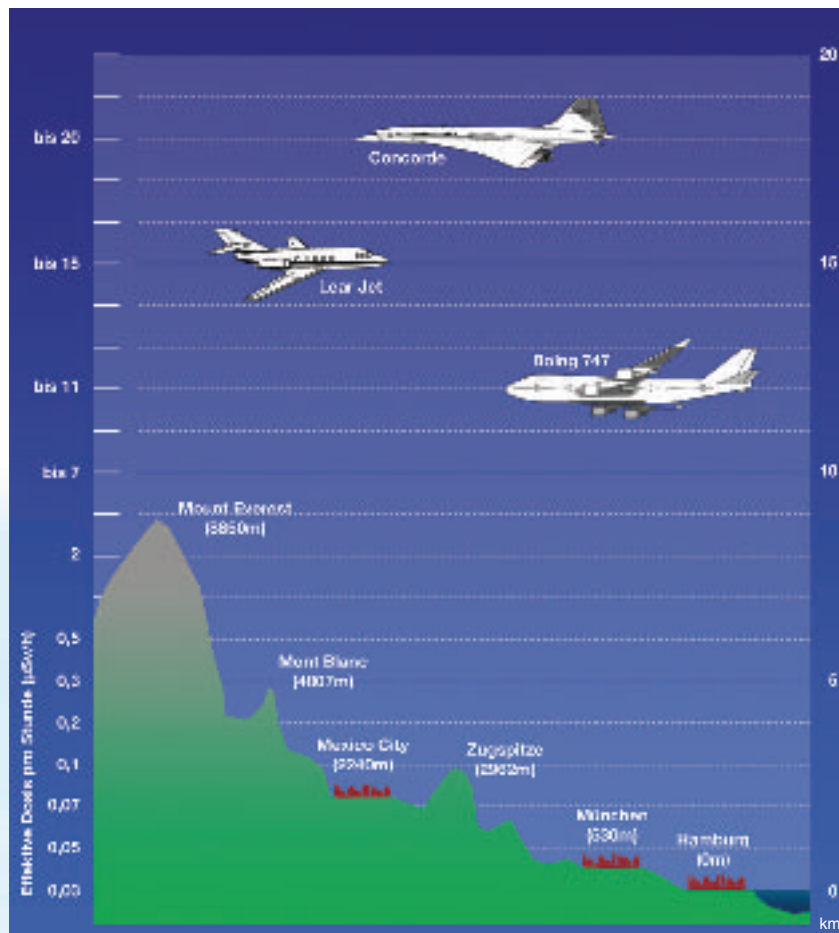


Höhenstrahlung beim Fliegen



Kosmische Strahlung in unterschiedlichen Höhen.

Viele Menschen reisen - privat oder geschäftlich - zu entfernten Zielen mit dem Flugzeug. Diese Flugzeuge fliegen oft in Höhen und geografischen Breiten, in denen deutlich mehr Höhenstrahlung auf den Menschen einwirkt, als am Boden. Die Energien dieser Strahlen sind so hoch, dass man sie nicht abschirmen kann. Wie entsteht diese Strahlung?

Kosmische Strahlung

Die Erde ist ständig einem Strom

von hochenergetischen atomaren Teilchen ausgesetzt, die aus den Tiefen des Kosmos sowie von unserer Sonne kommen und in die Erdatmosphäre eindringen. Dabei reagieren sie mit den Bestandteilen der Lufthülle und bilden neue atomare Teilchen. Die Gesamtheit dieser Teilchen bildet die sogenannte Höhenstrahlung. Auf ihrem Weg zur Erdoberfläche wird die Höhenstrahlung mit zunehmender Dichte der Atmosphäre schwächer.

Die kosmische Strahlung dringt jedoch nicht überall gleich stark in die Erdatmosphäre ein, da das Magnetfeld der Erde die elektrisch geladenen Teilchen teilweise von der Erde ablenkt. Die Abschirmung durch das Erdmagnetfeld wirkt am stärksten am Äquator. Über den geomagnetischen Polen, die sich etwa 1600 km abseits der geografischen Pole unserer Erde befinden, ist die Schutzwirkung dagegen am schwächsten. In Folge dessen ist die Höhenstrahlung in den nördlichen und südlichen Regionen der Erde deutlich stärker als am Äquator.

