystem	162-163	10	11,55	17,12	0,67	0,27	1,42
-Haut (ohne Melanom)	173	1	1,15	0,13	9,10	0,11	62,17
-Prostata	185	3	3,46	1,88	1,84	0,28	6,40
-Hoden/andere Genitalorgane.	186-187	1	1,15	1,02	1,13	0,01	7,74

Todesursachen	ICD - 9	Beobachtete Fälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete Todesfälle	SMR	95% KI Untere Grenze	95% KI Obere Grenze
-alle Lymphome	200-202	6	6,93	2,46	2,82	0,84	7,14
-Non Hodgkin Lymphom	200-202	6	6,93	1,76	3,93	1,17	9,97
-alle Leukämien	204-208	3	3,46	2,39	1,45	0,22	5,05
-alle anderen Krebsarten	Rest 140-208	3	3,46	5,52	0,63	0,09	2,18
Diabetes	250	1	1,15	3,23	0,36	0,00	2,44
Zerebrovaskuläre Erkrankungen	430-438	1	1,15	8,62	0,13	0,00	0,92
Alle kardiovaskulären Ursachen	390-429	15	17,32	49,13	0,35	0,17	0,66
Andere ischämische Herzerkrankungen	411-414	5	5,77	8,72	0,66	0,17	1,81
Akuter Herzinfarkt	410	3	3,46	23,42	0,15	0,02	0,51
Alle anderen kardiovaskulären Ursachen	Rest 390-429	7	8,08	14,70	0,55	0,18	1,31
Nicht-maligne Atemwegserkrankungen	460-479,488-519	2	2,31	5,57	0,41	0,03	1,80
Leberzirrhose	571	4	4,62	16,16	0,29	0,06	0,86
Nephritis und Nephrose	580-589	1	1,15	0,73	1,58	0,02	10,82
Alle infektiösen Erkrankungen (nicht AIDS)	001-139 (nicht 042.9)	5	5,77	2,61	2,21	0,57	6,05
AIDS	042.9	70	80,82	1,96	41,16	29,39	57,42
Kfz-Unfälle	E810-E825	9	10,39	15,54	0,67	0,26	1,46
Flugzeugunfälle	E840-E844	9	10,39	0,22	46,76	17,98	102,20
Alle äußeren Ursachen außer Flugzeugunfälle	E800-E999 nicht E840-E844	35	40,41	49,41	0,82	0,51	1,27

Todesursachen	ICD - 9	Beobachtete Fälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete Todesfälle	SMR	95% KI	
						Untere Grenze	Obere Grenze
Suizid	E950-E959	15	17,32	19,60	0,88	0,43	1,66
Gewaltsame Todesfälle	E960-E999	1	1,15	3,68	0,31	0,00	2,15
Alle anderen äußeren Ursachen	** Rest E800-E999	10	11,55	10,59	1,09	0,44	2,30
Nicht näher bezeichnete Ursache	780-799.9	8	9,24	10,46	0,88	0,32	2,01
Alle anderen Ursachen	** Rest 001-999	9	10,39	37,15	0,28	0,11	0,61

ICD = Internationale Klassifikation der Erkrankungen 9. Revision; KI = Konfidenzintervall

* korrigiert für fehlende Angaben zur Todesursache nach Rittgen und Becker (2000)

** Mit Strahlung assoziierter Krebs: Speiseröhrenkrebs, Magenkrebs, Dickdarmkrebs, Brustkrebs, Ovarienkrebs, Krebs der Blase und Harnwege, Schilddrüsenkrebs und Leukämien

Tabelle 5-17: Standardized Mortality Ratio (SMR) für das weibliche Kabinenpersonal, Periode 1960 - 2004

Todesursachen	ICD - 9	Beobachtete Fälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete Todesfälle	SMR	95% KI	
						Untere Grenze	Obere Grenze
Alle Ursachen	001-999	274	274,00	351,08	0,78	0,69	0,88
Alle Ursachen außer Flugzeugunfälle		223	256,73	350,87	0,73	0,60	0,90
Alle Ursachen außer nicht bekannte Ursachen		238	274,00	351,08	0,78	0,69	0,88
Krebs insgesamt	140-208	107	123,18	139,61	0,88	0,67	1,16
Mit Strahlung assoziierter Krebs**	**	64	73,68	72,47	1,02	0,72	1,43
Nicht mit Strahlung assoziierter Krebs		43	49,50	67,13	0,74	0,49	1,10
Einzelne Krebslokalisationen							
-Speiseröhre	150	1	1,15	1,17	0,98	0,01	6,67
-Magen	151	5	5,76	7,02	0,82	0,21	2,23
-Dickdarm	153	8	9,21	7,69	1,20	0,43	2,71
-Enddarm	154	3	3,45	3,59	0,96	0,14	3,32
-Leber/Galle	155-156	1	1,15	3,62	0,32	0,00	2,16
-Pankreas	157	4	4,61	4,60	1,00	0,21	3,00
-Lunge/Bronchialsystem	162-163	11	12,66	13,79	0,92	0,39	1,87
-Brust	174-175	37	42,60	39,44	1,08	0,69	1,65
-Gebärmutterhals	180	4	4,61	8,20	0,56	0,12	1,68
-Gebärmutter andere	179.181-182	2	2,30	2,82	0,82	0,07	3,53

Todesursachen	ICD - 9	Beobachtete Fälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete Todesfälle	SMR	95% KI	
						Untere Grenze	Obere Grenze
-Ovarien	183	7	8,06	9,51	0,85	0,28	2,01
- Nieren	189.0-2	1	1,15	2,02	0,57	0,01	3,87
-Hirn ZNS	191-192	7	8,06	6,49	1,24	0,41	2,95
- Schilddrüse und andere Drüsen	193-194	2	2,30	0,91	2,54	0,20	10,98
-alle Lymphome	200-202	6	6,91	4,77	1,45	0,43	3,65
-Non Hodgkin Lymphome	200/202	3	3,45	3,24	1,07	0,16	3,68
-Hodgkin Lymphome	201	3	3,45	1,53	2,26	0,34	7,80
-alle Leukämien	204-208	4	4,61	5,67	0,81	0,17	2,44
-alle anderen Krebsarten	Rest 140-208	4	4,61	10,73	0,43	0,09	1,29
Diabetes	250	1	1,15	4,20	0,27	0,00	1,86
Zerebrovaskuläre Erkrankungen	430-438	4	4,61	15,26	0,30	0,06	0,91
Alle kardiovaskulären Ursachen	390-429	11	12,66	38,27	0,33	0,14	0,67
Akuter Herzinfarkt	410	2	2,30	12,40	0,19	0,01	0,80
Andere ischämische Herzerkrankungen	411-414	1	1,15	5,14	0,22	0,00	1,52
Bluthochdruck	401-405	1	1,15	2,50	0,46	0,01	3,13
Alle andere kardiovaskuläre Ursachen	Rest 390-429	7	8,06	17,28	0,47	0,15	1,11
Nicht-maligne Atemwegserkrankungen	460-479, 488-519	2	2,30	7,44	0,31	0,02	1,34
Leberzirrhose	571	11	12,66	20,26	0,63	0,27	1,27

Todesursachen	ICD - 9	Beobachtete Fälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete Todesfälle	SMR	95% KI	
						Untere Grenze	Obere Grenze
Alle infektiösen Erkrankungen (nicht AIDS)	001-139 (nicht 042.9)	2	2,30	4,26	0,54	0,04	2,34
AIDS	042.9	2	2,30	1,90	1,21	0,10	5,25
Kfz-Unfälle	E810-E825	22	25,33	17,00	1,49	0,83	2,53
Flugzeugunfälle	E840-E844	15	17,27	0,21	80,98	39,55	151,00
Alle äußeren Ursachen außer Flugzeugunfälle	E800-E999 nicht E840-E844	56	64,47	55,65	1,16	0,80	1,66
Suizid	E950-E959	18	20,72	24,09	0,86	0,45	1,53
Gewaltsame Todesfälle	E960-E999	2	2,30	6,74	0,34	0,03	1,48
Alle anderen äußeren Ursachen	Rest E899-E999	14	16,12	7,83	2,06	0,98	3,91
Nicht näher bezeichnete Ursache	780-799.9	15	17,27	13,35	1,29	0,63	2,41
Alle anderen Ursachen	** Rest 001-999	11	12,66	57,56	0,22	0,09	0,45

ICD = Internationale Klassifikation der Erkrankungen 9. Revision; KI = Konfidenzintervall

* korrigiert für fehlende Angaben zur Todesursache nach Rittgen und Becker (2000)

** Mit Strahlung assoziierter Krebs: Speiseröhrenkrebs, Magenkrebs, Dickdarmkrebs, Brustkrebs, Ovarienkrebs, Krebs der Blase und Harnwege, Schilddrüsenkrebs und Leukämien

5.1.3.6 SMR nach Beschäftigungsdauer bzw. Beschäftigungsbeginn

Auch diese Auswertung führten wir wie bei der Cockpitcrew nur für Todesursachen mit größeren Fallzahlen durch.

Die Stratifizierung nach Beschäftigungsdauer zeigte für das männliche Kabinenpersonal erhöhte Gesamt-SMR unter Beschäftigten der mittleren Kategorie (10-<20 Jahre), bedingt durch eine Konzentration der AIDS-Sterbefälle in diesem Stratum (Tabelle 5-18). Bei den Krebstodesfällen sind bei deutlicher Schwankung der Risikoschätzer zwischen den Kategorien keine konsistenten Risikoveränderungen in Ab-hängigkeit von der Beschäftigungsdauer zu beobachten. Bezüglich der AIDS-Todesfälle ist anzumerken, dass diese Anfang der 90-er Jahre die größten Zahlen aufwiesen und seitdem kontinuierlich zurückgingen.

Unter dem weiblichen Kabinenpersonal (Tabelle 5-19) hatten die Frauen mit der kürzesten Beschäftigungsdauer das höchste Brustkrebsrisiko (SMR 1,24 nicht signifikant), ein kontinuierlicher Anstieg des Risikos mit zunehmender Dauer war nicht feststellbar. Ein nicht signifikanter Trend zu leicht erhöhten Risikoschätzern für Krebs insgesamt mit zunehmender Beschäftigungsdauer ist zu erkennen, wobei hier erhebliche Schätzunsicherheiten bei kleinen Fallzahlen in einzelnen Kategorien bestehen. Auffallend ist weiterhin die sehr niedrige kardiovaskuläre Mortalität.

Eine Auswertung der SMR nach 15-Jahres-Kalenderperioden findet sich im Anhang (Tabelle 13-2, Tabelle 13-3). Zeitliche Trends für die Krebsmortalität wurden nicht beobachtet.

5.1.3.7 Expositionsbezogene interne Auswertungen

Die Beschäftigungsdauer war das einzige für diese Auswertungen verfügbare Expositionsmaß. Wie schon an anderer Stelle erläutert ist sie ein Ersatzmaß für die Strahlenexposition und andere beruflich bedingte Expositionen. In den internen Auswertungen werden die Sterberisiken von Teilgruppen des Kabinenpersonals miteinander in Verhältnis gesetzt, wobei die Personen mit der kürzesten Beschäftigungsdauer als Referenz dienen.

Tabelle 5-20 zeigt die Ergebnisse.

Weder bei Männern noch bei Frauen wurden signifikanten Trends von zu- oder abnehmenden Ratenverhältnissen in Abhängigkeit von der Beschäftigungsdauer beobachtet.

Bei Männern war die Gesamtmortalität in der Gruppe mit längster Beschäftigungsdauer gegenüber der Referenz (0,5-<10 Jahre) vermindert, dagegen in der Gruppe mit Beschäftigungsdauer 10-<20 Jahre signifikant erhöht. Auch hier ist von einem Einfluss der AIDS-Todesfälle auf das Risikomuster auszugehen. Auffallend sind die höheren relativen Risiken für den Lungenkrebs bei den länger Beschäftigten.

Für den Brustkrebs bei Frauen ergaben sich keinerlei Auffälligkeiten in dieser Auswertung, die Risiken waren in allen verglichenen Kategorien ähnlich, wobei ein Großteil der Fälle in der Referenzkategorie der Frauen mit bis zu 10 Jahren Beschäftigungsdauer lag. Auch bei allen Krebstodesursachen der weiblichen Kabinencrew zeigte sich kein Trend mit zunehmender Beschäftigungsdauer.

Tabelle 5-18: SMR für männliches Kabinenpersonal nach Beschäftigungsdauer in vier Kategorien, Periode 1960-2004

Todesursache	ICD-9	Beschäftigungsdauer (Jahre)	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
Alle Ursachen	001-999	>0 - <10	89	89,00	94,1	0,95	0,76	1,16
		10 - <20	74	74,00	47,32	1,56	1,23	1,96
		20 - <30	62	62,00	64,59	0,96	0,74	1,23
		>=30	14	14,00	36,24	0,39	0,21	0,65
Krebs insgesamt	140-208	>0 - <10	18	21,36	19,02	1,12	0,56	2,15
		10 - <20	6	7,16	10,17	0,70	0,20	1,94
		20 - <30	18	19,58	20,85	0,94	0,48	1,79
		>=30	5	5,38	13,29	0,41	0,10	1,54
Mit Strahlung assoziierter Krebs**		>0 - <10	5	5,93	4,54	1,31	0,32	3,82
		10 - <20	1	1,19	2,51	0,48	0,01	3,54
		20 - <30	3	3,26	4,83	0,67	0,10	2,50
		>=30	0	0,00	3,04	0,00	0,00	2,31
Nicht mit Strahlung assoziierter Krebs		>0 - <10	13	15,43	14,48	1,07	0,47	2,22
		10 - <20	5	5,97	7,66	0,78	0,19	2,32
		20 - <30	15	16,32	16,02	1,02	0,49	2,03
		>=30	5	5,38	10,24	0,53	0,13	2,00
Dickdarm	153	>0 - <10	0	0,00	1,14	0,00	0,00	5,24
		10 - <20	1	1,19	0,62	1,92	0,02	14,32
		20 - <30	1	1,09	1,35	0,81	0,01	5,87

Todesursache	ICD-9	Beschäftigungsdauer (Jahre)	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
		>=30	0	0,00	0,95	0,00	0,00	7,43
Pankreas	157	>0 - <10	2	2,37	0,89	2,67	0,20	12,38
		10 - <20	0	0,00	0,49	0,00	0,00	12,40
		20 - <30	1	1,09	1,16	0,94	0,01	6,84
		>=30	1	1,08	0,78	1,39	0,02	13,21
Lunge/Bronchialsystem	162-163	>0 - <10	1	1,19	4,44	0,27	0,00	1,95
		10 - <20	2	2,39	2,36	1,01	0,08	4,80
		20 - <30	5	5,44	6,14	0,89	0,23	2,58
		>=30	2	2,15	4,19	0,51	0,04	3,11
Prostata	185	>0 - <10	1	1,19	0,43	2,74	0,03	19,99
		10 - <20	0	0,00	0,24	0,00	0,00	25,91
		20 - <30	1	1,09	0,62	1,76	0,02	12,76
		>=30	1	1,08	0,59	1,82	0,02	17,31
Hirn/ZNS	191-192	>0 - <10	0	0,00	1,12	0,00	0,00	5,30
		10 - <20	0	0,00	0,59	0,00	0,00	10,37
		20 - <30	0	0,00	0,79	0,00	0,00	6,84
		>=30	0	0,00	0,42	0,00	0,00	16,73
Alle Leukämien	204-208	>0 - <10	2	2,37	1,03	2,29	0,18	10,66
		10 - <20	0	0,00	0,46	0,00	0,00	13,25
		20 - <30	1	1,09	0,56	1,95	0,02	14,20

Todesursache	ICD-9	Beschäftigungsdauer (Jahre)	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
Alle kardiovaskulären Ursachen	390-429	>=30	0	0,00	0,33	0,00	0,00	21,08
		>0 - <10	5	5,93	14,29	0,42	0,10	1,21
		10 - <20	4	4,77	9,09	0,53	0,11	1,73
		20 - <30	5	5,44	16,05	0,34	0,09	0,99
Akuter Herzinfarkt	410	>=30	1	1,08	9,70	0,11	0,00	1,06
		>0 - <10	1	1,19	6,58	0,18	0,00	1,32
		10 - <20	0	0,00	4,43	0,00	0,00	1,38
		20 - <30	2	2,18	7,96	0,27	0,02	1,26
		>=30	0	0,00	4,45	0,00	0,00	1,58

ICD = Internationale Klassifikation der Erkrankungen 9. Revision; KI = Konfidenzintervall

* korrigiert für fehlende Angaben zur Todesursache nach Rittgen und Becker (2000); stratumspezifische Korrekturfaktoren (s. 4.4)

** Mit Strahlung assoziierter Krebs: Speiseröhrenkrebs, Magenkrebs, Dickdarmkrebs, Brustkrebs, Ovarienkrebs, Krebs der Blase und Harnwege, Schilddrüsenkrebs und Leukämien

Tabelle 5-19: SMR für weibliches Kabinenpersonal nach Beschäftigungsdauer in vier Kategorien, Periode 1960-2004

Todesursache	ICD-9	Beschäftigungsdauer (Jahre)	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete Todesfälle	SMR	95% KI
Alle Ursachen	001-999	>0 - <10	176	176,00	222,71	0,79	0,68 - 0,92
		10 - <20	59	59,00	82,22	0,72	0,55 - 0,93
		20 - <30	30	30,00	35,56	0,84	0,57 - 1,20
		>=30	9	9,00	10,58	0,85	0,39 - 1,61
Krebs insgesamt	140-208	>0 - <10	63	72,95	82,79	0,88	0,61 - 1,26
		10 - <20	24	27,23	34,37	0,79	0,44 - 1,45
		20 - <30	14	16,80	17,31	0,97	0,42 - 2,30
		>=30	6	6,00	5,14	1,17	0,43 - 2,54
Mit Strahlung assoziierter Krebs**		>0 - <10	39	45,16	42,61	1,06	0,68 - 1,64
		10 - <20	14	15,88	18,20	0,87	0,40 - 1,82
		20 - <30	8	9,60	9,09	1,06	0,35 - 2,98
		>=30	3	3,00	2,57	1,17	0,24 - 3,41
Nicht mit Strahlung assoziierter Krebs		>0 - <10	24	27,79	40,18	0,69	0,39 - 1,17
		10 - <20	10	11,35	16,17	0,70	0,28 - 1,62
		20 - <30	6	7,20	8,22	0,88	0,24 - 2,76

Todesursache	ICD-9	Beschäftigungsdauer (Jahre)	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete Todesfälle	SMR	95% KI
		>=30	3	3,00	2,57	1,17	0,24 - 3,41
Dickdarm	153	>0 - <10	8	9,26	4,58	2,02	0,72 - 4,67
		10 - <20	0	0,00	1,77	0,00	0,00 - 3,28
		20 - <30	0	0,00	0,97	0,00	0,00 - 7,17
		>=30	0	0,00	0,37	0,00	0,00 - 10,06
Pankreas	157	>0 - <10	3	3,47	2,67	1,30	0,19 - 4,60
		10 - <20	0	0,00	1,01	0,00	0,00 - 5,73
		20 - <30	1	1,20	0,65	1,84	0,02 - 15,57
		>=30	0	0,00	0,27	0,00	0,00 - 13,68
Lunge/Bronchialsystem	162-163	>0 - <10	6	6,95	7,54	0,92	0,27 - 2,37
		10 - <20	1	1,13	3,35	0,34	0,00 - 2,53
		20 - <30	3	3,60	2,21	1,63	0,23 - 7,03
		>=30	1	1,00	0,69	1,45	0,04 - 8,09
Brust	174-175	>0 - <10	24	27,79	22,47	1,24	0,70 - 2,10
		10 - <20	8	9,08	10,47	0,87	0,30 - 2,16
		20 - <30	4	4,80	5,20	0,92	0,18 - 3,46
		>=30	1	1,00	1,30	0,77	0,02 - 4,28
Hirn/ZNS	191-	>0 - <10	3	3,47	4,06	0,86	0,13 - 3,02

