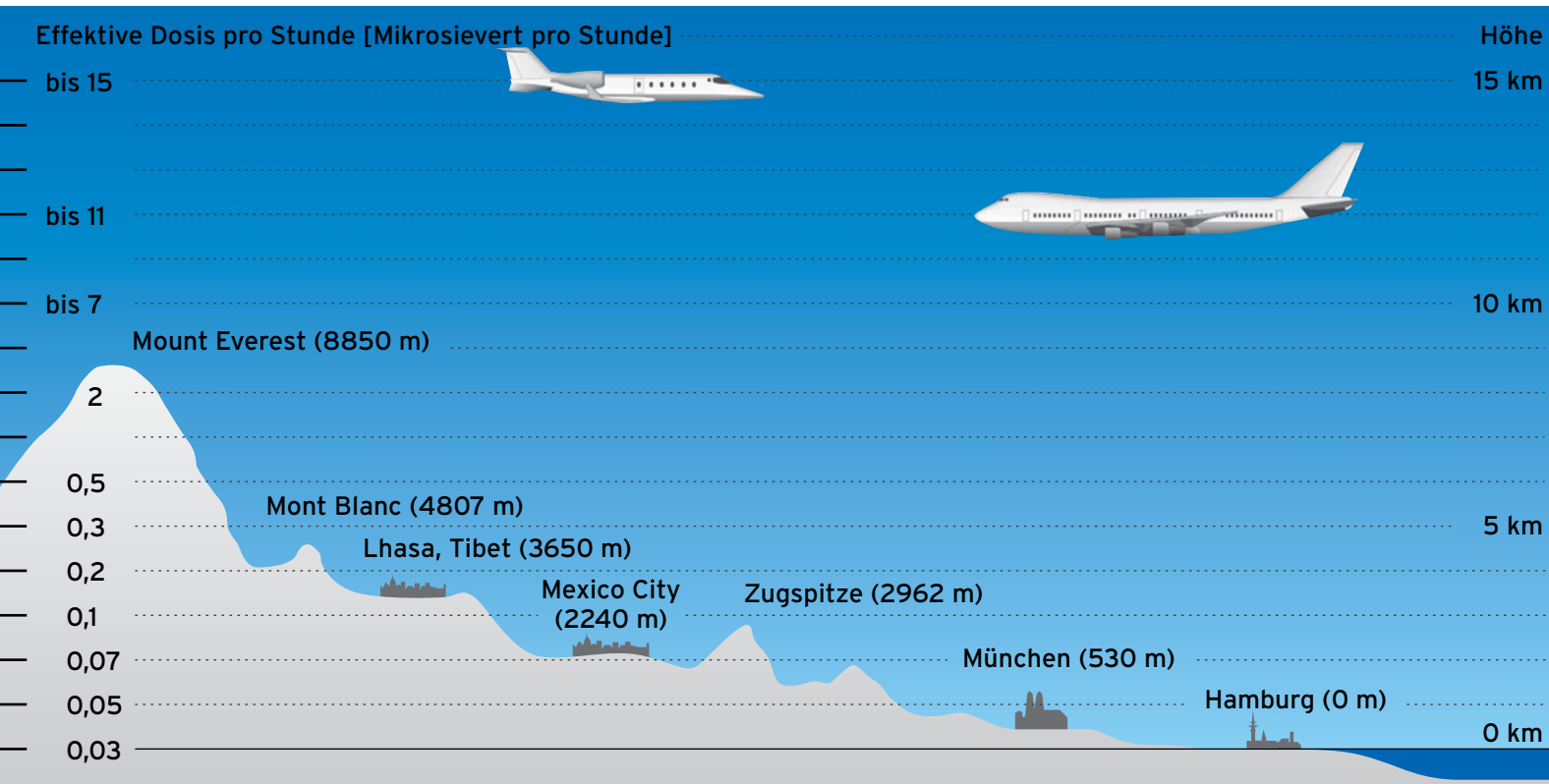




Bundesamt für Strahlenschutz

STRAHLENTHEMEN



Höhenstrahlung und Fliegen

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

Die Erde ist ständig einem Strom von hochenergetischen Teilchen ausgesetzt, die aus den Tiefen des Kosmos sowie von der Sonne kommen und in die Erdatmosphäre eindringen. Dabei reagieren sie mit den Bestandteilen

der Lufthülle und bilden neue Teilchen. Die Gesamtheit dieser Teilchen bildet die so genannte Höhenstrahlung. Auf ihrem Weg zur Erdoberfläche wird die Höhenstrahlung mit zunehmender Dichte der Atmosphäre schwächer (s. Titelbild).