Ein zusätzlicher Schutz kommt von der Aktivität unserer Sonne. Der sogenannte „Sonnenwind“ ist ein von der Sonne ausgehender Strom aus geladenen Teilchen, von denen ein kleiner Teil auch in unsere Atmosphäre eindringt. Vor allem aber lenkt der Sonnenwind einen Teil der kosmischen Strahlung von unserem Sonnensystem ab; er bläst diese bildlich gesprochen weg. Diese Sonnenaktivität ändert sich nahezu regelmäßig in einem Zyklus von elf Jahren. In Zeiten hoher Sonnenaktivität kann man vermehrt Sonnenflecken beobachten. Diese werden aufgezichnet und gehen in den sogenannten Relativen Sonnenfleckenindex (RSI) ein. Je größer die Sonnenaktivität und damit der Wert des relativen Sonnenfleckenindex ist, desto geringer ist die Höhenstrahlung und umgekehrt. Das letzte Maximum der Sonnenaktivität war im Jahr 2000, das nächste Minimum wird etwa im Jahr 2007 sein.

Das Ausmaß der Strahlenexposition beim Fliegen hängt somit vor allem von der Flughöhe, der Flugdauer, der geografischen Lage der Flugroute und der Sonnenaktivität ab. Ein Maß für die Wirkung der Strahlenexposition auf den Menschen ist die effektive Dosis. In einer Höhe von 11 km und nördlich des 60. Breitengrades (Helsinki – Oslo – Südspitze Grönland) entsteht durch die Höhenstrahlung eine effektive Dosis von 6 bis 7 Mikro-Sievert pro Stunde ($\mu\text{Sv/h}$), im Bereich des Äquators beträgt sie nur ein Drittel davon. Demzufolge führt die Strahlenexposition bei einem Flug von Frankfurt nach New York (9 Stunden Flugdauer, davon 8 Stunden in Reiseflughöhe) zu einer effektiven Dosis von ca. 50 μSv (8 Stunden \times 6,5 $\mu\text{Sv/h}$). Dieser Wert galt gegen Ende des Jahres 2002. Infolge der zur Zeit abnehmenden Sonnenaktivität wird die Höhenstrahlung in den nächsten Jahren um bis zu vierzig Prozent ansteigen. In der Tabelle (S. 3) sind effektive Dosen, die durch Höhenstrahlung auf häufig beflogenen Strecken typischerweise entstehen, zusammengestellt.

Wie wird die Strahlendosis ermittelt?

Technisch besteht die Möglichkeit, die Strahlendosis während eines

Fluges im Flugzeug zu messen. Da die physikalischen Bedingungen, die zu einer Dosis durch Höhenstrahlung führen, recht gut bekannt sind, kann man diese Strahlendosen auch hinreichend genau berechnen. Hierfür existieren Computerprogramme, die auf der Basis von physikalischen Messungen und anhand der flugbestimmenden Daten (z.B. Start- und Zielflughafen, Flugdauer und -höhe) die gesamte effektive Dosis ermitteln, die bei einem Flug entsteht.