Todesursache	ICD-9	Beschäftigungsdauer (Jahre)	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete Todesfälle	SMR	95% KI
	192						
		10 - <20	3	3,40	1,63	2,09	0,30 - 7,94
		20 - <30	1	1,20	0,63	1,90	0,02 - 16,13
		>=30	0	0,00	0,17	0,00	0,00 - 21,37
Alle Leukämien	204-208	>0 - <10	2	2,32	3,85	0,60	0,05 - 2,65
		10 - <20	0	0,00	1,23	0,00	0,00 - 4,71
		20 - <30	1	1,20	0,45	2,66	0,03 - 22,52
		>=30	1	1,00	0,13	7,90	0,20 - 44,01
Alle kardiovaskulären Ursachen	390-429	>0 - <10	9	10,42	23,24	0,45	0,17 - 0,99
		10 - <20	2	2,27	8,84	0,26	0,02 - 1,22
		20 - <30	0	0,00	4,36	0,00	0,00 - 1,60
		>=30	0	0,00	1,83	0,00	0,00 - 2,02
Akuter Herzinfarkt	410	>0 - <10	2	2,32	7,30	0,32	0,02 - 1,40
		10 - <20	0	0,00	2,89	0,00	0,00 - 2,01
		20 - <30	0	0,00	1,56	0,00	0,00 - 4,49
		>=30	0	0,00	0,65	0,00	0,00 - 5,70

Tabelle 5-20: Altersadjustiertes relatives Risiko aus der Poisson-Regression für alle Todesfälle, alle Krebstodesfälle und Brustkrebstodesfälle (Frauen) des Kabinenpersonals, nach Beschäftigungsdauer

Todesursache	Beschäftigungs-dauer (Jahre)	Anzahl Fälle	RR	95% KI-Grenzen		p (Trend)
				untere	obere	
Männer						
Alle Ursachen	0,5 - 9,99#	89	1,00			0,87
	10 - 19,99	74	1,61	1,18	2,20	
	20 - 29,99	62	1,24	0,85	1,80	
	30 +	14	0,58	0,31	1,08	
Krebs gesamt	0,5 - 9,99#	16	1,00			0,62
	10 - 19,99	6	0,65	0,25	1,66	
	20 - 29,99	17	1,12	0,54	2,30	
	30 +	5	0,51	0,17	1,49	
Lunge / Bronchial-system	0,5 - 9,99#	1	1,00			0,12
	10 - 19,99	2	3,06	0,27	34,58	

				95% KI-Grenzen		
	20 - 29,99	5	5,53	0,58	52,20	
	30 +	2	3,78	0,27	52,10	
	0,5 - 9,99#	3	1,00			0,13
Mit Strahlung assoziierter Krebs	10 - 19,99	1	0,61	0.06	5,88	
	20 - 29,99	2	0,58	0.09	3,58	
	30 +	0	0,00	0.00	.	
	0,5 - 9,99#	13	1,00			0,88
Nicht mit Strahlung assoziierter Krebs	10 - 19,99	5	0,66	0,24	1,87	
	20 - 29,99	15	1,29	0,58	2,85	
	30 +	5	0,69	0,22	2,15	
						n.b.
	0,5 - 9,99#	1	1,00			
Prostata	10 - 19,99	0	n.b.			
	20 - 29,99	1	n.b.			
	30 +	1	n.b.			

Tabelle 5-20 **(Fortsetzung)**

Todesursache	Beschäftigungs-dauer (Jahre)	Anzahl Fälle	RR	95% KI-Grenzen		p (Trend)
				untere	obere	
Frauen						
Alle Ursachen	0,5 - 9,99[#]	176	1,00			0,80
	10 - 19,99	59	0,93	0,69	1,26	
	20 - 29,99	30	1,20	0,80	1,79	
	30 +	9	1,26	0,63	2,52	
Krebs gesamt	0,5 - 9,99[#]	61	1,00			1,00
	10 - 19,99	24	0,98	0,61	1,57	
	20 - 29,99	13	1,11	0,60	2,03	
	30 +	5	1,19	0,47	3,05	
Luge / Bronchial-system	0,5 - 9,99[#]	6	1,00			0,45
	10 - 19,99	1	0,43	0,05	3,59	
	20 - 29,99	3	2,14	0,53	8,66	
	30 +	1	1,37	0,16	11,87	
Mit Strahlung asso-ziierter Krebs	0,5 - 9,99[#]	37	1,00			0,49
	10 - 19,99	14	0,97	0,52	1,80	
	20 - 29,99	7	1,00	0,44	2,27	
	30 +	2	0,77	0,18	3,29	
Nicht mit Strahlung assoziierter Krebs	0,5 - 9,99[#]	24	1,00			0,41
	10 - 19,99	10	0,99	0,47	2,08	
	20 - 29,99	6	1,27	0,51	3,15	
	30 +	3	1,88	0,53	6,58	
Brust	0,5 - 9,99[#]	24	1,00			0,59
	10 - 19,99	8	0,86	0,38	1,92	
	20 - 29,99	4	0,99	0,34	2,94	
	30 +	1	0,79	0,10	6,14	

[#] Referenz

n.b. = nicht berechnet (keine Konvergenz des Regressionsalgorithmus’ aufgrund zu kleiner Fallzahlen)

RR = Relatives Risiko im Vergleich zur Referenz; KI = Konfidenzintervall

Altersadjustierung in 5-Jahres Kategorien

5.2 Gepoolte COSMIC-Kohorte

Die vorliegende Auswertung schließt alle zehn eingangs beschriebenen landesspezifischen Kohorten ein, mit Ausnahme derjenigen aus Norwegen. Die norwegischen und isländischen Daten konnten aufgrund von Schwierigkeiten bei Datenbeschaffung und Datenzusammenführung nicht mehr rechtzeitig für die vorliegende Auswertung aktualisiert werden. Die italienischen und griechischen Kohorten konnten, wie oben beschrieben, nicht aktualisiert werden. Daher schlossen wir die in der ESCAPE-Studie (erstes Follow-up) verwendeten isländischen, italienischen und griechischen Daten ein. Für die norwegischen Daten lag uns keine entsprechende Genehmigung vor.

5.2.1 Gesamtkohorte und Ausschlüsse

Die gepoolte Kohorte rekrutiert sich aus insgesamt 78.483 Besatzungsmitgliedern (Tabelle 5-21). Die deutsche Teilkohorte ist die größte darunter. An die COSMIC-Kohorte wurden etwas restriktivere Kriterien angelegt, was zum Ausschluss von insgesamt 275 (0,35 %) Besatzungsmitgliedern führte, 150 darunter beim Cockpit- und 125 beim Kabinenpersonal (Tabelle 5-21, Tabelle 5-22). Die Auswertungskohorte besteht damit aus 78.208 Personen. Die größten Teilkohorten der Cockpitcrew sind diejenigen aus Deutschland (n = 6094) und Großbritannien (n = 8505), die größten Teilkohorten von Kabinenpersonal diejenigen aus Deutschland (n = 20.750) und den USA (n = 11.288) (Tabelle 5-23).

Tabelle 5-21: Ausschlüsse nach Ländern

Ausschlusskriterium	Gesamt	DE*	DK	FI	GR	IS	IT	SE	UK	US
(kein Ausschluss)	78.208	26.844	10.020	2524	2694	2127	9862	4344	8505	11.288
Fehlendes Geburtsdatum	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Datum Vitalstatus < Studienbeginn (1.1.1960)	23	16	0	2	0	5	0	0	0	0
Datum Vitalstatus < Beginn Erwerbstätigkeit	7	0	0	5	0	0	0	2	0	0
Datum Vitalstatus < Ende der Erwerbstätigkeit	139	5	3	50	0	0	8	73	0	0
Fehlender Beginn des Follow-up	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Über 47 Jahre lang erwerbstätig	12	0	0	0	0	11	0	1	0	0
Ende der Erwerbstätigkeit nach 65	92	4	39	0	3	6	3	14	0	23
Personen gesamt	**78.483**	**26.870**	**10.062**	**2581**	**2697**	**2149**	**9873**	**4434**	**8506**	**11.311**

*DE: Deutschland; DK: Dänemark; FI: Finland; GR: Griechenland; IS: Island; IT: Italien; SE: Schweden; UK: Vereinigtes Königreich; US: USA

Tabelle 5-22: Anzahl der Ausschlüsse nach Teilkohorte

Ausschlusskriterium	Cockpit		Kabine		Insgesamt
	Männer	Frauen	Männer	Frauen	
Fehlendes Geburtsdatum	0	0	1	0	1
Datum Vitalstatus < Studienbeginn (1.1.1960)	21	0	1	1	23
Datum Vitalstatus < Beginn Erwerbstätigkeit	3	0	1	3	7
Datum Vitalstatus < Ende der Erwerbstätigkeit	61	0	32	46	139
Fehlender Beginn des Follow-up	1	0	0	0	1
Über 47 Jahre lang erwerbstätig	11	0	1	0	12
Ende der Erwerbstätigkeit nach 65	53	0	34	5	92
Gesamt	**150**	**0**	**70**	**55**	**275**

Tabelle 5-23: Anzahl Personen in der Auswertung nach Teilkohorte

Land		Cockpit		Kabine		Insgesamt
		Männer	Frauen	Männer	Frauen	
DE	Deutschland	6004	90	3731	17.019	26.844
DK	Dänemark	3756	92	1285	4887	10.020
FI	Finland	759	10	188	1567	2524
GR	Griechenland	841	0	627	1226	2694
IS	Island	438	0	157	1532	2127
IT	Italien	3017	6	3412	3427	9862
SE	Schweden	1465	0	590	2289	4344
UK	Vereinigtes Königreich	8343	162	0	0	8505
US	USA	0	0	1682	9606	11.288
Gesamt		**24.623**	**360**	**11.672**	**41.553**	**78.208**

5.2.2 Vitalstatus

Insgesamt 4407 Todesfälle wurden in der Kohorte beobachtet, darunter 1930 beim männlichen Cockpitpersonal (7,8 % dieser Teilkohorte), 1215 (10,4 %) bei Flugbegleitern und 1258 (3,0 %) bei Flugbegleiterinnen (Tabelle 5-24). Eine nach Ländern unterteilte Liste findet sich im Anhang (Tabelle 13-4). Unter den Todesfällen waren 1481 (33,7 %) Krebstodesfälle. Unter den 360 Frauen, die als Cockpitcrew tätig waren oder sind, wurden 4 Todesfälle beobachtet. Der Anteil fehlender Todesursachen (Tabelle 5-25) in der Gesamtkohorte liegt bei ca. 7%, wobei er in Deutschland (11,2 %) und Dänemark (13,0 %) am höchsten ist.

Tabelle 5-24: Vitalstatus der Cockpitcrew und des Kabinenpersonals

	Cockpit		Kabine		
Vitalstatus	**Männer**	**Frauen**	**Männer**	**Frauen**	**Insgesamt**
Lebend	20.838	311	9591	36.576	67.316
Verstorben	1930	4	1215	1258	4407
Lost to follow-up / unbekannt	320	5	226	784	1335
Verzogen ins Ausland	1535	40	640	2935	5150
Gesamt	**24.623**	**360**	**11.672**	**41.553**	**78.208**

Tabelle 5-25: Anzahl unbekannter Todesursachen

		Cockpit				Kabine					
		Männer		**Frauen**		**Männer**		**Frauen**		**Insgesamt**	
		N	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**
DE	Deutschland	35	8,6	0	0,0	32	13,4	36	13,2	103	11,2
DK	Dänemark	81	17,0	0	0,0	25	9,4	30	10,1	136	13,0
FI	Finnland	8	9,4	0	0,0	0	0,0	4	4,9	12	6,2
GR	Griechenland	0	0,0	0	0,0	1	7,7	2	13,3	3	3,3
IS	Island	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	,	,
IT	Italien	7	3,3	0	0,0	11	8,7	3	6,0	21	5,4
SE	Schweden	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	,	,
UK	Vereinigtes Königreich	1	0,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,2
US	USA	0	0,0	0	0,0	16	3,6	15	3,5	31	3,6
Gesamt		132	6,8	0	0,0	85	7,0	90	7,2	307	7,0

5.2.3 Beobachtungszeit unter Risiko – Personenjahre

Die durchschnittliche Beobachtungsdauer der Kohortenmitglieder betrug bei männlicher Cockpitbesatzung 21,5 Jahre, bei Flugbegleitern 20,5 Jahre und bei Flugbegleiterinnen 22,8 Jahre.

Gegenüber dem ersten Follow-up liegt die Gesamtbeobachtungszeit mit 1.721.772 Personenjahren 50 % höher als in der ESCAPE-Studie mit.142.296 Personenjahren. Die Gesamtpersonenjahre unter Risiko summieren sich auf knapp 530.000 bei Cockpitcrew, knapp 240.000 bei männlichem und 950.000 bei weiblichem Kabinenpersonal. Den größten Anteil an Personenjahren (Beobachtungszeit)? hatten bei Cockpitbesatzung die Kohorte aus Deutschland und dem Vereinigten Königreich, bei Kabinenpersonal die Kohorte aus Deutschland und den USA (Tabelle 5-26). Die Zeitperioden mit den meisten Personenjahren sind die Jahre 1990-1994 und 1995-1999 (Tabelle 5-27). Der Anschließende Rückgang ist darauf zurückzuführen dass das Follow-up einiger Kohorten nur bis 1996 eingeschlossen wurde, und das der meisten anderen Kohorten 2006 oder 2008 endete.

Tabelle 5-26: Personenjahre Cockpitcrew und Kabinenpersonal, 1960 bis 2008, nach Teilkohorte und Land

Land		Cockpit		Kabine		Insgesamt
		Männer	Frauen	Männer	Frauen	
DE	Deutschland	141.354,0	1206,2	74.406,9	312.384,0	529.351,1
DK	Dänemark	95.877,4	1611,7	35.112,6	135.323,4	267.925,1
FI	Finnland	21.289,5	200,3	5229,1	46.650,4	73.369,3
GR	Griechenland	18.862,1	0,0	12.508,5	23.425,6	54.796,2
IS	Island	8266,0	0,0	1062,9	27.122,8	36.451,7
IT	Italien	56.458,5	27,8	50.511,6	53.721,0	160.718,9
SE	Schweden	45.838,9	0,0	19.565,2	70.490,2	135.894,3
UK	Vereinigtes Königreich	140.800,1	2660,8	0,0	0,0	143.460,9
US	USA	0,0	0,0	40.341,5	279.463,0	319.804,5
Gesamt		**528.746,6**	**5706,8**	**238.738,2**	**948.580,3**	**1.721.771,9**

Tabelle 5-27: Personenjahre Cockpitcrew und Kabinenpersonal, 1960 bis 2008, nach Teilkohorte und Zeitperiode

	Cockpit		Kabine		
Periode	**Männer**	**Frauen**	**Männer**	**Frauen**	**Insgesamt**
1960-1964	11.815,6	12,3	6213,0	11.487,6	29.528,3
1965-1969	20.449,3	30,1	10.724,2	28.616,5	59.820,1
1970-1974	30.749,6	40,0	15.259,5	59.150,8	105.199,8
1975-1979	37.147,0	43,6	22.629,6	81.948,0	141.768,1
1980-1984	43.643,4	85,7	29.783,8	106.716,1	180.228,9
1985-1989	55.366,8	300,0	35.291,3	131.962,8	222.920,9
1990-1994	104.412,8	1374,8	43.152,2	167.662,7	316.602,5
1995-1999	102.527,3	1636,4	40.066,2	174.635,6	318.865,5
2000-2004	89.797,7	1579,4	29.755,2	157.735,1	278.867,4
2005-2009	32.837,0	604,6	5863,3	28.665,2	67.970,1
Gesamt	**528.746,6**	**5706,8**	**238.738,2**	**948.580,3**	**1721.771,7**

5.2.4 Beschäftigungsdauer

Da in vielen beteiligten Ländern im Rahmen des Follow-up keine Beschäftigungs- oder Expositionsdaten aktualisiert wurden, ist der Erwerbsstatus am Ende des Follow-up für die betroffenen Personen unbekannt (

Tabelle 5-28). Daher kann die mediane Beschäftigungsdauer sicher nur für diejenigen Personen angegeben werden, deren Erwerbsstatus als „nicht erwerbstätig“ bekannt ist. Diese betrug für männliche Cockpitbesatzung 22,2 Jahre (Maximum 46,1 Jahre), für Flugbegleiter 9,1 Jahre (Maximum 45,5 Jahre) und für Flugbegleiterinnen 6,1 Jahre (Maximum 43,6 Jahre) (Tabelle 5-29).

Tabelle 5-28: Erwerbsstatus am Ende des Follow-up, nach Teilkohorte

	Cockpit		Kabine		
Erwerbsstatus	**Männer**	**Frauen**	**Männer**	**Frauen**	**Insgesamt**
Anzahl					
Nicht erwerbstätig	4655	40	5675	22.143	32.513
Noch erwerbstätig	6404	66	4122	12.234	22.826
Unbekannt	13.564	254	1875	7176	22.869
Gesamt	**24.623**	**360**	**11.672**	**41.553**	**78.208**
Anteil (%)					
Nicht erwerbstätig	18,9	11,1	48,6	53,3	33,0
Noch erwerbstätig	26,0	18,3	35,3	29,4	27,3
Unbekannt	55,1	70,6	16,1	17,3	39,8
Gesamt	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**

Tabelle 5-29: Beschäftigungsdauer bis zum letzten bekannten Stand der Beschäftigungsdaten, nach Teilkohorte und Erwerbsstatus

		Cockpit		Kabine	
Erwerbsstatus	**Statistik**	**Männer**	**Frauen**	**Männer**	**Frauen**
Nicht erwerbstätig	Mittelwert	20,45	5,15	12,91	8,96
	Median	22,15	3,79	9,09	6,08
	Max	46,10	25,00	45,51	43,59
Noch erwerbstätig	Mittelwert	16,37	11,95	12,79	14,37
	Median	14,92	13,32	12,26	14,14
	Max	43,48	26,34	38,02	38,00
Unbekannt	Mittelwert	15,82	6,36	12,99	9,72
	Median	13,34	5,99	9,65	6,75
	Max	44,86	31,25	40,87	39,98

5.2.5 Externe Vergleiche (SMR)

Unter den 360 Frauen, die als Cockpitcrew tätig waren oder sind, wurden 4 Todesfälle beobachtet. Daher konnten diese Frauen nicht in die SMR-Auswertungen aufgenommen werden.

5.2.5.1 Cockpitpersonal

Unter den 24.623 Beschäftigten beobachteten wir insgesamt 1930 Todesfälle, darunter 680 (35,2 %) Krebstodesfälle in 528.746,6 Personenjahren. Die 418 Todesfälle aus der deutschen Kohorte machen 21,7 % aller Todesfälle aus.