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 1.600 km abseits der geografischen Pole befinden, ist die Schutzwirkung

Titelbild: Kosmische Strahlung in unterschiedlichen Höhen

dagegen am schwächsten. Infolgedessen ist die Höhenstrahlung in den nördlichen und südlichen Regionen der Erde deutlich stärker als am Äquator (s. Abbildung unten).

Ein zusätzlicher Schutz kommt von der Aktivität der Sonne. Der so genannte „Sonnenwind“ ist ein von der Sonne ausgehender Strom aus geladenen Teilchen, von denen ein kleiner Teil auch in die Erdatmosphäre eindringt. Vor allem aber lenkt der Sonnenwind einen Teil der kosmischen Strahlung von unserem Sonnensystem ab. Diese Sonnenaktivität ändert sich nahezu regelmäßig in einem Zyklus von elf Jahren. In Zeiten hoher Sonnenaktivität kann man vermehrt Sonnenflecken beobachten. Diese werden aufgezeichnet und gehen in den so genannten Relativen Sonnenflecken-Index (RSI) ein. Je größer die Sonnenaktivität und damit der Wert des RSI ist, desto geringer ist die Höhenstrahlung und umgekehrt. Das letzte Minimum der Sonnenaktivität war im Jahr 2009, das nächste Maximum wird im Jahr 2013/2014 erwartet (s. Abbildung nächste Seite oben).

Strahlenbelastung beim Fliegen

Das Ausmaß der Strahlenbelastung beim Fliegen hängt somit vor allem von der Flughöhe, der Flugdauer, der geografischen Lage der Flugroute und der Sonnenaktivität ab. Ein Maß für die Strahlenbelastung des Menschen ist die effektive Dosis. In einer Höhe von 11 km und nördlich des 60-ten Breitengrades (Helsinki – Oslo – Südspitze Grönland) entsteht durch die Höhenstrahlung eine Dosisleistung von 8 bis 9 Mikrosievert pro Stunde ($\mu\text{Sv/h}$). Im Bereich des Äquators beträgt sie nur ein Drittel davon. Demzufolge führt die Strahlenexposition durch die Höhenstrahlung bei einem Flug von Frankfurt

nach New York (9 Stunden Flugdauer, davon 8 Stunden in Reiseflughöhe) zu einer effektiven Dosis von ca. $64 \mu\text{Sv}$ ($8 \text{ Stunden} \times 8 \mu\text{Sv/h}$). Dieser Wert galt gegen Ende des Jahres 2012. Infolge der zurzeit zunehmenden Sonnenaktivität wird die Höhenstrahlung in den nächsten Jahren um ca. 25 Prozent zurückgehen. In der folgenden Tabelle sind effektive Dosen, die durch Höhenstrahlung auf häufig geflogenen Strecken typischerweise entstehen, zusammengestellt.

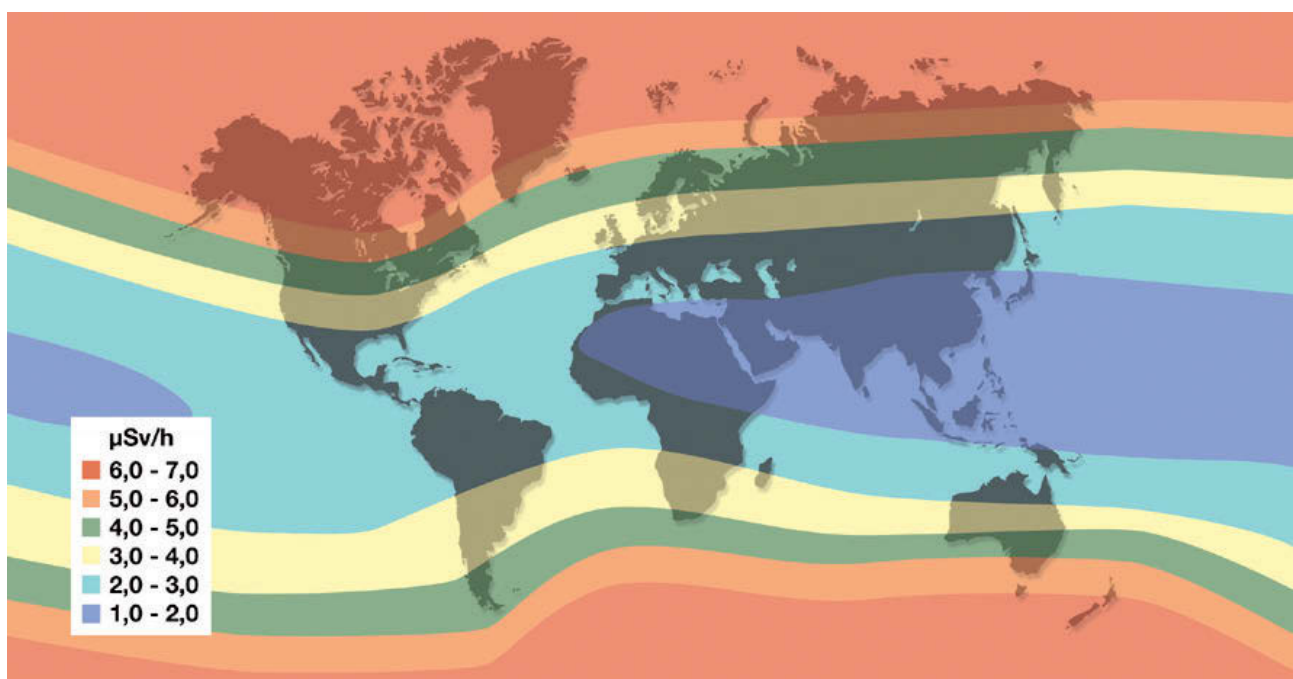
Abflug	Ankunft	Dosisbereich* [μSv]
Frankfurt	Gran Canaria	10 - 18
Frankfurt	Johannesburg	18 - 30
Frankfurt	New York	32 - 75
Frankfurt	Rio de Janeiro	17 - 28
Frankfurt	Santo Domingo (DomRep)	30 - 65
Frankfurt	Rom	3 - 6
Frankfurt	San Francisco	45 - 110
Frankfurt	Singapur	28 - 50
Frankfurt	Tokyo	45 - 110

