

04. 03. 92

Sachgebiet 2129

**Antwort
der Bundesregierung**

auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Edelgard Bulmahn, Josef Vosen, Lothar Fischer (Homburg), Dr. Ulrich Böhme (Unna), Holger Bartsch, Ursula Burchardt, Wolf-Michael Catenhusen, Ilse Janz, Walter Kolbow, Horst Kubatschka, Siegmar Mosdorf, Dr. Helga Otto, Ursula Schmidt (Aachen), Bodo Seidenthal, Dr. Klaus Kübler, Dr. Peter Struck, Hans-Ulrich Klose und der Fraktion der SPD

— Drucksache 12/1730 —

Forschungsvorhaben zur Umweltverträglichkeit des Luftverkehrs

I. Technikfolgenabschätzungsprojekte

1. Welche Technikfolgenabschätzungen hat die Bundesregierung in Auftrag gegeben, um die Umweltverträglichkeit des Luftverkehrs zu ermitteln?
Wie hoch waren die jeweiligen Mittel, die die Bundesregierung für diese Vorhaben bereitgestellt hat?
Wer waren die Auftragnehmerinnen und Auftragnehmer?
2. Was waren die wesentlichen Ergebnisse dieser Studien?
3. Welche Schlüssefolgerungen hat die Bundesregierung aus diesen Studien im Hinblick auf forschungs-, verkehrs- und ordnungspolitische Maßnahmen getroffen?
4. Welche internationalen Forschungsvorhaben sind der Bundesregierung in diesem Zusammenhang bekannt?

Nationale wie internationale Technikfolgenabschätzungen zur Umweltverträglichkeit des Luftverkehrs liegen bislang nicht vor. Jedoch wurden in zahlreichen Einzelstudien Teilauspekte der Umweltbelastung im Hinblick auf die Emissions-/Immissionswerte sowohl bei Lärm wie bei den Abgasen untersucht. Das von der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) konzipierte nationale Verbundprogramm „Schadstoffe in der Luft-

fahrt" wird weitere Erkenntnisse bringen (vergleiche auch Antwort der Bundesregierung zur Kleinen Anfrage „Emissionsminderung beim Flugverkehr“, Drucksache 12/1877). Im übrigen wird auf die Antworten zu den Fragen 18 und 22 verwiesen.

II. Emissionen des Luftverkehrs

5. Wie hoch ist der jeweilige gegenwärtige Brennstoffverbrauch des globalen zivilen und militärischen Luftverkehrs?
Wie entwickelt sich dieser Brennstoffverbrauch nach Schätzung der Bundesregierung jeweils bis zum Jahr 2005 und zum Jahr 2025?

Der weltweite Brennstoffverbrauch an Kerosin in der Luftfahrt betrug im Jahr 1990 etwa 176 Mio. Tonnen. Davon wurden nach grober Abschätzung etwa 70 Prozent im Zivilluftverkehr verbraucht. Eine vorliegende Schätzung (Kavanaugh, 1988) prognostiziert eine Steigerung des Brennstoffverbrauchs um den Faktor 1,4 bis 1,6 bis zum Jahr 2005. Für eine Prognose für das Jahr 2025 auf der Basis heutiger Annahmen verkehrlicher Rahmenbedingungen sind die Unsicherheiten bezüglich einer Wertung wegen des möglichen technischen Fortschritts (Einführung neuer Technologien), der Flottenzusammensetzung, der Verkehrsverlagerung und der Einbeziehung preis- und ordnungspolitischer Maßnahmen zu groß.

6. Welche durchschnittlichen Schadstoffmengen entstehen bei der Verbrennung von einem Kilogramm Kerosin?

Bei der Verbrennung von 1 kg Kerosin (C_n, H_m, S , das sich gewichtsmäßig aus ca. 85,5 Prozent Kohlenstoff (C), 14,5 Prozent Wasserstoff (H) und 0,05 Prozent Schwefel (S) zusammensetzt), entstehen mit 3,4 kg Luftsauerstoff folgende Hauptreaktionsprodukte:

3,15 kg	Kohlendioxid (CO_2)
1,24 kg	Wasserdampf (H_2O)

Die übrigen Reaktionsprodukte beziehungsweise Schadstoffe verteilen sich unter Reiseflugbedingungen etwa wie folgt:

6 bis 16 g	Stickoxide (NO_x) [vorwiegend Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2)]
1,0 g	Schwefeldioxid (SO_2)
0,7 bis 2,5 g	Kohlenmonoxid (CO)
0,1 bis 0,7 g	unverbrannte Kohlenwasserstoffe (UHC)
0,01 bis 0,03 g	Ruß (C)

Stickoxide, Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid und Ruß variieren mit der Verbrennungsführung, Flugmachzahl, Beladung und dem Lastzustand des Triebwerkes.