Die SMR sind denjenigen der deutschen Kohorte sehr ähnlich. Wie bereits in der deutschen Kohorte beobachtet, ist die SMR für alle Todesursachen zusammen deutlich erniedrigt (SMR = 0,54; 95%-KI: 0,51 - 0,56). Das gleiche gilt für Krebstodesursachen (SMR = 0,68; 95%-KI: 0,62 - 0,75). Die SMR für strahlenassoziierte Krebsarten (SMR = 0,71) unterschied sich kaum von derjenigen für andere Krebsarten (SMR = 0,67). Neben der Lungenkrebssterblichkeit (SMR = 0,41; 95%-KI: 0,33 - 0,52) war auch die Sterblichkeit an Mundhöhlen/Rachenkrebs (SMR = 0,19; 95%-KI: 0,09 - 0,37) besonders niedrig gegenüber der Vergleichsbevölkerung.

Erhöhte, aber nicht signifikante SMR fanden wir für das maligne Melanom (SMR = 1,48; n = 24), Prostata-Karzinome (SMR = 1,30; n = 81) und ZNS-Tumore (SMR = 1,11; n = 41), im Gegensatz zur deutschen Kohorte nicht aber für Pankreaskrebs, Hodenkrebs oder Non-Hodgkin-Lymphome. Bei den Leukämien fanden wir nicht-signifikante Risikominderungen.

Bei den übrigen Todesursachen waren deutlich verminderte SMR für Diabetes (SMR = 0,31; n = 16), zerebrovaskuläre Ursachen (SMR = 0,46; n = 90) und kardiovaskuläre Ursachen (SMR = 0,40; n = 378) zu beobachten. Die SMR für Flugzeugunfälle (n = 127) war deutlich erhöht, aber wegen der Probleme, adäquate Vergleichsdaten zu erlangen, nur wenig aussagekräftig.

Tabelle 5-30: Standardisierte Mortalitäts-Ratios in der COSMIC-Kohorte: Cockpitpersonal, Männer

Todesursache	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI
Alle Ursachen	1930	1930,00	3601,74	0,54	0,51 - 0,56
Alle Ursachen außer nicht bekannte Ursachen	1798	1930,00	3601,74	0,54	0,51 - 0,56
alle Ursachen außer Flugzeugunfälle	1671	1793,68	3598,76	0,50	0,47 - 0,53
Krebs insgesamt	680	729,92	1071,11	0,68	0,62 - 0,75
- mit Strahlung assoziierter Krebs	170	182,48	255,92	0,71	0,59 - 0,86
- nicht mit Strahlung assoziierter Krebs	510	547,44	815,15	0,67	0,60 - 0,75
Einzelne Krebslokalisationen					
- Mundhöhle/Rachen	12	12,88	66,24	0,19	0,09 - 0,37
- Speiseröhre	16	17,17	45,40	0,38	0,20 - 0,66
- Magen	35	37,57	63,97	0,59	0,38 - 0,86
- Dickdarm	62	66,55	71,89	0,93	0,67 - 1,24
- Enddarm	31	33,28	36,18	0,92	0,58 - 1,39
- Leber/Galle	37	39,72	38,08	1,04	0,69 - 1,52
- Pankreas	46	49,38	53,76	0,92	0,63 - 1,29

Todesursache	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI
- Kehlkopf	9	9,66	15,60	0,62	0,25 - 1,28
- Lunge/Bronchialsystem	117	125,59	303,93	0,41	0,33 - 0,52
- Knochen	2	2,15	3,94	0,54	0,04 - 2,25
- malignes Melanom	24	25,76	17,39	1,48	0,88 - 2,35
- andere Hauttumoren	2	2,15	2,54	0,85	0,07 - 3,49
- Brust	0	0,00	1,25	0,00	0,00 - 3,81
- Gebärmutterhals	.	.	.	.	.
- Gebärmutter andere	.	.	.	.	.
- Ovarien	.	.	.	.	.
- Prostata	81	86,95	66,76	1,30	0,99 - 1,69
- Hoden/andere Genitalorgane	2	2,15	6,22	0,35	0,03 - 1,42
- Nieren	22	23,62	28,49	0,83	0,48 - 1,34
- Blase/Urogenitaltrakt	25	26,84	36,27	0,74	0,44 - 1,16
- Augen	1	1,07	0,92	1,17	0,01 - 7,57
- Hirn/ZNS	41	44,01	39,57	1,11	0,75 - 1,59
- Schilddrüse und andere Drüsen	4	4,29	3,71	1,16	0,25 - 3,31
- alle Lymphome	26	27,91	38,53	0,72	0,48 - 1,05

Todesursache	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI
- Non Hodgkin Lymphom	21	22,54	32,28	0,70	0,40 - 1,14
- Hodgkin Lymphom	5	5,37	6,25	0,86	0,23 - 2,23
- alle Leukämien	58	62,26	66,83	0,93	0,71 - 1,19
- Leukämie CLL	4	4,29	6,86	0,63	0,14 - 1,79
- Leukämie ohne CLL	23	24,69	26,55	0,93	0,54 - 1,49
- Kaposi-Sarkom	0	0,00	0,05	0,00	0,00 - 102,0
- alle anderen Krebsarten	57	61,18	97,00	0,63	0,45 - 0,86
Gutartige Tumoren	5	5,37	20,29	0,26	0,07 - 0,69
Diabetes	16	17,17	55,97	0,31	0,16 - 0,54
Zerebrovaskuläre Erkrankungen	90	96,61	208,60	0,46	0,36 - 0,59
alle kardiovaskulären Ursachen	378	405,75	1002,53	0,40	0,35 - 0,46
rheumatische Herzerkrankungen	1	1,07	22,62	0,05	0,00 - 0,31
andere ischämische Herzerkrankungen	98	105,19	300,48	0,35	0,27 - 0,44
Akuter Herzinfarkt	190	203,95	466,76	0,44	0,36 - 0,52
Bluthochdruck	10	10,73	29,19	0,37	0,16 - 0,74
alle anderen kardiovaskulären Erkran-	79	84,80	183,49	0,46	0,35 - 0,60

Todesursache	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI
kungen					
Nicht-maligne Atemwegserkrankung	38	40,79	157,23	0,26	0,17 - 0,38
Magen- und Zwölffingerdarmgeschwür	8	8,59	20,37	0,42	0,16 - 0,91
Leberzirrhose	39	41,86	125,37	0,33	0,22 - 0,48
Nephritis und Nephrose	0	0,00	11,59	0,00	0,00 - 0,41
Grippe und Lungenentzündung	13	13,95	68,34	0,20	0,10 - 0,38
Alle infektiösen Erkrankungen (nicht AIDS)	13	13,95	33,18	0,42	0,20 - 0,78
AIDS	5	5,37	10,05	0,53	0,14 - 1,38
Alle äußeren Ursachen außer Flugzeugunfälle	217	232,93	361,76	0,64	0,54 - 0,76
Flugzeugunfälle	127	136,32	2,98	45,70	36,61 - 56,51
Kfz-Unfälle	56	60,11	82,46	0,73	0,52 - 0,99
Suizid	84	90,17	135,38	0,67	0,51 - 0,86
Gewaltsamer Tod	3	3,22	13,39	0,24	0,04 - 0,79
unklarer Unfalltod	6	6,44	13,25	0,49	0,15 - 1,17

Todesursache	Beobacht. Todes-fälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todes-fälle	SMR	95% KI
alle anderen äußeren Ursachen	68	72,99	117,28	0,62	0,46 - 0,83
Nicht näher bezeichnete Ursachen	22	23,62	75,59	0,31	0,18 - 0,51
Alle anderen Ursachen	147	157,79	376,79	0,42	0,34 - 0,51
unbekannte Todesursache	132				

* korrigiert für fehlende Angaben zur Todesursache nach Rittgen und Becker (2000)

SMR: Standardisierte Mortalitäts-Ratio; KI: Konfidenzintervall

5.2.5.2 Kabinenpersonal, Männer

Unter den 11.672 Beschäftigten beobachteten wir insgesamt 1215 Todesfälle, darunter 258 (21,2 %) Krebstodesfälle in 238.738,2 Personenjahren. Die 239 Todesfälle aus der deutschen Kohorte machen 19,7 % aller Todesfälle aus.

Die SMR für alle Ursachen ist beim männlichen Kabinenpersonal leicht, aber statistisch signifikant erhöht (SMR = 1,07; 95%-KI: 1,01 - 1,13). Ebenso leicht erhöht, aber nicht statistisch signifikant, ist die Krebssterblichkeit (SMR = 1,05; 95%-KI: 0,97 - 1,15). Beides lässt sich zum Teil durch die hohe Mortalität an AIDS (SMR = 14,7; 95%-KI: 1,56 - 18,4) und mit AIDS assoziierten Krankheiten, wie Non-Hodgkin-Lymphomen (SMR = 2,36; 95%-KI: 1,35 - 3,83) und Kaposi-Sarkomen, ggf. als „andere Hauttumoren“ klassifizieren (SMR = 7,64; 95%-KI: 2,62 - 17,40). Eine statistisch nicht signifikant erhöhte Sterblichkeit ist zu beobachten für Hodentumore (n = 4; SMR = 1,62; 95%-KI: 0,35 - 4,65), Hirn/ZNS-Tumore (n = 14; SMR = 1,23; 95%-KI: 0,60 - 2,23) und Leukämien (n = 30; SMR = 1,40; 95%-KI: 0,96 - 1,97). Wir beobachten keine erhöhte Sterblichkeit an malignen Melanomen (n = 6; SMR = 1,07) oder Prostatakarzinomen (n = 15; SMR = 0,83).

Bei den übrigen Todesursachen waren, wie beim Cockpitpersonal, deutlich verminderte SMR für Diabetes (SMR = 0,27; n = 5), zerebrovaskuläre Ursachen (SMR = 0,68; n = 34) und kardiovaskuläre Ursachen (SMR = 0,71; n = 192) zu beobachten. Die SMR für Flugzeugunfälle (n = 19) war auch hier deutlich erhöht.

Tabelle 5-31: Standardisierte Mortalitäts-Ratios in der COSMIC-Kohorte: Kabinenpersonal, Männer

Todesursache	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI
Alle Ursachen	1215	1215,00	1138,20	1,07	1,01 - 1,13
Alle Ursachen außer nicht bekannte Ursachen	1130	1215,00	1138,20	1,07	1,01 - 1,13
alle Ursachen außer Flugzeugunfälle	1111	1194,57	1136,60	1,05	0,97 - 1,15
Krebs insgesamt	258	277,41	298,04	0,93	0,79 - 1,09
- mit Strahlung assoziierter Krebs	62	66,66	66,91	1,00	0,72 - 1,35
- nicht mit Strahlung assoziierter Krebs	196	210,74	231,12	0,91	0,76 - 1,09
Einzelne Krebslokalisationen					
- Mundhöhle/Rachen	12	12,90	11,17	1,16	0,53 - 2,20
- Speiseröhre	11	11,83	9,70	1,22	0,54 - 2,38
- Magen	7	7,53	14,82	0,51	0,17 - 1,16
- Dickdarm	20	21,50	20,90	1,03	0,57 - 1,71
- Enddarm	7	7,53	9,27	0,81	0,28 - 1,85
- Leber/Galle	11	11,83	11,29	1,05	0,46 - 2,05
- Pankreas	12	12,90	15,32	0,84	0,39 - 1,60

Todesursache	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI
- Kehlkopf	1	1,08	4,79	0,22	0,00 - 1,46
- Lunge/Bronchialsystem	58	62,36	87,41	0,71	0,51 - 0,97
- Knochen	0	0,00	1,43	0,00	0,00 - 3,36
- malignes Melanom	6	6,45	6,02	1,07	0,33 - 2,59
- andere Hauttumoren	7	7,53	0,98	7,64	2,62 - 17,40
- Brust	1	1,08	0,37	2,90	0,04 - 18.84
- Gebärmutterhals	.	.	.	.	.
- Gebärmutter andere	.	.	.	.	.
- Ovarien	.	.	.	.	.
- Prostata	15	16,13	19,47	0,83	0,42 - 1,48
- Hoden/andere Genitalorgane	4	4,30	2,66	1,62	0,35 - 4,65
- Nieren	5	5,38	8,66	0,62	0,17 - 1,62
- Blase/Urogenitaltrakt	9	9,68	8,38	1,16	0,46 - 2,41
- Augen	0	0,00	0,25	0,00	0,00 - 18.97
- Hirn/ZNS	14	15,05	12,28	1,23	0,60 - 2,23
- Schilddrüse und andere Drüsen	0	0,00	1,21	0,00	0,00 - 3,96
- alle Lymphome	24	25,81	12,78	2,02	1,32 - 2,96

Todesursache	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI
- Non Hodgkin Lymphom	22	23,65	10,03	2,36	1,35 - 3,83
- Hodgkin Lymphom	2	2,15	2,74	0,78	0,06 - 3,25
- alle Leukämien	30	32,26	23,07	1,40	0,96 - 1,97
- Leukämie CLL	1	1,08	1,97	0,54	0,01 - 3,55
- Leukämie ohne CLL	12	12,90	9,56	1,35	0,62 - 2,57
- Kaposi-Sarkom	0	0,00	0,01	0,00	0,00 - 564,4
- alle anderen Krebsarten	20	21,50	27,34	0,79	0,44 - 1,31
Gutartige Tumoren	3	3,23	5,83	0,55	0,09 - 1,83
Diabetes	5	5,38	20,15	0,27	0,07 - 0,69
Zerebrovaskuläre Erkrankungen	34	36,56	53,85	0,68	0,44 - 1,01
alle kardiovaskulären Ursachen	192	206,44	290,15	0,71	0,59 - 0,85
rheumatische Herzerkrankungen	2	2,15	3,54	0,61	0,05 - 2,52
andere ischämische Herzerkrankungen	66	70,96	83,99	0,84	0,62 - 1,13
Akuter Herzinfarkt	68	73,12	128,11	0,57	0,42 - 0,76
Bluthochdruck	11	11,83	10,35	1,14	0,50 - 2,23
alle anderen kardiovaskulären Erkran-	45	48,38	64,17	0,75	0,52 - 1,07

Todesursache	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI
kungen					
Nicht-maligne Atemwegserkrankung	30	32,26	42,81	0,75	0,47 - 1,15
Magen- und Zwölffingerdarmgeschwür	3	3,23	4,77	0,68	0,11 - 2,24
Leberzirrhose	39	41,93	44,95	0,93	0,62 - 1,35
Nephritis und Nephrose	4	4,30	4,60	0,94	0,20 - 2,69
Grippe und Lungenentzündung	10	10,75	17,18	0,63	0,26 - 1,26
Alle infektiösen Erkrankungen (nicht AIDS)	149	160,21	18,17	8,82	7,16 - 10,79
AIDS	113	121,50	8,28	14,67	11,56 - 18,44
Alle äußeren Ursachen außer Flugzeugunfälle	141	151,61	176,64	0,86	0,69 - 1,06
Flugzeugunfälle	19	20,43	1,59	12,81	7,02 - 21.55
Kfz-Unfälle	36	38,71	50,85	0,76	0,50 - 1,12
Suizid	56	60,21	56,16	1,07	0,76 - 1,47
Gewaltsamer Tod	5	5,38	12,19	0,44	0,12 - 1,15
unklarer Unfalltod	1	1,08	5,61	0,19	0,00 - 1,25

Todesursache	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI
alle anderen äußeren Ursachen	43	46,23	51,82	0,89	0,61 - 1,27
Nicht näher bezeichnete Ursachen	19	20,43	29,83	0,68	0,38 - 1,15
Alle anderen Ursachen	111	119,35	121,34	0,98	0,77 - 1,24
unbekannte Todesursache	85				

* korrigiert für fehlende Angaben zur Todesursache nach Rittgen und Becker (2000)

SMR: Standardisierte Mortalitäts-Ratio; KI: Konfidenzintervall

5.2.5.3 Kabinenpersonal, Frauen

Unter den 41.553 Beschäftigten beobachteten wir insgesamt 1258 Todesfälle, darunter 541 (43,0 %) Krebstodesfälle in 948.580,3 Personenjahren. Die 176 Todesfälle aus der deutschen Kohorte machen 14,0 % aller Todesfälle aus.

Die SMR sind denjenigen der deutschen Kohorte ähnlich. Die Gesamtsterblichkeit (SMR = 0,71; 95%-KI: 0,68 - 0,75) und die Krebssterblichkeit (SMR = 0,82; 95%-KI: 0,74 - 0,93) sind, wie beim Cockpitpersonal, signifikant niedriger als diejenigen der Vergleichsbevölkerung, ebenso die Sterblichkeit an nicht strahlenassoziierten Krebsarten (SMR = 0,66; 95%-KI: 0,56 - 0,78). Die Sterblichkeit an strahlenassoziierten Krebsarten liegt dagegen mit derjenigen der Vergleichsbevölkerung gleichauf (SMR = 1,01; 95%-KI: 0,87 - 1,17). Nicht signifikant erhöht sind die Sterblichkeit an Brustkrebs (SMR = 1,09; 95%-KI: 0,90 - 1,31), Pankreaskrebs (SMR = 1,09; 95%-KI: 0,68 - 1,68), Schilddrüsentumoren (n = 5; SMR = 1,52; 95%-KI: 0,41 - 3,96) und Hodgkin-Lymphomen (n = 6; SMR = 1,24; 95%-KI: 0,38 - 2,98).

Bei den übrigen Todesursachen wurden, wie beim Cockpitpersonal und dem männlichen Kabinenpersonal, deutlich verminderte SMR für Diabetes (SMR = 0,23; n = 8), zerebrovaskuläre Ursachen (SMR = 0,48; n = 40) und kardiovaskuläre Ursachen (SMR = 0,35; n = 77) beobachtet. Statistisch nicht signifikant erhöht war die Sterblichkeit an Suiziden (SMR = 1,24; 95%-KI: 0,95 - 1,59). Die SMR für Flugzeugunfälle (n = 35) war auch hier deutlich erhöht.