* Die Schwankungsbreite geht hauptsächlich auf die Einflüsse von Sonnenzyklus und Flughöhe zurück.

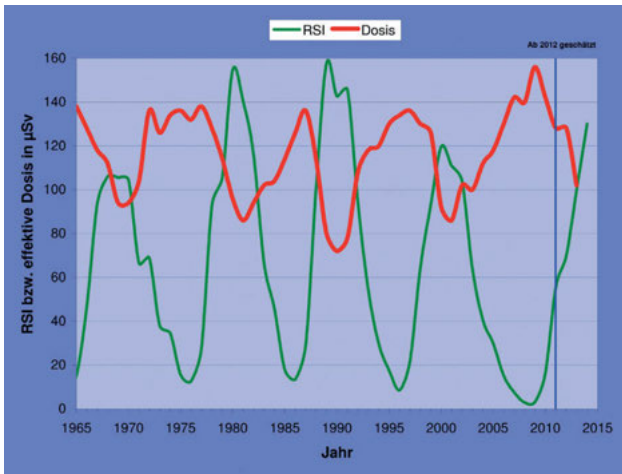
Effektive Dosis durch Höhenstrahlung auf ausgewählten Flugrouten

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



Zonen mit unterschiedlicher Höhenstrahlung [11 km Höhe, Ende 2013, Mikrosievert pro Stunde]



Schwankung des Relativen Sonnenflecken-Index (RSI) und der effektiven Dosis durch Höhenstrahlung bei einem Hin- und Rückflug Frankfurt - New York (ab 2012 geschätzt)

der flugbestimmenden Daten (z. B. Start- und Zielflughafen, Flugdauer und -höhe, Datum) die gesamte effektive Dosis ermitteln, die bei einem Flug entsteht.

Strahlenbelastung durch natürliche Quellen 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 Beitrag zur natürlichen Strahlenbelastung in Deutschland liefert mit durchschnittlich 1.100 μSv pro Jahr das Radon, ein radioaktives Edelgas, das z. B. von granithaltigem Gestein abgegeben wird, und das über die Atemluft aufgenommen wird. Zusätzlich wirkt von außen die terrestrische Strahlung – das ist die Strahlung der natürlichen radioaktiven Stoffe im Bodengestein der Erdkruste – auf uns ein. Sie beträgt im Mittel jährlich 400 μSv . Auch der menschliche Körper enthält natürliche radioaktive Stoffe. Hier ist es vor allem das Kalium-40 in den Muskelzellen, das mit ca. 300 μSv zur jährlichen Strahlenexposition aus natürlichen Quellen beiträgt.

In Deutschland beträgt die mittlere effektive Dosis aus natürlichen Strahlenquellen demnach etwa 2.100 μSv pro Jahr. Je nach Aufenthaltsort schwankt der tatsächliche Wert zwischen 1.000 und 6.000 μSv pro Jahr.

Im Vergleich dazu bewirkt eine Flugreise von Frankfurt nach New York und zurück eine zusätzliche Strahlenexposition von ca. 120 μSv . Die durchschnittliche natürliche Strahlenexposition eines Jahres erhöht sich also allein durch eine Flugreise um ca. fünf Prozent.