Natürliche Strahlenexposition am Boden

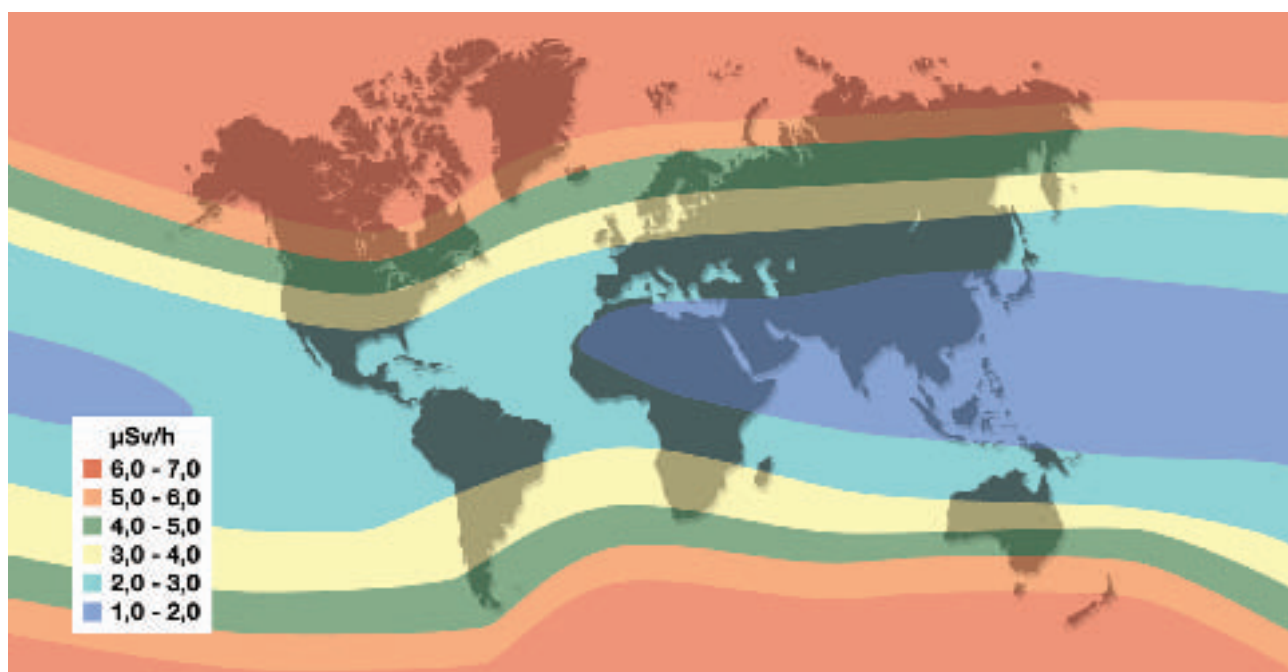
Die Höhenstrahlung macht einen Teil der natürlichen Strahlung aus, der die Menschheit schon immer ausgesetzt ist. In Meereshöhe beträgt ihr Wert ca. 300 μSv pro Jahr. Den größten Anteil an der natürlichen Strahlenexposition hat mit durchschnittlich 1100 μSv pro Jahr das Radon, ein radioaktives Edelgas, das z.B. von granithaltigem Gestein abgegeben wird und das wir über die Atemluft aufnehmen. Zusätzlich wirkt von außen die terrestrische Strahlung, d.h. die Strahlung der natürlichen radioaktiven Stoffe im Gestein der Erdkruste, auf uns ein. Sie liefert im Mittel jährlich 400 μSv . Auch der menschliche Körper enthält natürliche radioaktive Stoffe; vor

allem trägt das Kalium 40 in unseren Muskelzellen mit ca. 300 μSv zur jährlichen natürlichen Strahlenexposition bei.