Tabelle 5-32: Standardisierte Mortalitäts-Ratios in der COSMIC-Kohorte: Kabinenpersonal, Frauen

Todesursache	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI
Alle Ursachen	1258	1258,00	1762,08	0,71	0,68 - 0,75
Alle Ursachen außer nicht bekannte Ursachen	1168	1258,00	1762,08	0,71	0,68 - 0,75
alle Ursachen außer Flugzeugunfälle	1133	1220,30	1760,69	0,69	0,64 - 0,76
Krebs insgesamt	541	582,69	706,49	0,82	0,74 - 0,93
- mit Strahlung assoziierter Krebs	306	329,58	325,54	1,01	0,87 - 1,17
- nicht mit Strahlung assoziierter Krebs	235	253,11	380,93	0,66	0,56 - 0,78
Einzelne Krebslokalisationen					
- Mundhöhle/Rachen	6	6,46	8,08	0,80	0,25 - 1,93
- Speiseröhre	5	5,39	6,07	0,89	0,24 - 2,31
- Magen	20	21,54	20,05	1,07	0,60 - 1,78
- Dickdarm	33	35,54	41,95	0,85	0,54 - 1,27
- Enddarm	9	9,69	14,62	0,66	0,26 - 1,38
- Leber/Galle	6	6,46	17,16	0,38	0,12 - 0,91
- Pankreas	29	31,23	28,57	1,09	0,68 - 1,68

Todesursache	Beobacht. Todes-fälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todes-fälle	SMR	95% KI
- Kehlkopf	0	0,00	1,84	0,00	0,00 - 2,62
- Lunge/Bronchialsystem	72	77,55	125,58	0,62	0,46 - 0,82
- Knochen	2	2,15	2,39	0,90	0,07 - 3,73
- malignes Melanom	12	12,92	14,25	0,91	0,42 - 1,73
- andere Hauttumoren	0	0,00	1,05	0,00	0,00 - 4,57
- Brust	176	189,56	174,59	1,09	0,90 - 1,31
- Gebärmutterhals	11	11,85	29,14	0,41	0,18 - 0,79
- Gebärmutter andere	10	10,77	15,35	0,70	0,30 - 1,41
- Ovarien	44	47,39	49,38	0,96	0,65 - 1,36
- Prostata	.	.	.	.	.
- Hoden/andere Genitalorgane	.	.	.	.	.
- Nieren	6	6,46	11,68	0,55	0,17 - 1,34
- Blase/Urogenitaltrakt	3	3,23	6,16	0,52	0,08 - 1,74
- Augen	0	0,00	0,60	0,00	0,00 - 7,96
- Hirn/ZNS	23	24,77	27,87	0,89	0,52 - 1,43
- Schilddrüse und andere Drüsen	5	5,39	3,54	1,52	0,41 - 3,96
- alle Lymphome	17	18,31	24,09	0,76	0,40 - 1,31

Todesursache	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI
- Non Hodgkin Lymphom	11	11,85	18,86	0,63	0,28 - 1,23
- Hodgkin Lymphom	6	6,46	5,23	1,24	0,38 - 2,98
- alle Leukämien	20	21,54	23,79	0,91	0,50 - 1,50
- Leukämie CLL	1	1,08	2,01	0,53	0,01 - 3,48
- Leukämie ohne CLL	19	20,46	21,78	0,94	0,52 - 1,58
- Kaposi-Sarkom	0	0,00	0,02	0,00	0,00 - 263,4
- alle anderen Krebsarten	32	34,47	58,67	0,59	0,37 - 0,88
Gutartige Tumoren	8	8,62	11,99	0,72	0,27 - 1,56
Diabetes	8	8,62	38,10	0,23	0,08 - 0,49
Zerebrovaskuläre Erkrankungen	40	43,08	88,26	0,49	0,33 - 0,71
alle kardiovaskulären Ursachen	77	82,93	240,19	0,35	0,26 - 0,45
rheumatische Herzerkrankungen	2	2,15	6,55	0,33	0,03 - 1,36
andere ischämische Herzerkrankungen	11	11,85	58,69	0,20	0,09 - 0,39
Akuter Herzinfarkt	19	20,46	80,26	0,25	0,14 - 0,43
Bluthochdruck	6	6,46	15,69	0,41	0,13 - 0,99
alle anderen kardiovaskulären Erkran-	39	42,01	79,00	0,53	0,35 - 0,77

Todesursache	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI
kungen					
Nicht-maligne Atemwegserkrankung	30	32,31	68,18	0,47	0,30 - 0,72
Magen- und Zwölffingerdarmgeschwür	1	1,08	5,31	0,20	0,00 - 1,32
Leberzirrhose	55	59,24	57,74	1,03	0,73 - 1,41
Nephritis und Nephrose	2	2,15	5,76	0,37	0,03 - 1,55
Grippe und Lungenentzündung	5	5,39	22,13	0,24	0,06 - 0,63
Alle infektiösen Erkrankungen (nicht AIDS)	14	15,08	29,06	0,52	0,25 - 0,94
AIDS	3	3,23	5,25	0,62	0,10 - 2,04
Alle äußeren Ursachen außer Flugzeugunfälle	203	218,64	225,58	0,97	0,81 - 1,16
Flugzeugunfälle	35	37,70	1,39	27,19	17,65 - 40.22
Kfz-Unfälle	38	40,93	60,05	0,68	0,45 - 0,99
Suizid	93	100,17	81,04	1,24	0,95 - 1,59
Gewaltsamer Tod	10	10,77	20,87	0,52	0,22 - 1,04
unklarer Unfalltod	6	6,46	9,59	0,67	0,21 - 1,63

Todesursache	Beobacht. Todes-fälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todes-fälle	SMR	95% KI
alle anderen äußeren Ursachen	56	60,32	54,03	1,12	0,80 - 1,53
Nicht näher bezeichnete Ursachen	38	40,93	39,96	1,02	0,68 - 1,49
Alle anderen Ursachen	108	116,32	216,70	0,54	0,42 - 0,68
unbekannte Todesursache	90				

* korrigiert für fehlende Angaben zur Todesursache nach Rittgen und Becker (2000)

SMR: Standardisierte Mortalitäts-Ratio; KI: Konfidenzintervall

6 Diskussion

Die vorliegende Studie untersucht die Mortalität des Flugpersonals in einer weltweit einzigartigen gepoolten Kohorte und ist daher eine wichtige Informationsquelle zur Gesundheit dieser beruflichen Gruppe. Das 2. Follow-up der Kohortenstudien konnte in Bezug auf die Ermittlung der gesundheitsbezogenen Endpunkte erfolgreich abgeschlossen werden.

Die primäre Motivation für die Studie lag in der Fortführung des Follow-up zur Erhöhung der Aussagekraft der Ergebnisse, da im ersten Follow-up bis 1997 der Anteil der Verstorbenen in der Kohorten noch klein war und wir davon ausgehen konnten, dass mit der Alterung der Kohorten die Anzahl der Events nunmehr deutlich zunehmen würde. In der aktuellen Auswertung wurden 4407 Todesfälle unter 78.208 Personen und 1.721.772 Personenjahre beobachtet, gegenüber 3263 in 1.204.029 Personenjahren in der ersten gepoolten Auswertung.

Die deutsche Kohorte ist mit 26.844 (34,5 % von 78.208) eingeschlossenen Personen die größte einzelne Kohorte. Das Follow-up dieser Kohorte endete am 31.12.2004 und ist damit etwas kürzer als dasjenige der anderen Kohorten. Im Gegensatz zu den meisten anderen Ländern konnten in Deutschland der Erwerbsstatus für die gesamte Kohorte und die Strahlenexposition bis Ende des Follow-up ermittelt werden. Aus diesen Gründen haben wir sie detaillierter untersucht als die anderen Kohorten.

Hinsichtlich der von uns ermittelten Risikoschätzer ergeben sich folgende Diskussionspunkte und Schlussfolgerungen:

Cockpit

Wie schon im ersten Follow-up entspricht die von uns ermittelte SMR für alle Todesursachen von 0,54 einer deutlich erniedrigten (und statistisch signifikanten) Gesamtmortalität der Piloten im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung. Diese Beobachtung wurde mittlerweile vielfach bestätigt und lässt auf die grundsätzlich gute gesundheitliche Lage der Berufsgruppe schließen. Die niedrige Mortalität ist weiterhin zu einem erheblichen Teil auf den „healthy worker effect“ (Checkoway et al. 2004) infolge Gesundheitschecks bei der Ersteinstellung und kontinuierlicher gesundheitlicher Überwachung der Piloten zurückzuführen. Vergleiche mit einer Gruppe von Perso-

nen mit ähnlichem Sozialstatus konnten wir nicht durchführen, ebenso wenig wie Vergleiche mit einer beruflich - etwa durch die Schichtarbeit - ähnlich belasteten Gruppe wie z.B. Fluglotsen. Es steht zu vermuten, dass selbst bei einem Vergleich mit der Mortalität der höchsten Sozialschicht eine erniedrigte SMR für Cockpitpersonal feststellbar bliebe.

Die signifikant niedrige Gesamtkrebs-SMR für Piloten und Flugingenieure von 0,68 wird weiterhin wesentlich durch die sehr niedrigen Lungenkrebs-Fallzahlen (117 beobachtet, 304 erwartet) hervorgerufen. Tabak als Hauptrisikofaktor für Lungenerkrankungen und Lungenkrebs wurde diesen Ergebnissen zufolge von Piloten kaum genutzt.

Wie im ersten Follow-up stellten wir für einige Krebsentitäten erhöhte SMR fest. Die Sterblichkeit für Hirntumore war in der deutschen Kohorte im 2. Follow-up knapp statistisch auffällig (14 Fälle), mit einer SMR von 2,04 (95%-KI: 0,99 - 3,73). Die Auswertung nach Beschäftigungsdauer in der deutschen Kohorte zeigt eine gleichmäßige ca. 2,5 fache SMR-Erhöhung über alle Kategorien und somit keinen Expositionstrend. Frühere Mortalitätsstudien hatten in verschiedenen Fällen leichte Erhöhungen der Hirntumor - Sterblichkeit festgestellt (Band et al. 1996), (Irvine und Davies 1999). In der gepoolten Auswertung lagen die beobachteten und erwarteten Fallzahlen (44 und 39,6) sehr nah beieinander, die SMR von 1,11 ist statistisch nicht auffällig (95%-KI: 0,75 - 1,59). Hirntumore gehören zwar grundsätzlich zu den Tumoren, die auch durch ionisierende Strahlung hervorgerufen werden können, Risikoerhöhungen wurden allerdings bisher nur im Bereich therapeutischer Strahlendosen (mehrere Gray bzw. Sievert) beobachtet. Ein Sozialgradient mit höheren Inzidenz- und Mortalitätsraten unter sozial Höhergestellten ist in verschiedenen Untersuchungen beobachtet worden, so auch in der Studie unter Offizieren der US-Airforce (Grayson und Lyons 1996); welche Gründe für diese Beobachtung eine Rolle spielen bleibt strittig. Vereinzelt wurden bestimmte Berufe mit erhöhten Hirntumorrisiken assoziiert, aber auch hier sind die Erkenntnisse nicht einheitlich und insgesamt wenig aussagekräftig. Nicht-ionisierende elektrische und magnetische Felder erhöhen nach gegenwärtigem Wissenstand das Risiko für Hirntumoren nicht (Berg et al. 2006; Kheifets et al. 2008; Lahkola et al. 2007).

Die Sterblichkeit an Prostatakarzinomen war in der gepoolten Auswertung dagegen knapp statistisch signifikant (n = 81; SMR = 1,30; 95%-KI: 0,99 - 1,69), während sie in der deutschen Studie nicht auffällig war. Aktuell wird auch aufgrund der von der

IARC vorgenommenen Klassifizierung der Schichtarbeit als wahrscheinliches Humankanzerogen (IARC Klassifizierung 2A) die Bedeutung der regelmäßigen zirkadianen Rhythmusverschiebungen des Flugpersonal intensiver diskutiert (Erren et al. 2008; IARC 2010). Um weitere Erkenntnisse über die Risikofaktoren für das Prostatakarzinom-Risiko in dieser Kohorte zu gewinnen, wäre die Erhebung weiterer potentieller Risikofaktoren (Confounder) notwendig, möglichst in einer Studie zur Krebsinzidenz.

Das deutlich erhöhte Melanomrisiko war ein bisher häufiger Befund in Inzidenz- und Mortalitätsstudien aus nördlichen Ländern. Wir fanden im zweiten Follow-up sowohl in Deutschland eine leicht (ca. 20-30%) erhöhte Melanom-Sterblichkeit in der deutschen Pilotenkohorte also auch in der gepoolten Analyse (n = 24; SMR = 1,48). Wichtig wären für eine weitere Untersuchung des Melanomrisikos auch Inzidenzdaten, die leider in Deutschland flächendeckend und über lange Zeiträume nicht vorhanden sind. Entsprechende Daten aus den nordischen Ländern sprechen für eine etwa 70%-ige Risikoerhöhung für Piloten in Bezug auf das maligne Melanom.

Nicht signifikante SMR-Erhöhungen bei Tumoren mit $n \geq 5$ Fällen fanden wir außerdem nur für Leber/Gallenkrebs (n = 37, SMR = 1,04). Demgegenüber zeigen die überwiegende Zahl der Tumorlokalisationen nicht signifikant erniedrigte SMR.

Bei den Leukämien fanden wir in der ersten gepoolten Auswertung nicht-signifikante Risikoerhöhungen und bei den Lymphomen nicht-signifikante Risikominderungen. In der aktuellen gepoolten Auswertung beobachten wir dagegen eine nicht-signifikant niedrigere Sterblichkeit in der Kohorte als in der Vergleichsbevölkerung. Aus einer neueren gepoolten Studie bei Arbeiten in Kernkraftwerken wurde eine Risikoerhöhung für Leukämien in der Größenordnung von 20% je 100 mSv berichtet (Cardis et al. 2005). Arbeiter in Kernkraftwerken sind nur bedingt mit Piloten vergleichbar, zumal die Natur der ionisierenden Strahlung im Cockpit anders ist als in Kernkraftwerken (Gamma-Strahlung) und zu einem erheblichen Teil durch Neutronen bedingt ist. Die mittlere effektive Strahlendosis in der deutschen Cockpitkohorte liegt bei ca. 30 mSv, kumuliert über die Beschäftigungsdauer. Wenn auch zwischenzeitlich einzelne Publikationen wie die Arbeit von (Gundestrup et al. 2000) in der Fachzeitschrift „Lancet“ die Diskussion über eine mögliche Strahlengenese der Leukämien in dieser Berufsgruppe aufleben ließen, so ist insgesamt nicht von einer strahlenassoziierten Risikoerhöhung für Leukämien in dieser Kohorten auszugehen.

Auffällig bei den übrigen Todesursachen waren deutlich verminderte Herz-Kreislaufrisiken (SMR = 0,49; 95%-KI: 0,35 - 0,46) und für zerebrovaskuläre Ursachen (SMR = 0,46; 95%-KI: 0,36 - 0,59).

Erwartungsgemäß war die Anzahl der Todesfälle durch Flugzeugabstürze hoch, die Angabe einer SMR ist hier wegen der Probleme, adäquate Vergleichsdaten zu erlangen, nur wenig aussagekräftig. Für den Tod durch Verkehrsunfall waren im Gegensatz zu Abstürzen die SMR signifikant erniedrigt, ebenso für Tod durch Suizid.

Zusammengefasst ist für die Cockpitkohorte auch im verlängerten Follow-up im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung eine recht niedrige Mortalität festzustellen. Insbesondere die niedrige Herzkreislaufsterblichkeit lässt auf eine erhebliche gesundheitliche Selektion dieser Berufsgruppe schließen.

Beschäftigungsdauer- und Dosisbezogene Auswertungen bei Cockpitpersonal

Trends nach Beschäftigungsdauer und geschätzter Strahlendosis wurden nur für die deutsche Kohorte geschätzt, da nur in dieser Kohorte Beschäftigungsdauern und Expositionsschätzungen vorliegen.

Die Auswertungen nach Beschäftigungsdauer, Blockstunden und errechneter Strahlendosis wiesen wie in der Voruntersuchung insgesamt recht ähnliche Ergebnisse auf. Die Befunde eines mit der Strahlendosis leicht ansteigenden Risikos für alle Krebsarten gemeinsam bleiben erhalten. Festzuhalten ist allerdings, dass die Tumorarten, die nicht als strahlenassoziiert gelten, diesen Trend besonders prägen, was eher gegen eine größere Bedeutung der Strahlendosis spricht. Residuelles Confounding durch das Alter ist nicht auszuschließen, denn die höchsten Strahlenexpositionen werden weder durch junge noch ältere Piloten erreicht: junge Piloten sind zu jung, und ältere sind oft Propellerflugzeuge geflogen, mit entsprechend niedriger Strahlenexposition. Andererseits zeigt sich hier möglicherweise der typische Verlauf des „healthy worker“ Effekts, der mit der Beschäftigungsdauer tendenziell abnimmt. Drittens kann dieser Trend auf den Einfluss anderer, mit der Beschäftigungsdauer assoziierter beruflicher Faktoren zurückgehen.

Die kumulative Strahlendosis wurde in der vorliegenden Untersuchung wie im ersten Follow-up mittels einer Job-Expositionsmatrix ermittelt. Die Kohorte konnte zumindest für den Anteil des DLH-Cockpitpersonals um aktuelle Blockstunden sowie detaillierte Beschäftigungsdaten ergänzt werden. Ein leichter Anstieg der mittleren

Strahlendosis pro Jahr in unserer Kohorte war zu verzeichnen. Die in der Auswertung ermittelten, nicht signifikanten relativen Risiken von ca. 1,1 pro 10 mSv zusätzliche effektive Strahlendosis für Krebs insgesamt müssen entsprechend vorsichtig interpretiert werden.

Kabinenpersonal

Auch für das Kabinenpersonal bestätigte die vorliegende Auswertung der COSMIC-Kohorten das insgesamt gegenüber der Gesamtbevölkerung niedrigere Mortalitätsrisiko, wobei sich bei den schon vorher beschriebenen Ausnahmen nur wenige Änderungen ergaben.

Für Brustkrebs ist bei nunmehr 176 Sterbefällen die SMR mit 1,09 weiterhin geringfügig, nicht signifikant erhöht und gleichauf mit dem Schätzer der Auswertung der ESCAPE-Kohorte von 1,11. Offensichtlich gibt es erhebliche Unterschiede zwischen Daten zur Inzidenz und Mortalität: erstere sind in nordischen, aber auch US-amerikanischen Kohorten deutlicher (50-70%) erhöht als die Mortalitätsrisiken (10-30%). Derzeit steht eine gemeinsame Auswertung der nordischen Kabinenpersonalkohorten zur Krebsinzidenz noch aus, es ist aber aufgrund der Einzelergebnisse von einer Inzidenzerhöhung im beschriebenen Ausmaß auszugehen. Die recht niedrigen Strahlendosen können einen allenfalls minimalen Beitrag zu diesen Risikoerhöhungen beitragen. Die Einflüsse des im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung erhöhten Sozialstatus und möglicher Unterschiede bei den reproduktiven Faktoren wurden in mehreren Untersuchungen aus nordischen Ländern sowie aktuell in einer deutschen Querschnittsstudie bei Kabinenpersonal untersucht, ohne dass bisher sehr deutliche Hinweise auf die Bedeutung dieser Faktoren gewonnen werden konnten.

Die Suizid-Sterblichkeit beim weiblichen Kabinenpersonal war mit SMR = 1,24 nichtsignifikant erhöht. In der italienischen Kohorte waren die Suizidrisiken beim weiblichen Kabinenpersonal deutlich erhöht (Ballard et al. 2002). In einer Folgestudie wurde die selbst eingeschätzte sowie die psychische Gesundheit von weiblichem Kabinenpersonal evaluiert, hierbei fanden sich deutlich niedrigere Werte bei der gesundheitlichen Selbsteinschätzung unter derzeit aktiven gegenüber früher beschäftigten Crewmitgliedern (Ballard et al. 2006).

Das Todesursachenprofil der männlichen Kabinencrew wird weiterhin von der hohen Zahl von AIDS-Todesfällen geprägt. Die Gesamtmortalität ist nach wie vor erhöht.

Das Muster der SMR in Bezug auf Beschäftigungsdauer in der deutschen Kohorte deutet auf die relative Übersterblichkeit insbesondere in jüngeren Lebensjahren hin.

Die Mortalität an Krebs und anderen Ursachen war von wenigen ursachenspezifischen Ausnahmen abgesehen niedrig. Die erhöhte SMR für Todesfälle aufgrund von Tumoren des Lymphsystems ist vermutlich in Verbindung mit den recht häufigen Immunschwächeerkrankungen in der Kohorte zu sehen, wodurch das Auftreten von Lymphomen besonders begünstigt werden (Knowles 2003). Im Gegensatz zur Cockpitcrew wird keine erhöhte Sterblichkeit an Prostatakarzinomen beobachtet.

Verlauf des Follow-up in Deutschland

Für das 2. Follow-up konnte die Qualität der Kohorte durch systematische Nachrecherchen und die Identifizierung weiterer Dubletten weiter erhöht werden. Wir mussten zudem einige Korrekturen bezüglich der Geschlechterzuordnung vornehmen, die sich bei Qualitätsprüfungen unserer Studiendatenbanken ergaben. Dies führte zu einigen Veränderungen des Kohortenumfangs im Vergleich zu den früheren Auswertungen.