7. Wie hoch sind die derzeitigen absoluten Schadstoffmengen des zivilen und militärischen Luftverkehrs insgesamt, und wie verteilen sich diese Schadstoffmengen auf die einzelnen Flughöhen?

Für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer) wurden diese sehr aufwendig zu ermittelnden Daten differenziert nach militärischem und zivilem Luftverkehr 1988 in einem Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes zusammengestellt. Die höhenabhängigen Emissionen der Schadstoffe Kohlenmonoxid (CO), unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC), Stickoxide (NO_x) und Schwefeldioxid (SO_2) des zivilen Flugverkehrs stellen sich wie folgt dar:

	CO	HC	NO_x	SO_2
bis 10 000 ft	54 %	76 %	39 %	37 %
10 000 ft bis				
30 000 ft	29 %	14 %	30 %	30 %
über 30 000 ft	17 %	10 %	31 %	33 %

Zu beachten ist, daß der Anteil des militärischen Flugverkehrs an den Gesamtemissionen in Höhen über 3 000 m nur 6 Prozent beträgt, der zivile Verkehr dort also dominiert. Weltweit liegen keine aktuellen, getrennt erhobenen Daten vor. Schätzungen gehen davon aus, daß etwa 50 Prozent des Treibstoffes oberhalb einer Flughöhe von 8 000 m verbrannt wird.

8. Wie hoch ist der Anteil des zivilen Luftverkehrs, der an oder oberhalb der Tropopause stattfindet, und auf welchen Flugrouten ist dies vorzugsweise der Fall?

Globaldaten sind der Bundesregierung hier nicht bekannt. Dies hängt in starkem Maße damit zusammen, daß die Tropopause keine statische Grenzlinie darstellt, sondern von 16 000 m Höhe im äquatorialen Bereich zu den Polen hin auf 8 000 m abnimmt, überlagert durch starke jahreszeitlich bedingte Schwankungsänder. Die Deutsche Lufthansa AG verbrennt nach eigenen Berechnungen auf Langstreckenflügen auf der Nordatlantikroute 17 bis 20 Prozent des Treibstoffes in und oberhalb der Tropopause.

9. Wie hoch sind jeweils die natürliche Konzentration der durch den Luftverkehr emittierten Schadstoffe und die durch den Luftverkehr verursachte Konzentration dieser Schadstoffe in dieser Zone?

Wie dürfte sich nach Schätzung der Bundesregierung der Anteil der durch den Luftverkehr verursachten Schadstoffe in dieser Zone jeweils bis zum Jahr 2005 und zum Jahr 2025 entwickeln?

In der oberen Troposphäre gehen die Modellannahmen von folgenden, derzeit gültigen natürlichen Hintergrund-Konzentrationen aus:

CO ₂	350 +/- 15 ppmv,
H ₂ O	20 bis 400 ppmv,
NO _x	10 bis 50 pptv,
CO	40 bis 100 ppbv,
SO ₂	30 bis 150 pptv.

Zu den Auswirkungen des Luftverkehrs bis zum Jahr 2005 und 2025 sind derzeit keine Daten verfügbar; es muß auf Ergebnisse noch laufender Forschung verwiesen werden.

10. Wie hoch schätzt die Bundesregierung den jeweils durch den Luftverkehr verursachten Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit in dieser Zone zum gegenwärtigen Zeitpunkt, bis zum Jahr 2005 und zum Jahr 2025?

Auf die Antwort zu Frage 9 wird verwiesen.

11. Wie hoch ist jeweils die mittlere Verweildauer der durch den Luftverkehr emittierten Schadstoffe in den einzelnen Flughöhen?
Wie ist das ökologische Gefährdungspotential der längeren Verweildauer der Schadstoffe oberhalb der Tropopause einzuschätzen?

Die Verweilzeiten im Bereich der Tropopause und darüber (bis 14 km) werden in mittleren geographischen Breiten für einzelne Schadstoffe wie folgt abgeschätzt:

CO ₂	mehr als 10 Jahre,
H ₂ O/NO _x	Wochen bis Monate,
CO/SO ₂	mehrere Monate.

Eine genauere Differenzierung der Verweilzeiten als Funktion der Höhe und die Bestimmung möglicher ökologischer Gefährdungspotentiale ist Gegenstand laufender Forschungsaktivitäten.

III. Ökologische Folgen des Luftverkehrs

12. Wie schätzt die Bundesregierung das ökologische Gefährdungspotential des zivilen und des militärischen Luftverkehrs im Flughafennahmbereich ein?