Höhenstrahlung und Gesundheit

Grundsätzlich kann die Höhenstrahlung als ionisierende Strahlung die Körperzellen schädigen und z. B. Krebserkrankungen auslösen. Die Wahrscheinlichkeit für einen gesundheitlichen Schaden ist aufgrund der

vergleichsweise niedrigen Dosis zwar sehr gering, das Risiko steigt aber mit der Höhe der erhaltenen Strahlendosis an. Für Menschen, die wenig fliegen, ist die zusätzliche Exposition durch kosmische Strahlung von untergeordneter Bedeutung. Jedoch ist jede zusätzliche Belastung mit einem zusätzlichen Risiko verbunden. Dies ist besonders bei Schwangeren und Kleinkindern zu berücksichtigen (s. a. BfS-Faltblatt „Strahlenthemen: Schwangerschaft und Strahlenschutz“). Wenn ein Flug zu privaten oder auch geschäftlichen Zwecken geplant wird, dann liegt es meist im persönlichen Ermessen des Einzelnen abzuwägen, ob der Flug für gerechtfertigt gehalten wird und wie die Risiken eines solchen Fluges und die Risiken beim Benutzen alternativer Verkehrsmittel zu Wasser oder zu Lande gegeneinander abgewogen werden. Das fliegende Personal der Verkehrsfluggesellschaften hat diese Entscheidungsfreiheit nicht. Für diese Personen werden daher Vorkehrungen des Arbeitsschutzes getroffen.

Piloten, flugbegleitendes Personal oder berufliche „Vielflieger“ können – insbesondere, wenn sie häufig Langstrecken, vor allem auf den nördlichen Polrouten fliegen – Strahlendosen erhalten, die durchaus vergleichbar sind mit Dosiswerten in Berufsgruppen, die ionisierende Strahlung einsetzen oder die mit radioaktiven Quellen umgehen. In einzelnen Studien gibt es Hinweise darauf, dass fliegendes Personal einem leicht erhöhten Gesundheitsrisiko ausgesetzt ist. Von einem wissenschaftlich gesicherten, ursächlichen Zusammenhang zwischen der Höhenstrahlung und z. B. der Häufigkeit von Krebserkrankungen kann man nach gegenwärtigem Kenntnisstand aber nicht sprechen. Gleichwohl ist es sinnvoll, die Höhe eines möglichen gesundheitlichen Risikos durch Höhenstrahlung abzuschätzen und ggf. zu begrenzen.

Strahlenschutz des fliegenden Personals

Früher erstreckte sich der Strahlenschutz für Arbeitskräfte nur auf Tätigkeiten, bei denen man die Strahlungseigenschaften radioaktiver Stoffe absichtlich anwendet



Die Strahlenbelastung des fliegenden Personals wird in Deutschland seit August 2003 überwacht

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 jährlichen Strahlenbelastung führen kann. Es ist jedoch im Prinzip gleichgültig, ob eine erhaltene Strahlendosis aus einer zivilisatorischen oder aus einer natürlichen Strahlenquelle stammt, denn die Wirkung auf den Körper ist die Gleiche. Die Europäische Kommission 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 2001 mit der Novelle der Strahlenschutzverordnung in nationales Recht umgesetzt. Dies bedeutet, dass die

Strahlenbelastung des fliegenden Personals zu ermitteln, zu begrenzen und unter Berücksichtigung des Einzelfalls zu reduzieren ist. Überwachungspflichtig ist Luftfahrtpersonal dann, wenn es in einem Beschäftigungsverhältnis gemäß deutschem Arbeitsrecht steht und während der Flüge durch Höhenstrahlung eine effektive Dosis von mehr als 1.000 μSv im Kalenderjahr erhalten kann. Die Betreiber von Flugzeugen sind verpflichtet, seit 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 Luftfahrt-Bundesamt (LBA) an das Strahlenschutzregister im Bundesamt für Strahlenschutz übermittelt. Weitere Informationen finden Sie auf den Internetseiten des BfS unter http://www.bfs.de/de/ion/beruf_schutz/flug_personal.html.

Impressum

Bundesamt für Strahlenschutz
Öffentlichkeitsarbeit
Postfach 10 01 49
38201 Salzgitter
Telefon: +49 (0) 30 18333 - 0
Telefax: +49 (0) 30 18333 - 1885
Internet: www.bfs.de
E-Mail: ePost@bfs.de

Bildrechte: BfS
Druck: Bonifatius GmbH
Stand: Februar 2013

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.

ClimatePartner^o
klimaneutral

Druck | ID: 53323-1302-1005



Bundesamt für Strahlenschutz