Der Verlauf des Follow-up entsprach den Erwartungen, indem aufgrund des mit Bedacht gewählten relativ nahen Nachfragezeitpunktes im Vergleich zur Erststudie viele Angaben zum Vitalstatus ohne komplizierte Archivanfragen ermittelt wurden. Das Follow-up konnte zudem weiter komplettiert werden, so dass in der Cockpitcrew nunmehr der Anteil von 95% aller Kohortenmitglieder mit zum Ende der Studienperiode ermitteltem Vitalstatus fast erreicht wurde. Die Zusammenarbeit mit den Einwohnermeldeämtern und den Gesundheitsämtern verlief weitgehend problemlos.

Die Strahlexposition von Cockpitcrew wurde nach bewährten Verfahren des 1. Follow-up fortgeführt. Die mittleren effektiven Strahlendosen des Cockpitpersonals liegen im Bereich der natürlichen Strahlendosis in Deutschland. Kumulativ werden auch in den neuen Auswertungen 100 mSv nicht erreicht, die höchsten summierten Dosen liegen zwischen 70 und 80 mSv. Dies ist eine Größenordnung, die für die meisten beruflich strahlenexponierten Personen in Ländern mit gut implementiertem Strahlenschutz relevant ist, da nur noch selten Lebenszeitdosen über 100 mSv vorgefunden werden. Wie schon in vorherigen Auswertungen weisen wir darauf hin, dass sog. „solar flares“ hier nicht berücksichtigt werden. Die Diskussion um die Relevanz dieser Ereignisse ist schon vielfach geführt worden.

Stärken und Schwächen unserer Studie

Die hier vorgestellte Kohorte ist die größte bisher zusammengestellte Kohorte von Flugpersonal. Einzelne weitere Kohorten, deren Ergebnisse publiziert worden sind (Band et al. 1996; Kaji et al. 1993; Milanov et al. 1999; Salisbury et al. 1991), konnten nicht eingeschlossen werden.

Die einzelnen Kohorten wurden auf Basis betrieblicher Unterlagen oder amtlicher Daten zusammengestellt. Die deutschen Kohortendaten wurden im Rahmen des ersten Follow-up mit Daten des Luftfahrtbundesamtes abgeglichen. Wir gehen davon aus, dass sie nichtselektiv sind und einen hohen Vollständigkeitsgrad haben. Das Studiendesign der einzelnen Kohorten war aufgrund der Zusammenarbeit in diesem und vorherigen Projekten weitgehend gleich, was eine gemeinsame Auswertung erleichterte und die Heterogenität minimierte.

Durch die deutlich höhere Anzahl an Personenjahren und Todesfällen hat die Power der Studie und somit die Präzision der Ergebnisse zugenommen. Das lässt sich an den in vielen Fällen deutlich engeren Konfidenzintervallen der Risikoschätzer ablesen.

Das Follow-up dieser hochmobilen Kohorte war im Vergleich mit anderen Berufskohorten aufwändig. In Deutschland ist mit jedem Umzug eine neue Anfrage an das neue, zuständige Einwohnermeldeamt notwendig. Emigrationen aus Deutschland führten zu einer Zensierung der Beobachtung der Individuen. In den nordischen Ländern wurde ein Abgleich mit dem Emigrations- und Immigrationsregister und dem Sterberegister vorgenommen. Die Berechnung der Personenjahre für die Kohorte berücksichtigt die Zensierung

Aufgrund des frühen Beginns des Einschlusszeitraums (1960) und der teilweise kurzen Aufbewahrungsfristen für Totenscheine in Deutschland konnten nicht alle Todesursachen ermittelt werden, was den Einsatz eines Korrekturverfahrens notwendig machte. Wir haben keinen Grund anzunehmen, dass ein Fehlen von der Todesursache abhängt, so dass dieses Vorgehen gerechtfertigt ist.

Informationen zu potentiellen Confoundern, wie z.B. Rauchen, UV-Exposition in der Freizeit und reproduktive Faktoren, konnten nicht erhoben werden. Daher waren wir bei der Auswertung auf indirekte Hinweise, wie die besonders niedrigen SMR für Lungenkrebs, angewiesen, die eine geringe Rauchprävalenz der Kohortenmitglieder

nahe legen. Diesen qualitativen Einschätzungen sind zukünftig auch direkte Confounderinformationen hinzuzufügen.

Für das Kabinenpersonal lagen uns lediglich Angaben zur Beschäftigungsdauer, nicht aber zu Flugstunden vor, so dass keine Schätzung der effektiven Dosis für diese Teilkohorte vorgenommen werden konnte. Die Auswertungen des Kabinenpersonals sind auf entsprechend auf die Beschäftigungsdauer beschränkt.

Die kumulative effektive Dosis des Cockpitpersonals ist stark mit den Flugstunden und der Beschäftigungsdauer korreliert, und damit auch mit dem Alter und möglicherweise anderen beruflichen Expositionen, so dass residuelles Confounding nicht ausgeschlossen werden kann (Langner et al. 2004b). Ältere Beschäftigte, die lange Zeit Propellerflugzeuge gesteuert haben, erreichen aufgrund der niedrigeren Flughöhe und damit niedrigeren Strahlendosisraten keine so hohen kumulativen Dosen wie andere Piloten. Dies führt dazu, dass der Dosisbereich ≥ 25 mSv nur von einer kleinen Altersgruppe der 55-74-jährigen erreicht wird, so dass keine vollständige Altersadjustierung möglich ist. Solange nicht mehr Kohortenmitglieder diese Dosiskategorie erreichen, sind dosisbezogenen Ergebnisse mit Vorsicht zu interpretieren.

Die Interpretation der Ergebnisse wird weiterhin dadurch erschwert, dass die theoretisch erwartete Abschwächung des Healthy Worker Effect (HWE) mit zunehmender Beobachtungsdauer in dieser Kohorte bisher nicht beobachtet wird. Allerdings ist hier anzumerken, dass hierzu noch keinesfalls abschließende Beobachtungen vorliegen.

Ausblick

Zum Ende des aktuellen Follow-up sind erst vergleichsweise wenige Kohortenmitglieder verstorben. Es wird sinnvoll sein, die Kohorten in der Zukunft weiter nachzuverfolgen. Hierfür sind effiziente und datenschutzkonforme Vorgehensweisen zu diskutieren.

7 Zusammenfassung

Flugpersonal gilt als beruflich strahlenexponiert und unterliegt einer Reihe besonderer beruflicher Anforderungen. Eine historische Kohortenstudie beim fliegenden Personal von Fluggesellschaften aus 9 europäischen Ländern ergab in der Auswertung bis Ende 1997 – bei insgesamt noch geringen Ereigniszahlen – eine gegenüber der Allgemeinbevölkerung erniedrigte Gesamtsterblichkeit und keine Hinweise auf eine erhöhte Krebssterblichkeit. Wir führten ein verlängertes Follow-up der deutschen Kohorte bis Ende 2004 durch. Wir schlossen in einer neuen, gepoolten Auswertung Kohorten aus insgesamt 9 europäischen Ländern und den USA mit aktualisiertem Follow-up ein.

Das Follow-up der deutschen Kohorte wurde um 7 Jahre verlängert, in vielen anderen Kohorten wurde es um 10 Jahre verlängert. Die aktuelle gepoolte Kohorte besteht aus über 24.600 Cockpitpersonal und über 53.000 Kabinenpersonal. Wir berechneten Standardisierte Mortalitätsratios (SMR) und 95%-Konfidenzintervalle mit der Sterblichkeit der nationalen Gesamtbevölkerungen als Referenz. Fehlende Todesursachen wurden nach der Methode von Rittgen und Becker berücksichtigt (Rittgen und Becker 2000a). Interne Auswertungen zum Einfluss der Beschäftigungsdauer sowie der individuellen Strahlenexposition in der deutschen Kohorte führten wir mittels Poisson-Regression durch.

In insgesamt 1.721.772 Personenjahren wurden 4407 Todesfälle (gegenüber 3263 im ersten Follow-up) beobachtet, davon 1930 in der Cockpitkohorte und 2477 bei Kabinenpersonal. Die Gesamtsterblichkeit 1960-2008 bleibt bei Cockpitpersonal und Flugbegleiterinnen weiter signifikant erniedrigt, wozu besonders die niedrige Zahl von Herz-Kreislauftodesfällen beiträgt. Die SMR für alle Krebstodesursachen beträgt 0,68 (95%-KI: 0,62 - 0,75) für Cockpitpersonal und 0,82 (95%-KI: 0,74 - 0,93) für das weibliche Kabinenpersonal, währen sie für das männliche Kabinenpersonal nahe 1 liegt. Bei den einzelnen Tumorlokalisationen weist das Cockpitpersonal niedrige SMR für tabakassoziierte Krebsarten auf; für das maligne Melanom beträgt die SMR 1,48 (95%-KI: 0,88 - 2,35), und für das Prostatakarzinom 1,30 (95%-KI: 0,99 - 1,69). Strahlenassoziierte Tumoren sind weitgehend unauffällig. Die Brustkrebs-Mortalität beim Kabinenpersonal ist allenfalls gering erhöht (SMR 1,09; 95%-KI: 0,90 - 1,31), die SMR liegt etwas niedriger als im ersten Follow-up. Beim männlichen Kabinenper-

sonal wird für AIDS eine zwar abnehmende, aber weiter deutlich erhöhte Sterblichkeit festgestellt.

In der deutschen Kohorte findet sich in der internen Analyse wie schon in der ersten Auswertung ein statistischer Zusammenhang zwischen Beschäftigungsdauer und Krebsmortalität in der Cockpitkohorte. Trotz Adjustierung verbleibender Alterseffekte bzw. Selektionsmechanismen können diesen Befund vermutlich teilweise erklären. Die jährlichen effektiven Strahlendosen des Cockpitpersonals liegen im Mittel bei 2,1 mSv, kumulativ werden maximal ca. 80mSv berufliche Strahlendosis erreicht. Für Krebs insgesamt errechnet sich in Analogie zu den Auswertungen nach Beschäftigungsdauer ein positiver Trend mit zunehmender Strahlendosis, der aufgrund mangelnder Informationen zu möglichen Verzerrungsfaktoren sowie den o.g. Faktoren allerdings vorsichtig zu interpretieren ist. Für einzelne Krebsarten und für die Gruppe strahlenassoziierter Tumoren finden sich keine Dosis-Wirkungsbeziehungen, dagegen aber für die Gruppe der nicht mit Strahlung assoziierten Tumoren.

Zu beachten ist, dass – wie in allen verlängerten Kohortenuntersuchungen – das erste und zweite Follow-up nicht unabhängig sind, da ein erheblicher Teil der Daten in beiden Auswertungen genutzt wurde. Insgesamt hat die Zahl der Todesfälle im zweiten Follow-up erwartungsgemäß deutlich zugenommen, so dass Mortalitätsrisiken präziser geschätzt werden. Die Ergebnisse bestätigen das vergleichsweise niedrige Gesamtsterberisiko dieser Beschäftigtengruppe. Das Sterberisiko für maligne Melanome und Prostatakarzinome beim Cockpitpersonal sind in unserer Kohorte den neuen Ergebnissen zufolge leicht, aber nicht signifikant erhöht. Die Mortalität an Non-Hodgkin-Lymphomen bei männlichen Flugbegleitern ist im Zusammenhang mit der erhöhten AIDS-Häufigkeit zu interpretieren.

8 English summary

Commercial airline crews are professionally exposed to ionising radiation. In a historical cohort study of cancer among flying personnel from 9 European countries with a mortality follow-up until the end of 1997, an overall mortality below that of the general population was observed, and no evidence of increased cancer mortality, albeit based on a small number of events. We performed an extended follow-up of the German cohort until the end of 2004. We included cohorts of 9 European countries and the USA with updated follow-up in a new, pooled analysis.

The follow-up of the German cohort was extended by 7 years, in many other cohorts it was extended by 10 years. The current pooled cohort consists of more than 24,600 cockpit crew and more than 53,000 cabin crew members. We calculated standardized mortality ratios (SMR) and 95% confidence intervals with the mortality of the total national population as reference. Missing causes of deaths were accounted for by using the method of Becker and Rittgen (Rittgen und Becker 2000b). Internal dose-response analyses using individual duration of employment and radiation exposure were conducted in the German cohort, using Poisson regression.

In a total of 1,721,772 person-years occurring between 1960 and 2008, 4407 deaths were observed (compared to 3263 at the first follow-up), 1930 of which occurred in the cockpit cohort and 2477 in cabin staff. The overall mortality rate remains significantly lower than in the general population in cockpit crew and flight attendants, the mortality from cardiovascular causes being particularly low. The SMR for cancer is 0.68 (95% CI: 0.62-0.75) for cockpit personnel, 0.82 (95% CI: 0.74-0.93) for the female cabin crew, and close to 1 in male cabin crew. The cockpit crew has low SMR for tobacco-associated cancers, but statistically non-significantly increased SMR for malignant melanoma (SMR = 1.48; 95% CI: 0.88-2.35), and for prostate cancer (SMR = 1.30; 95% CI: 0.99-1.69). Radiation associated tumours are to a large extent unremarkable. The breast cancer mortality in the cabin crew is slightly increased (SMR = 1.09, 95% CI: 0.90-1.31), but slightly lower than at the first follow-up. In the male cabin crew, the AIDS mortality is decreasing, but still significantly increased.

In German cockpit crew cohort, a statistical correlation between duration of employment and cancer mortality is observed, as was in the first analysis. This finding can probably be explained in part by an incomplete adjustment for age. The average annual effective dose of cockpit crews was 2.1 mSv, and the maximum cumulative

dose was about 80 mSv. Like for duration of employment, a positive trend of overall cancer mortality with increasing radiation dose is observed. It should be interpreted very cautiously because of the missing information on potential confounders and the multicollinearity of dose with age and other factors. No positive dose-response relationship was observed for single cancer causes or the group of radiogenic cancers, in contrast to the group of non-radiogenic cancers.

It should be noted that the first and second follow-up are not independent, since a significant portion of the data was used in both evaluations in all cohorts. The total number of deaths in the second follow-up was expected to increase significantly, so that mortality risks were estimated more precisely. The results confirm the relatively low overall risk of death of this employee group. The mortality risk for malignant melanoma and prostate cancers are slightly but statistically non-significantly increased in German cockpit crew. Mortality of Non-Hodgkin's lymphoma among male cabin crew is to be interpreted in the context of increased AIDS incidence.

9 Geplante Veröffentlichungen

Auf der Basis der jetzt vorliegenden Daten für das verlängerte Follow-up werden internationale Veröffentlichungen zu der Studie vorbereitet, u.a. zu

- Krebsmortalität in der deutschen Cockpitbesatzung inkl. dosisbezogene Auswertungen,
- Krebsmortalität in der deutschen Cockpitbesatzung in Bezug auf überflogene Zeitzonen (im Hinblick auf Störungen des zirkadianen Rhythmus’),
- Mortalität an Krebs und Nicht-Krebs-Todesursachen in der Cockpitbesatzung der gepoolten COSMIC-Kohorte,
- Mortalität an Krebs und Nicht-Krebs-Todesursachen beim Kabinenpersonal der gepoolten COSMIC-Kohorte, sowie
- Beschäftigungsdauerbezogene Auswertungen der gepoolten COSMIC-Kohorte, einschließlich Sensitivitätsanalysen zum Effekt von rechtszensierten Beschäftigungsdaten.

10 Bisherige Veröffentlichungen zur Studie

Blettner M, Zeeb H (1999) Epidemiological studies among pilots and cabin crew. Radiation Protection Dosimetry 86(3), p 269-273

Blettner M, Zeeb H, Langner I, Hammer GP, & Schafft T (2002b) Mortality from cancer and other causes among airline cabin attendants in Germany, 1960-1997. Am.J Epidemiol. 156, p 556-565.

Blettner M, Zeeb H, Auvinen A *et al.* (2003) Mortality from cancer and other causes among male airline cockpit crew in Europe. Int J Cancer 106, p 946-952.

Hammer GP, Langner I, Schafft T, Blettner M, und Zeeb H Krebsmortalität bei Flugpersonal: erweitertes Follow-up bis 2003. 3. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Epidemiologie (DGEpi), Bielefeld, 24.-27-09.2008 ISBN 978-3-88139-154-2. Düsseldorf: Landesinstitut für Gesundheit und Arbeit Nordrhein-Westfalen 2008.

Langner I, Blettner M, Gundestrup M *et al.* (2004) Cosmic radiation and cancer mortality among airline pilots: results from a European cohort study (ESCAPE).Radiat.Environ.Biophys. 42, p 247-256.

Zeeb H, Blettner M, Langner I *et al.* (2003a) Mortality from cancer and other causes among airline cabin attendants in Europe: a collaborative cohort study in eight countries. Am.J Epidemiol. 158, p 35-46.

Zeeb H, Hammer GP, Bennack S, Blettner M, Langner I, Schafft T. Cancer mortality among German aircrew: second follow-up. Late Health Effects of Ionizing Radiation, Washington 4- 6 May, 2009.

Zeeb H, Hammer GP, Langner I, Schafft T, Bennack S, Blettner M: Cancer mortality among German aircrew: second follow-up. Radiat Environ Biophysics 2010 49(2):187-94. Epub 2009 Oct 16.

11 Wissenschaftliche Mitarbeit

Universität Bielefeld

Evelyn Dorendorf, MPH

Dipl. Biol. Thomas Schafft

Universität Mainz

Prof. Dr. rer. nat. Maria Blettner

Dr. Gaël P. Hammer

Prof. Dr. med. Hajo Zeeb (jetzt: BIPS, Universität Bremen)

Beratung

Dr. Ingo Langner (BIPS, Universität Bremen)

12 Literatur

Ballard TJ, Lagorio S, De Santis M, De Angelis G, Santaquilani M, Caldora M, et al. A retrospective cohort mortality study of Italian commercial airline cockpit crew and cabin attendants, 1965-96. Int J Occup Environ Health JID - 9505217 2002;8(2):87-96.

Ballard TJ, Romito P, Lauria L, Vigiliano V, Caldora M, Mazzanti C, et al. Self perceived health and mental health among women flight attendants. Occup Environ Med 2006;63(1):33-8.

Band PR, Le ND, Fang R, Deschamps M, Coldman AJ, Gallagher RP, et al. Cohort study of Air Canada pilots: mortality, cancer incidence, and leukemia risk. Am J Epidemiol 1996;143(2):137-43.

Berg G, Spallek J, Schuz J, Schlehofer B, Bohler E, Schlaefer K, et al. Occupational exposure to radio frequency/microwave radiation and the risk of brain tumors: Interphone Study Group, Germany. Am J Epidemiol 2006;164(6):538-48.

Blettner M, Zeeb H, Auvinen A, Ballard TJ, Caldora M, Eliasch H, et al. Mortality from cancer and other causes among male airline cockpit crew in Europe. Int J Cancer 2003;106(6):946-52.

Blettner M, Zeeb H, Langner I, Hammer GP. Epidemiologische Studie beim fliegenden Personal der Deutschen Lufthansa und der LTU. Deutsches Ärzteblatt 2002a; 99(Heft 51-52):A3462-A3469.

Blettner M, Zeeb H, Langner I, Hammer GP, Schafft T. Mortality from cancer and other causes among airline cabin attendants in Germany, 1960-1997. Am J Epidemiol 2002b;156(6):556-65.

Breslow NE, Day NE. Statistical Methods in Cancer Research, Vol. 2 - The Design and Analysis of Cohort Studies. Lyon: IARC Scientific Publications No. 82; 1987.

Buja A, Lange JH, Perissinotto E, Rausa G, Grigoletto F, Canova C, et al. Cancer incidence among male military and civil pilots and flight attendants: an analysis on published data. Toxicol Ind Health 2005;21(10):273-82.