In einem Forschungsprojekt wurden die Auswirkungen der militärischen Flugzeugemissionen auf die Vegetation an den Fluplätzen Büchel und Pferdsfeld mit Ausbreitungsmodellen und bezüglich möglicher biologischer Wirkungen in hoch belasteten Zonen mit Flechten und Bioindikatoren untersucht. In beiden Untersuchungsgebieten wurden keine signifikanten Veränderungen der Vegetation festgestellt. Für den Bereich ziviler Verkehrsflughäfen liegen Messungen der Schadstoffkonzentrationen vor. Die dort gemessenen Werte sind deutlich niedriger als Vergleichsmessungen in Innenstadtbereichen. Auf die Antwort der Bundesregierung zur Kleinen Anfrage „Kerosinbelastungen im Umfeld von zivilen und militärischen Flughäfen“, Drucksache 12/933, wird insoweit Bezug genommen.

13. In welcher Weise verändern die durch den Luftverkehr emittierten Stickoxide die Luftchemie, und wie werden hierdurch die Ozonschicht, die Ozonverteilung, die UV-Strahlung und die Temperaturverteilung der Atmosphäre beeinflußt?

Die emittierten Stickoxide bewirken in der Troposphäre eine photochemische Bildung des Ozons, in der Stratosphäre – jedoch weit über der Flugfläche des zivilen Flugverkehrs – einen katalysierten Ozonabbau. Durch die erhöhte Ozonkonzentration in der Troposphäre wird die UV-Strahlung am Boden reduziert. Die Temperatur in Bodennähe wird nach vorliegenden Rechnungen um ca. 0,02 K erhöht.

14. Wie schätzt die Bundesregierung die Treibhauswirkung des durch den Luftverkehr emittierten Wasserdampfes ein, und inwieweit wird hierdurch der Strahlungshaushalt der Atmosphäre beeinflußt?

Wasserdampfemissionen können durch einen Beitrag zu einer schwachen Erwärmung den Treibhauseffekt beeinflussen. Dabei reagiert der Strahlungshaushalt am empfindlichsten auf einen zusätzlichen Wasserdampfeintrag in den Bereich der Tropopause, wenn sich dünne, hohe Eiswolken bilden. Auf vertiefende Antworten bezüglich der Wirkmechanismen wird auf Ergebnisse laufender, noch nicht abgeschlossener Forschung verwiesen.

15. Welche Rolle spielen die durch den Luftverkehr emittierten Aerosole in der Atmosphäre?

Aerosole sind im Zusammenhang mit den Ruß- und Schwefeldioxidemissionen zu betrachten. Die Emission der Rußpartikel ist bei modernen Strahlantrieben äußerst gering, verglichen mit anderen Emittentengruppen. Der Ausstoß von Schwefeldioxid ist eine Funktion der verbrannten Treibstoffmenge und der Treibstoffqualität. Heutige Treibstoffqualitäten unterschreiten mit handelsüblichen Werten von 0,05 Prozent die zulässigen Normwerte von 0,3 Gewichtsprozent erheblich. Erste Diskussionen zeigen, daß die emittierten Schwefeldioxidmengen für den Bereich der unteren Stratosphäre möglicherweise nicht vernachlässigbar sind. Die entstehenden Aerosole können den Strahlungshaushalt, die Luftchemie und die Wolkenbildung beeinflussen. Zur Quantifizierung der Einflußnahme ist auf Forschungsbedarf zu verweisen.

16. Welche Flughöhen weisen nach Kenntnissen der Bundesregierung ein besonderes ökologisches Gefährdungspotential auf?

Der Höhenbereich des größten Gefährdungspotentials läßt sich mit dem jetzigen Wissensstand nicht quantifizieren. Hohe Sensibilität bezüglich möglicher Folgewirkungen hat jedoch der Bereich der Tropopause.

17. Wie schätzt die Bundesregierung die Umweltverträglichkeit wasserstoffgetriebener Flugzeuge ein?

Die Rolle des Wasserstoffs als Brennstoff kann heute noch nicht eindeutig bewertet werden. Bei gleicher Leistung wird von dem Wasserstoffantrieb die zweieinhalfache Wassermenge emittiert. Die Freisetzung einer solchen Menge ist nur in der unteren Troposphäre problemlos. Darüber hinaus emittiert der Wasserstoffantrieb bei konventioneller Verbrennungstechnik aufgrund der höheren Flammtemperaturen etwa 50 Prozent mehr Stickoxide als Kerosin. Zugunsten des Wasserstoffes spricht, daß bei der Verbrennung kein CO₂ mit seinen negativen Wirkungen hinsichtlich des Treibhauseffektes entsteht.