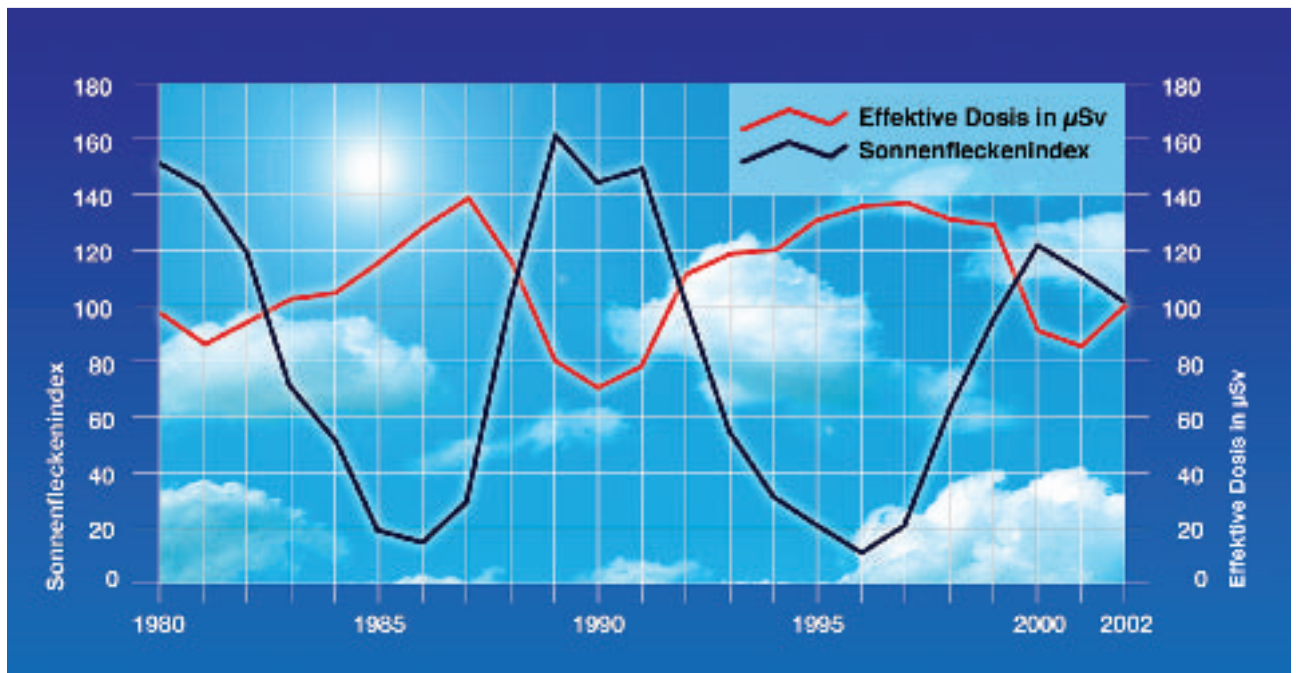
In Deutschland beträgt die mittlere effektive Dosis aus der natürlichen Strahlenexposition also etwa 2100 μSv pro Jahr. Je nach Aufenthaltsort schwankt der tatsächliche Wert zwischen 1000 und 6000 μSv pro Jahr. Im Vergleich dazu bewirkt eine Flugreise von Frankfurt nach New York und zurück eine zusätzliche Strahlenexposition von ca. 100 μSv . Die durchschnittliche natürliche Strahlenexposition eines Jahres wird also um etwa fünf Prozent erhöht. Zwar wird bei diesen Flügen auch ein Teil der Strahlendosis, die man während der Dauer des Fluges am Boden erhalten würde „eingespart“; da man sich aber nur für wenige Stunden eines Jahres in Flughöhe befindet, ist diese Einsparung unbedeutend.

Höhenstrahlung und Gesundheit

Grundsätzlich kann ionisierende Strahlung die Körperzellen schädigen und z. B. Krebserkrankungen auslösen. Die Wahrscheinlichkeit für einen gesundheitlichen Schaden ist abhängig von der Strahlendosis und steigt mit zunehmender Strahlendosis an. Für Menschen, die wenig fliegen, ist die



Zonen mit unterschiedlicher Höhenstrahlung (11 km Höhe, Dezember 2002, $\mu\text{Sv/h}$).



Schwankung des Relativen Sonnenfleckenindex und der effektiven Dosis durch Höhenstrahlung bei einem Hin- und Rückflug Frankfurt/M. – New York.

zusätzliche Exposition durch kosmischen Strahlung von untergeordneter Bedeutung. Das zusätzliche strahlenbedingte Gesundheitsrisiko kann somit als relativ gering bewertet werden. Piloten, flugbegleitendes Personal oder berufliche „Vielflieger“ können aber, besonders wenn sie häufig Langstrecken, vor allem auf den nördlichen Polrouten fliegen, höhere Strahlendosen erhalten. In einzelnen Studien gibt es Hinweise darauf, dass fliegendes Personal

einem leicht erhöhten Gesundheitsrisiko ausgesetzt ist. Eine neue deutsche Studie über das fliegende Personal der deutschen Lufthansa und LTU konnte kein erhöhtes Krebsrisiko feststellen. Die Anzahl der Todesfälle war allerdings zu klein, um endgültige Aussagen zu treffen.