Buja A, Mastrangelo G, Perissinotto E, Grigoletto F, Frigo AC, Rausa G, et al. Cancer incidence among female flight attendants: a meta-analysis of published data. J Womens Health (Larchmt) 2006;15(1):98-105.

Cardis E, Vrijheid M, Blettner M, Gilbert E, Hakama M, Hill C, et al. Risk of cancer after low doses of ionising radiation: retrospective cohort study in 15 countries. BMJ 2005;331(7508):77.

Checkoway H, Pearce N, Kriebel D. Research Methods in Occupational Epidemiology. 2 ed. New York: Oxford University Press; 2004.

Erren TC, Pape HG, Reiter RJ, Piekarski C. Chronodisruption and cancer. Naturwissenschaften 2008;95(5):367-82.

CARI-6 [computer program]. Version 6 Federal Aviation Administration, Office Of Aerospace Medicine, Civil Aerospace Medical Institute; 2004.

Grayson JK, Lyons TJ. Brain cancer, flying, and socioeconomic status: a nested case- control study of USAF aircrew. Aviat Space Environ Med 1996;67(12):1152-4.

Gundestrup M, Klarskov AM, Sveinbjornsdottir E, Rafnsson V, Storm HH, Pedersen-Bjergaard J. Cytogenetics of myelodysplasia and acute myeloid leukaemia in aircrew and people treated with radiotherapy. Lancet 2000;356(9248):2158.

Hammer GP. Belastung des Flugpersonals durch kosmische Strahlung. Deutsche Nationalbibliothek 2002 May 22

Hammer GP, Zeeb H, Tveten U, Blettner M. Comparing different methods of estimating cosmic radiation exposure of airline personnel. Radiat Environ Biophys 2000a;39(4):227-31.

Hammer GP, Zeeb H, Tveten U, Blettner M. Comparing different methods of estimating cosmic radiation exposure of airline personnel. Radiat Environ Biophys 2000b;39(4):227-31.

Hammer GP, Zeeb H, Tveten U, Blettner M. Comparing different methods of estimating cosmic radiation exposure of airline personnel. Radiat Environ Biophys 2000c;39(4):227-31.

Hammer GP, Zeeb H, Tveten U, Blettner M. Comparing different methods of estimating cosmic radiation exposure of airline personnel. Radiat Environ Biophys 2000d;39(4):227-31.

IARC. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans - Painting, Firefighting, and Shiftwork. [98]. 2010. Lyon, France, IARC. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans.

Irvine D, Davies DM. British Airways flightdeck mortality study, 1950-1992. Aviat Space Environ Med 1999;70(6):548-55.

Kaji M, Tango T, Asukata I, Tajima N, Yamamoto K, Yamamoto Y, et al. Mortality experience of cockpit crewmembers from Japan Airlines. Aviat Space Environ Med 1993;64(8):748-50.

Kheifets L, Monroe J, Vergara X, Mezei G, Afifi AA. Occupational electromagnetic fields and leukemia and brain cancer: an update to two meta-analyses. J Occup Environ Med 2008;50(6):677-88.

Knowles DM. Etiology and pathogenesis of AIDS-related non-Hodgkin's lymphoma. Hematol Oncol Clin North Am 2003;17(3):785-820.

Kojo K, Pukkala E, Auvinen A. Breast cancer risk among Finnish cabin attendants: a nested case-control study. Occupational and Environmental Medicine 2005;62(7):488-93.

Kolstad HA. Nightshift work and risk of breast cancer and other cancers--a critical review of the epidemiologic evidence. Scand J Work Environ Health 2008;34(1):5-22.

Lahkola A, Auvinen A, Raitanen J, Schoemaker MJ, Christensen HC, Feychting M, et al. Mobile phone use and risk of glioma in 5 North European countries. Int J Cancer 2007;120(8):1769-75.

Langner I, Blettner M, Gundestrup M, Storm H, Aspholm R, Auvinen A, et al. Cosmic radiation and cancer mortality among airline pilots: results from a European cohort study (ESCAPE). Radiat Environ Biophys 2004a;42(4):247-56.

Langner I, Blettner M, Gundestrup M, Storm H, Aspholm R, Auvinen A, et al. Cosmic radiation and cancer mortality among airline pilots: results from a European cohort study (ESCAPE). Radiat Environ Biophys 2004b;42(4):247-56.

Mares V, Maczka T, Leuthold G, Ruhm W. Air crew dosimetry with a new version of EPCARD. Radiat Prot Dosimetry 2009;136(4):262-6.

McCartney MA, Chatterjee BF, McCoy EC, Mortimer EA, Jr., Rosenkranz HS. Airplane emissions: a source of mutagenic nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons. Mutat Res 1986;171(2-3):99-104.

Milanov L, Dimitrov D, Danon S. Cancer incidence in Republic of Bulgaria aircrew, 1964-1994. Aviat Space Environ Med 1999;70(7):681-5.

Reynolds P, Cone J, Layefsky M, Goldberg DE, Hurley S. Cancer incidence in California flight attendants (United States). Cancer Causes Control 2002;13(4):317-24.

Richardson DB, Loomis D. The impact of exposure categorisation for grouped analyses of cohort data. Occup Environ Med 2004;61(11):930-5.

Rittgen W, Becker N. SMR analysis of historical follow-up studies with missing death certificates. Biometrics 2000a;56(4):1164-9.

Rittgen W, Becker N. SMR analysis of historical follow-up studies with missing death certificates. Biometrics 2000b;56(4):1164-9.

Rittgen W, Becker N. SMR analysis of historical follow-up studies with missing death certificates. Biometrics 2000c;56(4):1164-9.

Ryan P. Smoking and Commercial Airline Flights in Europe. Eur J Cancer 1991;27(11):1348-50.

Salisbury DA, Band PR, Threlfall WJ, Gallagher RP. Mortality among British Columbia pilots. Aviat Space Environ Med 1991;62(4):351-2.

EPCARD (European Program Package for the Calculation of Aviation Route Doses) [computer program]. Version 3.3. Neuherberg, Germany: Helmholtz Zentrum München - German Research Center for Environmental Health; 2003.

Sigurdson AJ, Ron E. Cosmic radiation exposure and cancer risk among flight crew. Cancer Invest 2004;22(5):743-61.

Stegemann R, Frasch G, Kammerer L, Spiesl J. Die berufliche Strahlenexposition des fliegenden Personals in Deutschland. Salzgitter: Bericht des Strahlenschutzregisters; 2005.

Zeeb H, Blettner M, Hammer GP, Langner I. Cohort Mortality study of German cockpit crew, 1960-1997. Epidemiology 2002;13:693-9.

Zeeb H, Blettner M, Langner I, Hammer GP, Ballard TJ, Santaquilani M, et al. Mortality from cancer and other causes among airline cabin attendants in Europe: a collaborative cohort study in eight countries. Am J Epidemiol 2003a;158(1):35-46.

Zeeb H, Blettner M, Langner I, Hammer GP, Ballard TJ, Santaquilani M, et al. Mortality from cancer and other causes among airline cabin attendants in Europe: a

collaborative cohort study in eight countries. Am J Epidemiol 2003b;158(1):35-46.

13 Anhang: Weitere Auswertungen

Tabelle 13-1: SMR für männliches Cockpitpersonal, in drei Zeitperioden (1960-74, 1975-89, 1990-2004)

Todesursache	ICD - 9	Kalender-periode	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI	
							untere Grenze	obere Grenze
Alle Ursachen	001-999	1960-74	42	42,00	60,10	0,70	0,50	0,94
		1975-89	101	101,00	203,73	0,50	0,40	0,60
		1990-04	275	275,00	560,43	0,49	0,43	0,55
Alle Ursachen außer nicht bekannte Ursachen		1960-74	32	42,00	60,10	0,70	0,50	0,94
		1975-89	99	101,00	203,73	0,50	0,40	0,60
		1990-04	251	275,00	560,43	0,49	0,43	0,55
alle Ursachen außer Flugzeugunfälle		1960-74	16	21,00	60,02	0,35	0,16	0,79
		1975-89	89	90,80	203,54	0,45	0,34	0,60
		1990-04	238	260,76	560,25	0,47	0,39	0,57
Krebs insgesamt	140-208	1960-74	3	3,94	10,11	0,39	0,05	1,65
		1975-89	33	33,67	50,58	0,67	0,43	1,04
		1990-04	93	101,89	166,20	0,61	0,46	0,81
Mit Strahlung assoziierter Krebs		1960-74	0	0,00	3,00	0,00	0,00	2,50
		1975-89	10	10,20	13,19	0,77	0,32	1,62
		1990-04	23	25,20	40,60	0,62	0,35	1,03
Nicht mit Strahlung assoziierter Krebs		1960-74	3	3,94	7,10	0,55	0,07	2,35
		1975-89	23	23,46	37,39	0,63	0,36	1,05
		1990-04	70	76,69	125,61	0,61	0,44	0,84
Einzelne Krebslokalisationen								
- Mundhöhle/Rachen	140-149	1960-74	0	0,00	0,14	0,00	0,00	53,02
		1975-89	0	0,00	2,42	0,00	0,00	1,96
		1990-04	1	1,10	9,02	0,12	0,00	0,82
- Speiseröhre	150	1960-74	0	0,00	0,15	0,00	0,00	51,57
		1975-89	1	1,02	1,65	0,62	0,01	4,19
		1990-04	1	1,10	6,52	0,17	0,00	1,13

Todesursache	ICD - 9	Kalender-periode	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI	
							untere Grenze	obere Grenze
- Magen	151	1960-74	0	0,00	1,40	0,00	0,00	5,38
		1975-89	3	3,06	4,58	0,67	0,10	2,31
		1990-04	7	7,67	10,52	0,73	0,24	1,71
- Dickdarm	153	1960-74	0	0,00	0,56	0,00	0,00	13,47
		1975-89	3	3,06	3,37	0,91	0,14	3,14
		1990-04	9	9,86	12,33	0,80	0,31	1,72
- Enddarm	154	1960-74	0	0,00	0,39	0,00	0,00	19,08
		1975-89	1	1,02	1,92	0,53	0,01	3,60
		1990-04	3	3,29	6,90	0,48	0,07	1,63
- Leber/Galle	155-156	1960-74	0	0,00	0,21	0,00	0,00	35,83
		1975-89	3	3,06	1,61	1,90	0,30	6,57
		1990-04	3	3,29	6,79	0,48	0,07	1,66
- Pankreas	157	1960-74	0	0,00	0,39	0,00	0,00	19,08
		1975-89	2	2,04	2,40	0,85	0,07	3,67
		1990-04	11	12,05	8,93	1,35	0,58	2,72
- Kehlkopf	161	1960-74	0	0,00	0,10	0,00	0,00	72,93
		1975-89	0	0,00	0,94	0,00	0,00	5,05
		1990-04	2	2,19	2,88	0,76	0,06	3,26
- Lunge/Bronchialsystem	162-163	1960-74	0	0,00	2,19	0,00	0,00	3,43
		1975-89	5	5,10	13,95	0,37	0,10	0,99
		1990-04	13	14,24	46,86	0,30	0,14	0,58
- Knochen	170	1960-74	0	0,00	0,15	0,00	0,00	50,48
		1975-89	0	0,00	0,31	0,00	0,00	15,32
		1990-04	0	0,00	0,43	0,00	0,00	11,73
- malignes Melanom	172	1960-74	0	0,00	0,29	0,00	0,00	26,14
		1975-89	1	1,02	1,05	0,97	0,01	6,58
		1990-04	3	3,29	2,12	1,55	0,24	5,31
- andere Hauttumoren	173	1960-74	0	0,00	0,03	0,00	0,00	282,20
		1975-89	0	0,00	0,12	0,00	0,00	38,40
		1990-04	0	0,00	0,30	0,00	0,00	16,80

Todesursache	ICD - 9	Kalender-periode	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI	
							untere Grenze	obere Grenze
- Prostata	185	1960-74	0	0,00	0,14	0,00	0,00	51,96
		1975-89	1	1,02	2,00	0,51	0,01	3,47
		1990-04	10	10,96	11,11	0,99	0,41	2,05
- Hoden/andere Genitalorgane	186-187	1960-74	0	0,00	0,47	0,00	0,00	15,81
		1975-89	2	2,04	0,76	2,67	0,22	11,52
		1990-04	0	0,00	0,79	0,00	0,00	6,38
- Nieren	189.0-2	1960-74	0	0,00	0,29	0,00	0,00	26,16
		1975-89	1	1,02	1,74	0,59	0,01	3,98
		1990-04	4	4,38	5,14	0,85	0,18	2,53
- Blase/Urogenitaltrakt	188,189.3-4+.8-9	1960-74	0	0,00	0,23	0,00	0,00	32,33
		1975-89	0	0,00	1,40	0,00	0,00	3,40
		1990-04	4	4,38	5,31	0,83	0,18	2,45
- Augen	190	1960-74	0	0,00	0,01	0,00	0,00	774,80
		1975-89	0	0,00	0,02	0,00	0,00	215,10
		1990-04	0	0,00	0,10	0,00	0,00	48,52
- Hirn/ZNS	191-192	1960-74	0	0,00	0,40	0,00	0,00	18,83
		1975-89	3	3,06	1,63	1,88	0,29	6,50
		1990-04	11	12,05	5,48	2,20	0,95	4,43
- Schilddrüse und andere Drüsen	193-194	1960-74	0	0,00	0,07	0,00	0,00	107,60
		1975-89	1	1,02	0,27	3,82	0,05	25,90
		1990-04	0	0,00	0,70	0,00	0,00	7,27
- alle Lymphome	200-202	1960-74	0	0,00	0,68	0,00	0,00	11,08
		1975-89	2	2,04	1,76	1,16	0,09	4,99
		1990-04	4	4,38	4,65	0,94	0,20	2,80
Non Hodgkin Lymphom	200.202	1960-74	0	0,00	0,26	0,00	0,00	28,67
		1975-89	2	2,04	1,07	1,91	0,16	8,23
		1990-04	4	4,38	4,08	1,07	0,23	3,19
- Hodgkin Lymphom	201	1960-74	0	0,00	0,42	0,00	0,00	18,06
		1975-89	0	0,00	0,69	0,00	0,00	6,85
		1990-04	0	0,00	0,57	0,00	0,00	8,84

Todesursache	ICD - 9	Kalender-periode	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI	
							untere Grenze	obere Grenze
- alle Leukämien	204-208	1960-74	0	0,00	0,58	0,00	0,00	12,90
		1975-89	2	2,04	1,86	1,10	0,09	4,75
		1990-04	2	2,19	4,95	0,44	0,04	1,89
alle anderen Krebsarten	Rest 140-208	1960-74	3	3,94	1,22	3,23	0,44	13,70
		1975-89	2	2,04	4,75	0,43	0,04	1,86
		1990-04	5	5,48	14,11	0,39	0,10	1,04
Gutartige Tumoren	210-239	1960-74	0	0,00	0,69	0,00	0,00	10,86
		1975-89	0	0,00	1,88	0,00	0,00	2,52
		1990-04	1	1,10	3,07	0,36	0,00	2,40
Diabetes	250	1960-74	0	0,00	0,60	0,00	0,00	12,45
		1975-89	0	0,00	2,34	0,00	0,00	2,03
		1990-04	2	2,19	10,07	0,22	0,02	0,93
Zerebrovaskuläre Erkrankungen	430-438	1960-74	0	0,00	2,14	0,00	0,00	3,51
		1975-89	7	7,14	11,02	0,65	0,22	1,54
		1990-04	17	18,63	33,57	0,55	0,29	0,99
alle kardiovaskulären Ursachen	390-429	1960-74	6	7,88	10,97	0,72	0,19	2,22
		1975-89	25	25,51	52,81	0,48	0,29	0,80
		1990-04	65	71,22	154,78	0,46	0,33	0,64
rheumatische Herzerkrankungen	390-398	1960-74	0	0,00	0,49	0,00	0,00	15,44
		1975-89	0	0,00	0,66	0,00	0,00	7,19
		1990-04	0	0,00	0,97	0,00	0,00	5,21
andere ischämische Herzerkrankungen	411-414	1960-74	1	1,31	1,03	1,27	0,01	10,57
		1975-89	3	3,06	8,18	0,37	0,06	1,29
		1990-04	22	24,1	40,21	0,60	0,34	1,01
Akuter Herzinfarkt	410	1960-74	5	6,56	5,76	1,14	0,26	3,80
		1975-89	13	13,26	29,53	0,45	0,21	0,87
		1990-04	22	24,10	63,16	0,38	0,21	0,64
Bluthochdruck	401-405	1960-74	0	0,00	0,49	0,00	0,00	15,22

Todesursache	ICD - 9	Kalender-periode	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI	
							untere Grenze	obere Grenze
		1975-89	0	0,00	1,47	0,00	0,00	3,23
		1990-04	3	3,29	6,54	0,50	0,08	1,72
alle anderen kardiovaskulären Erkrankungen	Rest 390-429	1960-74	0	0,00	4,37	0,00	0,00	1,72
		1975-89	9	9,18	12,96	0,71	0,28	1,54
		1990-04	18	19,72	43,90	0,45	0,24	0,79
Nicht-maligne Atemwegserkrankung	460-479,488-519	1960-74	0	0,00	1,29	0,00	0,00	5,83
		1975-89	0	0,00	6,47	0,00	0,00	0,74
		1990-04	3	3,29	21,67	0,15	0,02	0,52
Magen- und Zwölffingerdarmge-schwür	531-533	1960-74	0	0,00	0,79	0,00	0,00	9,48
		1975-89	0	0,00	1,15	0,00	0,00	4,13
		1990-04	1	1,10	2,07	0,53	0,01	3,56
Leberzirrhose	571	1960-74	0	0,00	2,46	0,00	0,00	3,05
		1975-89	3	3,06	12,55	0,24	0,04	0,84
		1990-04	6	6,57	28,47	0,23	0,07	0,58
Nephritis und Nephrose	580-589	1960-74	0	0,00	0,54	0,00	0,00	13,99
		1975-89	0	0,00	0,99	0,00	0,00	4,80
		1990-04	0	0,00	1,52	0,00	0,00	3,32
Grippe und Lungenentzündung	480-487	1960-74	0	0,00	0,75	0,00	0,00	9,97
		1975-89	0	0,00	1,90	0,00	0,00	2,50
		1990-04	0	0,00	7,91	0,00	0,00	0,64
Alle infektiösen Erkrankungen (nicht AIDS)	001-139 (nicht 042.9)	1960-74	0	0,00	1,43	0,00	0,00	5,27
		1975-89	2	2,04	1,90	1,08	0,09	4,65
		1990-04	0	0,00	5,50	0,00	0,00	0,92
AIDS	042.9	1960-74	0	0,00	0,00	.	.	.
		1975-89	0	0,00	0,51	0,00	0,00	9,41
		1990-04	2	2,19	3,00	0,73	0,06	3,12