IV. Forschungsbedarf

18. Wo sieht die Bundesregierung forschungspolitische Defizite und entsprechenden Handlungsbedarf zur Erhöhung der Umweltverträglichkeit des Luftverkehrs?

Es besteht forschungspolitischer Handlungsbedarf, der durch das DLR-Programm und durch EG-Projekte im Rahmen des „Environment Research Programme“ 1991 bis 1994 zum Teil abgedeckt wird. Darüber hinaus sind spezielle Untersuchungen zu den Auswirkungen des Luftverkehrs im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vorgesehen.

Die Notwendigkeit vertiefter Forschung ist auch im Rahmen der Arbeit der Enquête-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ in folgenden Themenbereichen erkannt worden:

- die genaue Zusammensetzung und Verteilung der Emissionen,
- die Ausbreitung und Umwandlung der Schadstoffe und ihre Wirkung auf die Ozonkonzentration,
- die Verteilung des Wasserdampfes, die dadurch entstehenden zusätzlichen Wolken und die klimatischen Wirkungen.

19. Mit welchen technologischen Maßnahmen lassen sich nach Auffassung der Bundesregierung die Schadstoffemissionen des Luftverkehrs nachhaltig senken?

Inwieweit sind zur Anwendung dieser Technologien noch FuE-Arbeiten notwendig?

Aus technologischer Sicht stehen als aktuelle Ziele die Brennstoffeinsparung sowie die Senkung der Stickoxide im Vordergrund. Verbrauchsminderungen lassen sich durch:

- Widerstands- und Gewichtsminderung bei den Flugzeugen,
 - neue Antriebskonzepte und
 - Optimierung des Kreisprozesses bei Triebwerken
- erreichen. Eine Senkung der Stickoxide erfordert im wesentlichen neue, gestufte Brennkammerkonzepte mit Fett-, Magerstufung

unter Einbeziehung der Vormischung und Vorverdampfung. Erhebliche Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen sind notwendig, diese bisher erst als technische Konzepte vorhandenen Systeme einsatzreif zu machen.

20. Wie wertet die Bundesregierung das von der DLR vorgelegte Forschungs- und Technologieprogramm „Schadstoffe in der Luftfahrt“?

Wo sieht sie ggf. Defizite dieses Programms?

Auf die Antwort der Bundesregierung in Drucksache 12/1877 wird Bezug genommen.

Das Programm zielt auf die Beantwortung von Fragen ab, die derzeit an die Luftfahrt bezüglich ihres Anteils an der globalen Beeinflussung des Klimas gestellt werden (Atmosphärenteil). Gleichzeitig werden Strategien aufgezeigt und entwickelt, klimarelevante Schadstoffe am Entstehungsort, nämlich der Brennkammer zu minimieren (Technologieteil). Das Programm bietet damit eine wertvolle Ergänzung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes. Von den Ergebnissen dieses Programms sind sowohl eine Unterstützung der Arbeit der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ als auch ein wesentlicher Anstoß für neue Technologieentwicklungen zu erwarten.

21. Inwieweit ist die Bundesregierung bereit, das von der DLR vorgelegte Programm zu fördern?

Welche Mittel hat sie hierfür im Rahmen der mittelfristigen Finanzplanung vorgesehen?

Welche Teile des Programms sollen ggf. nicht gefördert werden?

Wie begründet sich der Ausschluß dieser Programmteile?

Zur Zeit wird versucht, das Programm auf eine internationale Ebene zu heben und damit die Gesamtfinanzierung international einzubinden. Teile des Programms werden bereits auf nationaler Basis begonnen. Die vorbereitenden Planungen für das Teilprogramm „Atmosphärenforschung“ sind nahezu abgeschlossen, wobei auch Beiträge aus dem Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Grundlagen der Auswirkungen der Luft- und Raumfahrt“ und aus dem Forschungs- und Entwicklungsprogramm der EG „Impact of NO_x Emissions from Aircraft upon the Atmosphere“ berücksichtigt werden. Es ist vorgesehen, Mitte dieses Jahres mit diesem Teilprogramm zu beginnen; die beteiligten Großforschungseinrichtungen und die Bundesregierung werden gemeinsam die Finanzierung übernehmen.

22. Welche anderen Forschungs- und Technologievorhaben wird die Bundesregierung ggf. in Angriff nehmen, um das ökologische Gefährdungspotential des Luftverkehrs drastisch zu senken?

Im Rahmen des BMFT-Förderprogramms Luftfahrtforschung sind für Grundlagenarbeiten zur technologischen Vorbereitung einer neuen Generation schadstoffärmer Flugtriebwerks-Brennkammern im Jahr 1991 Forschungsinstituten in den neuen Bundesländern fünf Vorhaben mit insgesamt rund 2,8 Mio. DM bewilligt worden.