Von einem wissenschaftlich gesicherten, ursächlichen Zusammenhang zwischen der Höhenstrahlung und der Häufigkeit von Krebserkrankungen beim fliegen-

den Personal kann man beim gegenwärtigen Kenntnisstand nicht sprechen. Gleichwohl ist es sinnvoll, die Höhe eines möglichen gesundheitlichen Risikos durch Höhenstrahlung abzuschätzen und zu begrenzen.

Strahlenschutz des fliegenden Personals

Früher erstreckte sich der Strahlenschutz für Arbeitskräfte nur auf Tätigkeiten, bei denen man die Strahlungseigenschaften radioaktiver Stoffe gezielt anwendet oder ionisierende Strahlung gezielt einsetzt. Es gibt aber auch Arbeitsgebiete, in denen das Vorhandensein natürlicher Strahlenquellen nur eine Begleiterscheinung des Arbeitslebens ist, die allerdings zu einer erheblichen Erhöhung der Strahlenexposition führen kann. Es ist grundsätzlich gleichgültig, ob eine erhaltene Strahlendosis aus einer zivilisatorischen oder aus einer natürlichen Strahlenquelle stammt, denn die Wirkung auf den Körper ist die gleiche. Daher ist es nur konsequent, wenn der berufliche Strahlenschutz nicht nur für Arbeitsbereiche gilt, in denen ionisierende Strahlung angewendet wird, sondern auch für Arbeitsfelder mit natürlicher Strahlenexposition.

Abflug	Ankunft	Dosisbereich* [µSv]
Frankfurt	Gran Canaria	10 – 18
Frankfurt	Johannesburg	18 – 30
Frankfurt	New York	32 – 75
Frankfurt	Rio de Janeiro	17 – 28
Frankfurt	Rom	3 – 6
Frankfurt	San Francisco	45 – 110
Frankfurt	Singapur	28 – 50
* Die Schwankungsbreite geht hauptsächlich auf die Einflüsse von Sonnenzyklus und Flughöhe zurück.		

Effektive Dosis durch Höhenstrahlung auf ausgewählten Flugrouten.

Die Europäische Union sieht deshalb in der EU-Richtlinie 96/29 EURATOM auch den Schutz vor einer erheblich erhöhten Exposition durch natürliche Strahlenquellen vor und bezieht in diesen Schutz unter anderem auch das fliegende Personal ein. In Deutschland wurde diese Anforderung mit der Novelle der Strahlenschutzverordnung 2001 in nationales Recht umgesetzt. Dies bedeutet, dass die Strahlenexposition des fliegenden Personals zu ermitteln, zu begrenzen und unter Berücksichtigung des Einzelfalls zu reduzieren ist. Überwachungspflichtig ist Luftfahrtpersonal demzufolge dann, wenn es in einem Beschäftigungsverhältnis gemäß deutschem Arbeitsrecht steht und während der Flüge durch Höhenstrahlung eine effektive Dosis von mehr als 1000 μSv im Kalenderjahr erhalten kann. Die Betreiber von Flugzeugen sind verpflichtet, ab August 2003 Dosiswerte mit Rechenprogrammen zu ermitteln und außerdem durch eine entsprechende Planung der Flugrouten und des Personaleinsatzes die Strahlendosis ihrer Beschäftigten zu reduzieren. Die berechneten Dosiswerte werden dem fliegenden Personal individuell zugeordnet und über das aufsichtführende Luftfahrtbundesamt an das Strahlenschutzregister im Bundesamt für Strahlenschutz übermittelt, wo unter



Die Strahlenexposition des fliegenden Personals wird in Deutschland ab August 2003 überwacht.

anderem die Einhaltung von Dosisgrenzwerten überwacht wird. Neben allen anderen beruflich strahlenexponierten Perso-

nen erhält damit auch das fliegende Personal eine rechtlich abgesicherte Strahlenschutzüberwachung.

Herausgeber:

Bundesamt für Strahlenschutz
Referat Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit
Postfach 10 01 49
38201 Salzgitter

Telefon: 05341 / 855-130
Telefax: 05341 / 855-150
www.bfs.de

Bildmaterial, Grafik: BfS, TUI

Gedruckt auf 100% Recycling-Papier