Todesursache	ICD - 9	Kalender-periode	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI	
							untere Grenze	obere Grenze
Kfz-Unfälle	E810-E825	1960-74	6	7,88	9,05	0,87	0,23	2,69
		1975-89	4	4,08	9,95	0,41	0,09	1,23
		1990-04	7	7,67	10,01	0,77	0,26	1,80
Flugzeugunfälle	E840-E844	1960-74	16	21,00	0,08	258,51	115,9	581,00
		1975-89	10	10,20	0,18	55,98	23,51	117,40
		1990-04	13	14,24	0,17	81,64	38,04	156,60
Alle äußeren Ursachen außer Flug-zeugunfälle	E800-E999 nicht E840-E844	1960-74	7	9,19	20,23	0,45	0,14	1,32
		1975-89	14	14,28	33,91	0,42	0,21	0,80
		1990-04	29	31,77	46,98	0,68	0,41	1,07
Suizid	E950-E959	1960-74	1	1,31	5,99	0,22	0,00	1,83
		1975-89	3	3,06	14,62	0,21	0,03	0,72
		1990-04	15	16,43	20,05	0,82	0,40	1,51
Gewaltsamer Tod	E960-E999	1960-74	0	0,00	0,71	0,00	0,00	10,64
		1975-89	1	1,02	2,19	0,47	0,01	3,16
		1990-04	0	0,00	4,21	0,00	0,00	1,20
alle anderen äußeren Ursachen	Rest E800-E999	1960-74	0	0,00	4,49	0,00	0,00	1,67
		1975-89	6	6,12	7,15	0,86	0,26	2,16
		1990-04	7	7,67	12,71	0,60	0,20	1,42
Nicht näher bezeichnete Ursachen	780-799.9	1960-74	0	0,00	1,99	0,00	0,00	3,77
		1975-89	2	2,04	6,81	0,30	0,02	1,29
		1990-04	6	6,57	18,62	0,35	0,11	0,88
Alle anderen Ursachen	Rest 001-999	1960-74	0	0,00	6,17	0,00	0,00	1,22
		1975-89	3	3,06	18,74	0,16	0,03	0,56
		1990-04	13	14,24	77,56	0,18	0,09	0,35

Tabelle 13-2: SMR für weibliches Kabinenpersonal, in drei Zeitperioden (1960-74, 1975-89, 1990-2004)

Todesursache	ICD - 9	Kalender-perioden	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
Alle Ursachen	001-999	1960-74	21	21,00	13,82	1,52	0,94	2,32
		1975-89	62	62,00	73,17	0,85	0,65	1,09
		1990-04	191	191,00	264,09	0,72	0,62	0,83
Alle Ursachen außer nicht bekannte Ursachen		1960-74	18	21,00	13,82	1,52	0,94	2,32
		1975-89	49	62,00	73,17	0,85	0,65	1,09
		1990-04	171	191,00	264,09	0,72	0,62	0,83
alle Ursachen außer Flugzeugunfälle		1960-74	10	11,67	13,81	0,84	0,32	2,36
		1975-89	44	55,67	73,04	0,76	0,47	1,29
		1990-04	169	188,77	264,01	0,71	0,57	0,91
Krebs insgesamt	140-208	1960-74	2	2,33	2,92	0,80	0,06	4,60
		1975-89	13	16,45	23,67	0,69	0,30	1,54
		1990-04	92	102,76	113,02	0,91	0,68	1,23
Mit Strahlung assoziierter Krebs		1960-74	2	2,33	1,27	1,84	0,13	10,57
		1975-89	7	8,86	13,02	0,68	0,21	1,84
		1990-04	55	61,43	58,19	1,06	0,73	1,52
Nicht mit Strahlung assoziierter Krebs		1960-74	0	0,00	1,65	0,00	0,00	4,39
		1975-89	6	7,59	10,65	0,71	0,20	2,05
		1990-04	37	41,33	54,83	0,75	0,48	1,16
Einzelne Krebslokalisationen								
- Mundhöhle/Rachen	140-149	1960-74	0	0,00	0,02	0,00	0,00	453,00
		1975-89	0	0,00	0,25	0,00	0,00	26,87
		1990-04	0	0,00	1,85	0,00	0,00	2,84
- Speiseröhre	150	1960-74	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1729,00
		1975-89	0	0,00	0,10	0,00	0,00	69,86
		1990-04	1	1,12	1,07	1,04	0,01	7,13
- Magen	151	1960-74	0	0,00	0,17	0,00	0,00	41,76

Todesursache	ICD - 9	Kalender-perioden	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
		1975-89	0	0,00	1,39	0,00	0,00	4,85
		1990-04	5	5,58	5,46	1,02	0,26	2,80
- Dickdarm	153	1960-74	0	0,00	0,11	0,00	0,00	64,77
		1975-89	0	0,00	1,22	0,00	0,00	5,51
		1990-04	8	8,94	6,36	1,41	0,51	3,20
- Enddarm	154	1960-74	0	0,00	0,06	0,00	0,00	111,80
		1975-89	0	0,00	0,52	0,00	0,00	13,04
		1990-04	3	3,35	3,01	1,11	0,17	3,88
- Leber/Galle	155-156	1960-74	0	0,00	0,03	0,00	0,00	253,50
		1975-89	0	0,00	0,45	0,00	0,00	15,02
		1990-04	1	1,12	3,15	0,36	0,00	2,43
- Pankreas	157	1960-74	0	0,00	0,03	0,00	0,00	272,60
		1975-89	0	0,00	0,46	0,00	0,00	14,62
		1990-04	4	4,47	4,12	1,09	0,23	3,28
- Kehlkopf	161	1960-74	0	0,00	0,00	0,00	0,00	5988,00
		1975-89	0	0,00	0,04	0,00	0,00	181,50
		1990-04	0	0,00	0,30	0,00	0,00	17,30
- Lunge/Bronchialsystem	162-163	1960-74	0	0,00	0,07	0,00	0,00	107,70
		1975-89	0	0,00	1,13	0,00	0,00	5,96
		1990-04	11	12,29	12,59	0,98	0,42	2,00
- Knochen	170	1960-74	0	0,00	0,06	0,00	0,00	119,00
		1975-89	0	0,00	0,20	0,00	0,00	33,63
		1990-04	0	0,00	0,45	0,00	0,00	11,63
- malignes Melanom	172	1960-74	0	0,00	0,12	0,00	0,00	62,72
		1975-89	0	0,00	0,81	0,00	0,00	8,31
		1990-04	0	0,00	2,07	0,00	0,00	2,53
- andere Hauttumoren	173	1960-74	0	0,00	0,01	0,00	0,00	844,10
		1975-89	0	0,00	0,05	0,00	0,00	131,20
		1990-04	0	0,00	0,14	0,00	0,00	38,80
- Brust	174-175	1960-74	1	1,17	0,46	2,54	0,03	22,95

Todesursache	ICD - 9	Kalender-perioden	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
		1975-89	6	7,59	6,98	1,09	0,30	3,13
		1990-04	30	33,51	32,00	1,05	0,63	1,68
- Gebärmutterhals	180	1960-74	0	0,00	0,25	0,00	0,00	28,84
		1975-89	0	0,00	1,76	0,00	0,00	3,82
		1990-04	4	4,47	6,19	0,72	0,15	2,18
- Gebärmutter andere	179, 181-182	1960-74	0	0,00	0,13	0,00	0,00	54,70
		1975-89	1	1,27	0,54	2,33	0,03	18,03
		1990-04	1	1,12	2,14	0,52	0,01	3,57
- Ovarien	183	1960-74	0	0,00	0,18	0,00	0,00	41,00
		1975-89	1	1,27	1,63	0,77	0,01	6,00
		1990-04	6	6,70	7,70	0,87	0,26	2,21
- Nieren	189.0-2	1960-74	0	0,00	0,03	0,00	0,00	211,60
		1975-89	0	0,00	0,31	0,00	0,00	21,52
		1990-04	1	1,12	1,68	0,67	0,01	4,56
- Blase/Urogenitaltrakt	188,189.3-4+.8-9	1960-74	0	0,00	0,01	0,00	0,00	710,30
		1975-89	0	0,00	0,10	0,00	0,00	69,30
		1990-04	0	0,00	0,95	0,00	0,00	5,50
- Augen	190	1960-74	0	0,00	0,00	0,00	0,00	3237,00
		1975-89	0	0,00	0,02	0,00	0,00	337,70
		1990-04	0	0,00	0,11	0,00	0,00	48,14
- Hirn/ZNS	191-192	1960-74	0	0,00	0,13	0,00	0,00	55,11
		1975-89	1	1,27	1,11	1,14	0,01	8,87
		1990-04	6	6,70	5,25	1,28	0,38	3,24
- Schilddrüse und andere Drüsen	193-194	1960-74	0	0,00	0,03	0,00	0,00	249,70
		1975-89	0	0,00	0,18	0,00	0,00	37,91
		1990-04	2	2,23	0,70	3,19	0,25	13,90
- alle Lymphome	200-202	1960-74	0	0,00	0,34	0,00	0,00	21,51
		1975-89	1	1,27	1,14	1,11	0,01	8,63
		1990-04	5	5,58	3,30	1,69	0,44	4,63
Non Hodgkin Lymphom	200.202	1960-74	0	0,00	0,08	0,00	0,00	87,51

Todesursache	ICD - 9	Kalender-perioden	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
		1975-89	0	0,00	0,53	0,00	0,00	12,60
		1990-04	3	3,35	2,63	1,28	0,19	4,44
- Hodgkin Lymphom	201	1960-74	0	0,00	0,25	0,00	0,00	28,53
		1975-89	1	1,27	0,60	2,10	0,02	16,28
		1990-04	2	2,23	0,67	3,32	0,26	14,45
- alle Leukämien	204-208	1960-74	1	1,17	0,30	3,83	0,04	34,58
		1975-89	0	0,00	1,42	0,00	0,00	4,75
		1990-04	3	3,35	3,94	0,85	0,13	2,96
alle anderen Krebsarten	Rest 140-208	1960-74	0	0,00	0,37	0,00	0,00	19,46
		1975-89	3	3,80	1,86	2,04	0,28	8,03
		1990-04	1	1,12	8,50	0,13	0,00	0,90
Gutartige Tumoren	210-239	1960-74	0	0,00	0,29	0,00	0,00	25,07
		1975-89	0	0,00	1,08	0,00	0,00	6,23
		1990-04	1	1,12	1,70	0,66	0,01	4,49
Diabetes	250	1960-74	0	0,00	0,14	0,00	0,00	52,26
		1975-89	0	0,00	0,67	0,00	0,00	10,00
		1990-04	1	1,12	3,39	0,33	0,00	2,25
Zerebrovaskuläre Erkrankungen	430-438	1960-74	0	0,00	0,33	0,00	0,00	22,14
		1975-89	1	1,27	3,15	0,40	0,00	3,11
		1990-04	3	3,35	11,79	0,28	0,04	0,99
alle kardiovaskulären Ursachen	390-429	1960-74	0	0,00	0,88	0,00	0,00	8,26
		1975-89	1	1,27	5,77	0,22	0,00	1,70
		1990-04	10	11,17	31,62	0,35	0,14	0,75
rheumatische Herzerkrankungen	390-398	1960-74	0	0,00	0,13	0,00	0,00	53,99
		1975-89	0	0,00	0,27	0,00	0,00	24,57
		1990-04	0	0,00	0,57	0,00	0,00	9,13
andere ischämische Herzerkrankungen	411-414	1960-74	0	0,00	0,02	0,00	0,00	303,00
		1975-89	0	0,00	0,39	0,00	0,00	17,34

Todesursache	ICD - 9	Kalender-perioden	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
Akuter Herzinfarkt	410	1990-04	1	1,12	4,73	0,24	0,00	1,62
		1960-74	0	0,00	0,15	0,00	0,00	47,46
		1975-89	0	0,00	1,75	0,00	0,00	3,85
Bluthochdruck	401-405	1990-04	2	2,23	10,49	0,21	0,02	0,93
		1960-74	0	0,00	0,09	0,00	0,00	81,36
		1975-89	0	0,00	0,38	0,00	0,00	17,95
alle anderen kardiovaskulären Erkrankungen	Rest 390-429	1990-04	1	1,12	2,04	0,55	0,01	3,75
		1960-74	0	0,00	0,50	0,00	0,00	14,36
		1975-89	1	1,27	2,98	0,42	0,00	3,29
Nicht-maligne Atemwegserkrankung	460-479,488-519	1990-04	6	6,70	13,79	0,49	0,14	1,23
		1960-74	0	0,00	0,25	0,00	0,00	28,66
		1975-89	0	0,00	1,66	0,00	0,00	4,07
Magen- und Zwölffingerdarmge-schwür	531-533	1990-04	2	2,23	5,53	0,40	0,03	1,76
		1960-74	0	0,00	0,04	0,00	0,00	169,90
		1975-89	0	0,00	0,19	0,00	0,00	35,18
Leberzirrhose	571	1990-04	0	0,00	0,65	0,00	0,00	8,05
		1960-74	0	0,00	0,22	0,00	0,00	32,19
		1975-89	0	0,00	3,94	0,00	0,00	1,71
Nephritis und Nephrose	580-589	1990-04	11	12,29	16,09	0,76	0,33	1,57
		1960-74	0	0,00	0,17	0,00	0,00	41,40
		1975-89	0	0,00	0,40	0,00	0,00	16,73
Grippe und Lungenentzündung	480-487	1990-04	0	0,00	0,58	0,00	0,00	9,11
		1960-74	0	0,00	0,25	0,00	0,00	29,32
		1975-89	0	0,00	0,65	0,00	0,00	10,41
Alle infektiösen Erkrankungen (nicht AIDS)	001-139 (nicht 042.9)	1990-04	0	0,00	2,17	0,00	0,00	2,42
		1960-74	1	1,17	0,30	3,87	0,04	34,92
		1975-89	0	0,00	0,83	0,00	0,00	8,15

Todesursache	ICD - 9	Kalender-perioden	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI	
							untere Grenze	obere Grenze
AIDS	042.9	1990-04	1	1,12	3,13	0,36	0,00	2,44
		1960-74	0	0,00	0,00	.	.	.
		1975-89	1	1,27	0,11	11,97	0,13	92,74
Kfz-Unfälle	E810-E825	1990-04	1	1,12	1,79	0,62	0,01	4,27
		1960-74	3	3,50	1,92	1,82	0,25	8,37
		1975-89	11	13,92	6,00	2,32	0,92	5,40
Flugzeugunfälle	E840-E844	1990-04	8	8,94	9,08	0,98	0,35	2,24
		1960-74	8	9,33	0,01	710,01	235,80	2138
		1975-89	5	6,33	0,13	49,38	11,82	153,10
Alle äußeren Ursachen außer Flug-zeugunfälle	E800-E999 nicht E840-E844	1990-04	2	2,23	0,07	31,04	2,47	135,10
		1960-74	6	7,00	4,44	1,58	0,43	5,28
		1975-89	22	27,84	18,44	1,51	0,78	2,92
Suizid	E950-E959	1990-04	28	31,27	32,77	0,95	0,57	1,55
		1960-74	0	0,00	1,77	0,00	0,00	4,08
		1975-89	8	10,12	8,46	1,20	0,40	3,09
Gewaltsamer Tod	E960-E999	1990-04	10	11,17	13,86	0,81	0,33	1,70
		1960-74	0	0,00	0,31	0,00	0,00	23,21
		1975-89	2	2,53	2,10	1,21	0,09	5,94
alle anderen äußeren Ursachen	Rest E800-E999	1990-04	0	0,00	4,32	0,00	0,00	1,21
		1960-74	3	3,50	0,44	8,02	1,11	36,87
		1975-89	1	1,27	1,88	0,67	0,01	5,23
Nicht näher bezeichnete Ursachen	780-799.9	1990-04	10	11,17	5,51	2,03	0,83	4,29
		1960-74	1	1,17	0,40	2,89	0,03	26,15
		1975-89	3	3,80	2,77	1,37	0,19	5,40
Alle anderen Ursachen	Rest 001-999	1990-04	11	12,29	10,18	1,21	0,52	2,48
		1960-74	0	0,00	3,21	0,00	0,00	2,25
		1975-89	3	3,80	9,72	0,39	0,05	1,54
		1990-04	8	8,94	44,63	0,20	0,07	0,46

Tabelle 13-3: SMR für männliches Kabinenpersonal, in drei Zeitperioden (1960-74, 1975-89, 1990-2004)

Todesursache	ICD - 9	Kalender-periode	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
Alle Ursachen	001-999	1960-74	14	14,00	14,93	0,94	0,51	1,57
		1975-89	66	66,00	55,10	1,20	0,93	1,52
		1990-04	159	159,00	172,22	0,92	0,79	1,08
Alle Ursachen außer nicht bekannte Ursachen		1960-74	9	14,00	14,93	0,94	0,51	1,57
		1975-89	56	66,00	55,10	1,20	0,93	1,52
		1990-04	142	159,00	172,22	0,92	0,79	1,08
alle Ursachen außer Flugzeugunfälle		1960-74	4	6,22	14,90	0,42	0,07	2,38
		1975-89	53	62,46	55,01	1,14	0,74	1,81
		1990-04	141	157,88	172,13	0,92	0,71	1,20
Krebs insgesamt	140-208	1960-74	1	1,56	1,62	0,96	0,01	12,38
		1975-89	10	11,79	10,95	1,08	0,42	2,49
		1990-04	36	40,31	50,76	0,79	0,50	1,24
Mit Strahlung assoziierter Krebs		1960-74	0	0,00	0,43	0,00	0,00	32,38
		1975-89	0	0,00	2,73	0,00	0,00	2,22
		1990-04	9	10,08	11,77	0,86	0,33	1,89
Nicht mit Strahlung assoziierter Krebs		1960-74	1	1,56	1,20	1,30	0,01	16,79
		1975-89	10	11,79	8,22	1,43	0,56	3,32
		1990-04	27	30,23	38,98	0,78	0,46	1,28

Todesursache	ICD - 9	Kalender-periode	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
Einzelne Krebslokalisationen								
- Mundhöhle/Rachen	140-149	1960-74	0	0,00	0,02	0,00	0,00	726,90
		1975-89	2	2,36	0,82	2,88	0,22	13,74
		1990-04	3	3,36	3,53	0,95	0,14	3,34
- Speiseröhre	150	1960-74	0	0,00	0,01	0,00	0,00	1282,00
		1975-89	0	0,00	0,44	0,00	0,00	13,70
		1990-04	3	3,36	2,35	1,43	0,21	5,01
- Magen	151	1960-74	0	0,00	0,13	0,00	0,00	103,80
		1975-89	0	0,00	0,83	0,00	0,00	7,27
		1990-04	1	1,12	2,99	0,37	0,00	2,58
- Dickdarm	153	1960-74	0	0,00	0,08	0,00	0,00	179,10
		1975-89	0	0,00	0,63	0,00	0,00	9,70
		1990-04	2	2,24	3,35	0,67	0,05	2,94
- Enddarm	154	1960-74	0	0,00	0,05	0,00	0,00	298,40
		1975-89	1	1,18	0,36	3,32	0,04	24,86
		1990-04	2	2,24	2,07	1,08	0,09	4,75
- Leber/Galle	155-156	1960-74	0	0,00	0,02	0,00	0,00	654,30
		1975-89	0	0,00	0,28	0,00	0,00	21,90
		1990-04	2	2,24	2,00	1,12	0,09	4,92
- Pankreas	157	1960-74	0	0,00	0,04	0,00	0,00	370,20
		1975-89	0	0,00	0,48	0,00	0,00	12,66

Todesursache	ICD - 9	Kalender-periode	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
		1990-04	4	4,48	2,80	1,6	0,33	4,88
- Kehlkopf	161	1960-74	0	0,00	0,01	0,00	0,00	1705,00
		1975-89	0	0,00	0,25	0,00	0,00	24,63
		1990-04	0	0,00	1,02	0,00	0,00	5,19
- Lunge/Bronchialsystem	162-163	1960-74	0	0,00	0,16	0,00	0,00	87,89
		1975-89	4	4,71	2,40	1,97	0,39	6,51
		1990-04	6	6,72	14,57	0,46	0,14	1,18
- Knochen	170	1960-74	0	0,00	0,04	0,00	0,00	330,8
		1975-89	0	0,00	0,11	0,00	0,00	55,57
		1990-04	0	0,00	0,18	0,00	0,00	29,27
- malignes Melanom	172	1960-74	0	0,00	0,06	0,00	0,00	215,00
		1975-89	0	0,00	0,38	0,00	0,00	15,83
		1990-04	0	0,00	0,82	0,00	0,00	6,51
- andere Hauttumoren	173	1960-74	0	0,00	0,00	0,00	0,00	3107,00
		1975-89	1	1,18	0,03	33,74	0,39	252,70
		1990-04	0	0,00	0,09	0,00	0,00	60,65
- Prostata	185	1960-74	0	0,00	0,01	0,00	0,00	1423,00
		1975-89	0	0,00	0,10	0,00	0,00	59,93
		1990-04	3	3,36	1,77	1,90	0,28	6,67
- Hoden/andere Genitalorgane	186-187	1960-74	1	1,56	0,23	6,91	0,06	89,13
		1975-89	0	0,00	0,40	0,00	0,00	15,26

Todesursache	ICD - 9	Kalender-periode	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
		1990-04	0	0,00	0,40	0,00	0,00	13,39
- Nieren	189.0-2	1960-74	0	0,00	0,03	0,00	0,00	487,80
		1975-89	0	0,00	0,36	0,00	0,00	16,89
		1990-04	0	0,00	1,59	0,00	0,00	3,34
- Blase/Urogenitaltrakt	188,189.3-4+.8-9	1960-74	0	0,00	0,02	0,00	0,00	851,30
		1975-89	0	0,00	0,14	0,00	0,00	41,86
		1990-04	0	0,00	1,14	0,00	0,00	4,65
- Augen	190	1960-74	0	0,00	0,00	0,00	0,00	6408,00
		1975-89	0	0,00	0,01	0,00	0,00	1058,00
		1990-04	0	0,00	0,04	0,00	0,00	140,40
- Hirn/ZNS	191-192	1960-74	0	0,00	0,10	0,00	0,00	135,90
		1975-89	0	0,00	0,58	0,00	0,00	10,43
		1990-04	0	0,00	2,24	0,00	0,00	2,37
- Schilddrüse und andere Drüsen	193-194	1960-74	0	0,00	0,01	0,00	0,00	1090,00
		1975-89	0	0,00	0,07	0,00	0,00	82,94
		1990-04	0	0,00	0,23	0,00	0,00	22,88
- alle Lymphome	200-202	1960-74	0	0,00	0,23	0,00	0,00	61,10
		1975-89	1	1,18	0,63	1,88	0,02	14,09
		1990-04	5	5,60	1,61	3,48	0,89	9,62
Non Hodgkin Lymphom	200.202	1960-74	0	0,00	0,07	0,00	0,00	188,20
		1975-89	1	1,18	0,33	3,61	0,04	27,05

Todesursache	ICD - 9	Kalender-periode	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI	
							untere Grenze	obere Grenze
		1990-04	5	5,60	1,36	4,11	1,06	11,35
- Hodgkin Lymphom	201	1960-74	0	0,00	0,15	0,00	0,00	90,47
		1975-89	0	0,00	0,30	0,00	0,00	20,20
		1990-04	0	0,00	0,24	0,00	0,00	21,70
- alle Leukämien	204-208	1960-74	0	0,00	0,17	0,00	0,00	79,24
		1975-89	0	0,00	0,59	0,00	0,00	10,26
		1990-04	3	3,36	1,62	2,07	0,31	7,28
alle anderen Krebsarten	Rest 140-208	1960-74	0	0,00	0,20	0,00	0,00	67,44
		1975-89	1	1,18	1,05	1,12	0,01	8,39
		1990-04	2	2,24	4,27	0,52	0,04	2,31
Gutartige Tumoren	210-239	1960-74	0	0,00	0,16	0,00	0,00	83,84
		1975-89	0	0,00	0,50	0,00	0,00	12,02
		1990-04	0	0,00	0,81	0,00	0,00	6,53
Diabetes	250	1960-74	0	0,00	0,10	0,00	0,00	132,00
		1975-89	1	1,18	0,51	2,30	0,03	17,24
		1990-04	0	0,00	2,62	0,00	0,00	2,03
Zerebrovaskuläre Erkrankungen	430-438	1960-74	1	1,56	0,27	5,70	0,05	73,59
		1975-89	0	0,00	1,71	0,00	0,00	3,55
		1990-04	0	0,00	6,64	0,00	0,00	0,80
alle kardiovaskulären Ursachen	390-429	1960-74	1	1,56	1,22	1,28	0,01	16,51

Todesursache	ICD - 9	Kalender-periode	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
		1975-89	7	8,25	9,51	0,87	0,27	2,27
		1990-04	7	7,84	38,40	0,20	0,07	0,49
rheumatische Herzerkrankungen	390-398	1960-74	0	0,00	0,11	0,00	0,00	129,50
		1975-89	0	0,00	0,16	0,00	0,00	37,82
		1990-04	0	0,00	0,26	0,00	0,00	20,23
andere ischämische Herzerkrankungen	411-414	1960-74	0	0,00	0,08	0,00	0,00	179,30
		1975-89	1	1,18	0,98	1,20	0,01	9,00
		1990-04	4	4,48	7,67	0,58	0,12	1,78
Akuter Herzinfarkt	410	1960-74	0	0,00	0,51	0,00	0,00	26,83
		1975-89	2	2,36	5,26	0,45	0,03	2,14
		1990-04	1	1,12	17,65	0,06	0,00	0,44
Bluthochdruck	401-405	1960-74	0	0,00	0,07	0,00	0,00	191,40
		1975-89	0	0,00	0,27	0,00	0,00	22,53
		1990-04	0	0,00	1,51	0,00	0,00	3,51
alle anderen kardiovaskulären Erkrankungen	Rest 390-429	1960-74	1	1,56	0,54	2,88	0,03	37,18
		1975-89	4	4,71	2,84	1,66	0,33	5,49
		1990-04	2	2,24	11,31	0,20	0,02	0,87
Nicht-maligne Atemwegserkrankung	460-479,488-519	1960-74	0	0,00	0,17	0,00	0,00	82,59
		1975-89	0	0,00	0,90	0,00	0,00	6,77
		1990-04	2	2,24	4,51	0,50	0,04	2,18

Todesursache	ICD - 9	Kalender-periode	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
Magen- und Zwölffingerdarmgeschwür	531-533	1960-74	0	0,00	0,15	0,00	0,00	91,85
		1975-89	0	0,00	0,29	0,00	0,00	20,70
		1990-04	0	0,00	0,59	0,00	0,00	9,01
Leberzirrhose	571	1960-74	0	0,00	0,40	0,00	0,00	34,61
		1975-89	2	2,36	4,13	0,57	0,04	2,72
		1990-04	2	2,24	11,63	0,19	0,02	0,85
Nephritis und Nephrose	580-589	1960-74	0	0,00	0,14	0,00	0,00	95,83
		1975-89	0	0,00	0,23	0,00	0,00	26,45
		1990-04	1	1,12	0,36	3,15	0,04	21,72
Grippe und Lungenentzündung	480-487	1960-74	0	0,00	0,17	0,00	0,00	83,41
		1975-89	0	0,00	0,42	0,00	0,00	14,47
		1990-04	0	0,00	1,64	0,00	0,00	3,24
Alle infektiösen Erkrankungen (nicht AIDS)	001-139 (nicht 042.9)	1960-74	0	0,00	0,27	0,00	0,00	51,29
		1975-89	3	3,54	0,56	6,33	0,91	24,11
		1990-04	2	2,24	1,78	1,26	0,10	5,52
AIDS	042.9	1960-74	0	0,00	0,00	.	.	.
		1975-89	15	17,68	0,27	64,69	30,14	133,00
		1990-04	55	61,58	1,69	36,43	24,97	53,10
Kfz-Unfälle	E810-E825	1960-74	1	1,56	4,00	0,39	0,00	5,03

Todesursache	ICD - 9	Kalender-periode	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
		1975-89	3	3,54	5,36	0,66	0,09	2,51
		1990-04	5	5,60	6,18	0,91	0,23	2,50
Flugzeugunfälle	E840-E844	1960-74	5	7,78	0,03	240,71	46,94	1243,00
		1975-89	3	3,54	0,09	37,46	5,39	142,80
		1990-04	1	1,12	0,10	11,72	0,14	80,91
Alle äußeren Ursachen außer Flugzeug-unfälle	E800-E999 nicht E840-E844	1960-74	1	1,56	8,27	0,19	0,00	2,43
		1975-89	11	12,96	16,69	0,78	0,32	1,75
		1990-04	23	25,75	24,44	1,05	0,59	1,80
Suizid	E950-E959	1960-74	0	0,00	2,23	0,00	0,00	6,19
		1975-89	6	7,07	7,03	1,01	0,29	2,80
		1990-04	9	10,08	10,34	0,97	0,37	2,15
Gewaltsamer Tod	E960-E999	1960-74	0	0,00	0,29	0,00	0,00	47,64
		1975-89	0	0,00	1,10	0,00	0,00	5,50
		1990-04	1	1,12	2,29	0,49	0,01	3,38
alle anderen äußeren Ursachen	Rest E800-E999	1960-74	0	0,00	1,76	0,00	0,00	7,83
		1975-89	2	2,36	3,20	0,74	0,06	3,51
		1990-04	8	8,96	5,63	1,59	0,57	3,66
Nicht näher bezeichnete Ursachen	780-799.9	1960-74	0	0,00	0,47	0,00	0,00	29,19
		1975-89	2	2,36	2,48	0,95	0,07	4,54
		1990-04	6	6,72	7,51	0,90	0,27	2,29

Todesursache	ICD - 9	Kalender-periode	Beobacht. Todesfälle	Korrigierte beob. Fälle*	Erwartete. Todesfälle	SMR	95% KI untere Grenze	95% KI obere Grenze
Alle anderen Ursachen	Rest 001-999	1960-74	0	0,00	1,49	0,00	0,00	9,23
		1975-89	2	2,36	5,85	0,40	0,03	1,92
		1990-04	7	7,84	29,80	0,26	0,09	0,64

Tabelle 13-4: Vitalstatus nach Land, Kohortenzugehörigkeit und Geschlecht in COSMIC

		Cockpit		Kabine		
Land	**Vitalstatus**	**Männer**	**Frauen**	**Männer**	**Frauen**	**Gesamt**
DE	Lebend	5178	81	3087	14.946	23.292
	Verstorben	409	0	238	273	920
	lost to follow-up/unbekannt	65	2	94	408	569
	Verzogen ins Ausland (zensiert)	352	7	312	1392	2063
	Gesamt	6004	90	3731	17.019	26.844
DK	Lebend	2473	63	820	3667	7023
	Verstorben	477	2	267	298	1044
	lost to follow-up/unbekannt	7	0	2	9	18
	Verzogen ins Ausland (zensiert)	799	27	196	913	1935
	Gesamt	3756	92	1285	4887	10.020
FI	Lebend	661	10	158	1417	2246
	Verstorben	85	0	27	81	193
	lost to follow-up/unbekannt	13	0	3	69	85
	Verzogen ins Ausland (zensiert)	759	10	188	1567	2524
GR	Lebend	767	0	568	1055	2390
	Verstorben	64	0	13	15	92
	lost to follow-up/unbekannt	10	0	46	156	212
	Verzogen ins Ausland (zensiert)	841	0	627	1226	2694

		Cockpit		Kabine		
Land	**Vitalstatus**	**Männer**	**Frauen**	**Männer**	**Frauen**	**Gesamt**
IS	Lebend	328	0	146	1370	1844
	Verstorben	47	0	0	27	74
	lost to follow-up/unbekannt	63	0	11	135	209
	Verzogen ins Ausland (zensiert)	438	0	157	1532	2127
IT	Lebend	2753	6	3183	3190	9132
	Verstorben	212	0	126	50	388
	lost to follow-up/unbekannt	33	0	70	139	242
	Verzogen ins Ausland (zensiert)	19	0	33	48	100
	Gesamt	3017	6	3412	3427	9862
SE	Lebend	1100	0	456	2022	3578
	Verstorben	232	0	100	88	420
	lost to follow-up/unbekannt	133	0	34	179	346
	Verzogen ins Ausland (zensiert)	1465	0	590	2289	4344
UK	Lebend	7578	151	0	0	7729
	Verstorben	404	2	0	0	406
	lost to follow-up/unbekannt	205	3	0	0	208
	Verzogen ins Ausland (zensiert)	156	6	0	0	162
	Gesamt	8343	162	0	0	8505
US	Lebend	0	0	1173	8909	10.082
	Verstorben	0	0	444	426	870

		Cockpit		Kabine		
Land	**Vitalstatus**	**Männer**	**Frauen**	**Männer**	**Frauen**	**Gesamt**
	lost to follow-up/unbekannt	0	0	14	72	86
	Verzogen ins Ausland (zensiert)	0	0	51	199	250
	Gesamt	0	0	1682	9606	11.288
Gesamt	Lebend	20.838	311	9591	36.576	67.316
	Verstorben	1930	4	1215	1258	4407
	lost to follow-up/unbekannt	320	5	226	784	1335
	Verzogen ins Ausland (zensiert)	1535	40	640	2935	5150
	Gesamt	24.623	360	11.672	41.553	78.208

14 Anhang: Studieninterne Kodierung der Todesursachen

ES-CA-PE code	Cause of death	ICD-5	ICD-6	ICD-7	ICD-8	ICD-9	ICD-10
1	All infectious diseases**	?	001-138	001-138	000-136	001-139	A00-A99, B00-B99
2	Influenza and Pneumonia	033A-033B; 107-109, 111C; 114B; 114E	480-483; 490-493	480-483; 490-493	470-474; 480-486	480-487	J10-18
	CANCER						
3	- buccal cavity/pharynx	045A-045F	140-148	140-148	140-149	140-149	C00-C14
4	- oesophagus	046A	150	150	150	150	C15
5	- stomach	046B	151	151	151	151	C16
6	- large intestine	046E	153	153	153	153	C18
7	- rectum	046D	154	154	154	154	C19-21
8	- bilary tree/liver	046F	155	155	155-156	155-156	C22-24
9	- pancreas	046G	157	157	157	157	C25
10	- larynx	047A	161	161	161	161	C32
11	- bronch.tree and lung	047B-047D	162-163	162-163	162-163	162-163	C33-34, 38.4; C45
12	- Bone	055B; 045D; 055D	196	196	170	170	C40-41
13	- malignant melanoma	053	190	190	172	172	C43
14	- other skin	013-022	191	191	173	173	C44
15	- breast	050	170	170	174	174-	C50

ES-CA-PE code	Cause of death	ICD-5	ICD-6	ICD-7	ICD-8	ICD-9	ICD-10
						175	
16	- cervix uteri	048A	171	171	180	180	C53
17	BLANK						
18	- all other uterine		172-174	172-174	181 182	179, 181-182	C54-55, C58
19	- ovary	049A-?	175	175	183	183	C56-57
20	- prostate	051B	177	177	185	185	C61
21	- testis and other male genit. org.	051A; 051C-051E	178-179	178-179	186-187	186-187	C60, C62, C63
22	- kidney	052A-052C	180	180	189.0-2	189.0-2	C64-66
23	- bladder and other urinary tract	052B	181	181	188; 189.9	188, 189.3-4 &.8-9	C67-68
24	- eye	055E	192	192	190	190	C69
25	- CNS (includes brain)	054A-054B	193	193	191-192	191-192	C70-72
26	- Thyroid gland and other endo-crine	055A; 055C	194-195	194-195	193-194	193-194	C73-C75
27	– NHL (Non-Hodgkin’s Lymphoma)	045-055	200, 202	200, 202	200, 202	200, 202	C82-85
28	- Hodgkin´s	044B	201	201	201	201	C81
29	- Leukemia CLL		204.0	204.0	204.1	204.1	C91.1

ESCAPE code	Cause of death	ICD-5	ICD-6	ICD-7	ICD-8	ICD-9	ICD-10
30	- Leukemia non-CLL*	074A074B	204 (not .0)	204 (not .0)	204-207 (not 204.1)	204-208 (not 204.1)	C91-95 except C91.1
	Note: if subtypes not available use 54:; All Leukemia						
55	Kaposi sarcoma					176	C46
54	All Leukemia ; (if subtypes not available)	074	204	204	204-207	204-208	C91-95
31	- all other cancer **		140-208	140-208	140-208	140-208	C
	NON-CANCER						
32	Benign neoplasms	056; 057 ?	210-239	210-239	210-239	210-239	D00-D48
33	Diabetes	061	260	260	250	250	E10-14
34	Cerebrovascular disease	083A-083B	330-334	330-334	430-438	430-438	I60-69
35	Rheumatic heart disease	090A; 092C 093C; 095B 058A-058E	400-402; 410-416	400-402; 410-416	390-398	390-398	I00-I09
36	All ischemic heart dis.	094	420	420	411-414	411-414	I20, I23-25
37	Acute myocard. Infarction (sep. coded from ICD-8				410	410	I21-22

ES-CA-PE code	Cause of death	ICD-5	ICD-6	ICD-7	ICD-8	ICD-9	ICD-10
	onwards)						
38	Hypertension	093D; 102; 131A; 133B	440-447	440-447	400-404	401-405	I10-I15
39	All other cardio-vascular disease**	090B; 91°-C; 93°-B; 93E; 95°; 95C; 92°-B, 92D-E	421, 422; 430-434	421, 422 ; 430-434	390-429	390-429	I26-I52
40	Non-malignant respiratory disease	104-106, 110-114(not 111C, 114B, E); 033, (not 033A,B)	240-41; 470-479; 484-89, 494-527	240-41; 470-479; 484-89, 494-527	460-469, 475 - 79, 487 – 519	460-479, 488-519	J00-J09, J19-J99
41	Ulcer of stomach + duodenum	117	540-541	540-541	531-533	531-533	K25-27
42	Liver cirrhosis	124	581	581	571	571	K70,72.1, 73-74, 76.1
43	Nephritis & Nephrosis	130-133	590-594	590-594	580-584	580-589	N00-01, 04, 05
44	Motor vehicle accidents	E170-E171	E810-E835	E810-E835	E810-E823	E810-E825	V20-89
45	Aircraft accidents	E013-E022	E860-E866	E860-E866	E840-E844	E840-E844	V95-97
46	Suicides	E163-E164	E963;	E963;	E950-	E950-	X60-X84

ES-CA-PE code	Cause of death	ICD-5	ICD-6	ICD-7	ICD-8	ICD-9	ICD-10
			E970-E979	E970-E979	E959; E980-E989	E959; E980-E989	Y11-Y34
47	Homicides , except unclear accidental deaths	E165-E168; E196-E198	E964-E965 E990-E999	E964-E965 E990-E999	E960-E978 E990-E999	E960-E978 E990-999	X85-Y09
48	All other ext. Causes**	E163-E198	E800-E999	E800-E999	E800-E999	E800-E999	V01-Y89
49	AIDS	As coded in resp. country in earlier ICD-versions					B20-24
50	Ill defined cause of death	1-200	780-795	780-795	780-799.9	780-799.9	R00-R99
51	No cause of death available for the person						
53	Unclear accidental deaths						Y10-Y34
52	All other causes**		1-999	1-999	1-999	1 -999	A-Z
99	MISSING cause						

** Where not categorised elsewhere. There must be no overlapping codes.

| Verantwortung für Mensch und Umwelt |

Kontakt:
Bundesamt für Strahlenschutz
Postfach 10 01 49
38201 Salzgitter
Telefon: + 49 30 18333 - 0
Telefax: + 49 30 18333 - 1885
Internet: www.bfs.de
E-Mail: ePost@bfs.de
Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.

Bundesamt für Strahlenschutz