

## Umweltprobleme durch den Betrieb von Flughäfen

Durch den Betrieb von Flughäfen entstehen für die Umwelt grundsätzlich vielerlei Belastungen. Neben der Belastung durch Schadstoffe ist hier v.a. die Lärmentstehung zu nennen. Relevante Quellen hierfür sind aber nicht nur die Flugzeuge, sondern in hohem Maße ebenso Energiegewinnungsanlagen, Fahrzeuge, die mit dem Flugbetrieb in Zusammenhang stehen, an- und abreisende Passagiere, Hilfsturbinen in den Flugzeugen (Auxiliary Power Units = APU) u.a.

Das Umweltbundesamt hat deswegen eine Studie beauftragt, in der mögliche Reduktionspotentiale ermittelt wurden.

Titel der Studie: Quantifizierung der Reduktionspotentiale von Luftschadstoffen an und im Bereich von Flugplätzen der Fa. Avioplan GmbH, jetzt: Rand Europe

### Folgende Probleme können beim Betrieb von Flughäfen auftreten:

#### Emissionen durch den Flugbetrieb

Hinsichtlich der Ermittlung der Schadstoffemissionen im Rahmen des Flugbetriebes werden die Triebwerks- und APU-Emissionen während des LTO (Landing- and Take-Off Cycle / Lande- und Start-Zyklus) sowie wegen von Wartezeiten in der Luft (Holding) und am Boden betrachtet.

**Tabelle 1:** Typische Emissionen aus Flugtriebwerken bezogen auf verschiedene Flugphasen in g pro kg verbrannten Kerosins

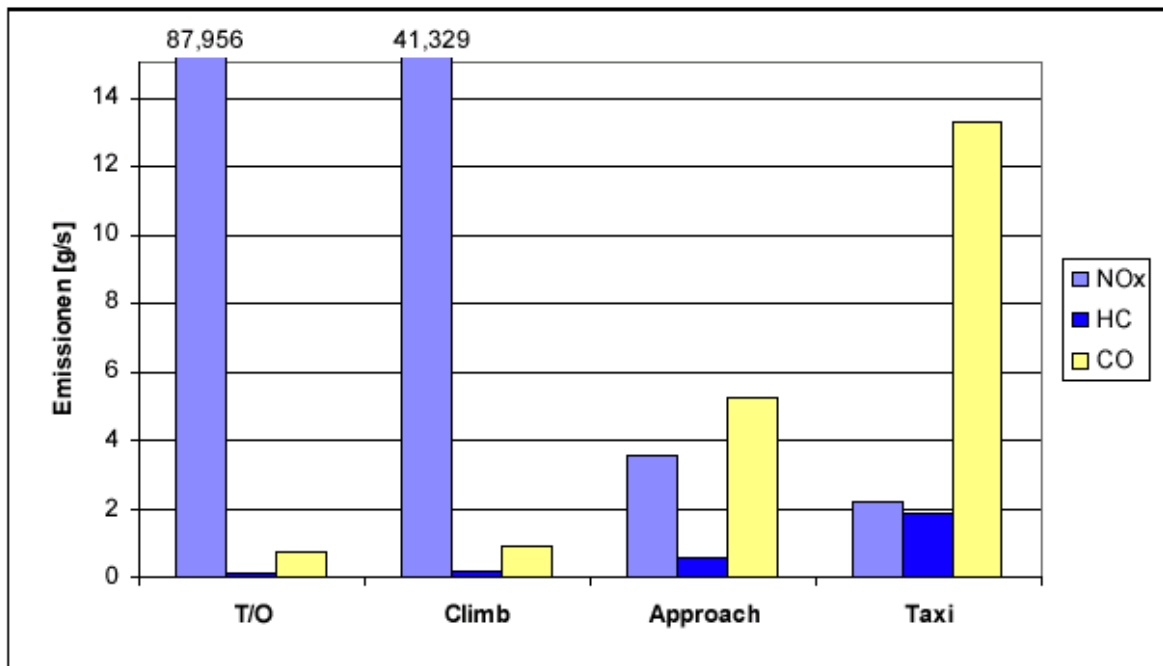
Emissionssprodukte	verbrauchsspezifische Emissionsindizes [g/kg]		
	Landung	Start	Reiseflug
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	3160	3160	3160
Wasserdampf (H <sub>2</sub> O)	1240	1240	1240
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	3 - 6	20 - 65	7,9 - 15,4
Kohlenmonoxid (CO)	10 - 65	< 1	1 - 3,5
Kohlenwasserstoffe (HC)	0 - 12	< 0,5	0,2 - 1,3
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	0,4 - 1,2	0,4 - 1,2	0,4 - 1,2
Partikel (Ruß)	0,01 - 0,5	0,01 - 0,5	0,01 - 0,5

[IPCC, 1999]

Der für dieses Forschungsvorhaben definierte LTO-Zyklus besteht aus den vier Phasen Anflug (inkl. Landung) auf den Flughafen (Approach), Rollen der Luftfahrzeuge von der Landebahn zur Abfertigungsposition (Taxi in), Rollen der Luftfahrzeuge von der Abfertigungsposition zur Startbahn (Taxi out) und Abflug vom Flughafen sowie Steigflug (Take Off und Climb).

In [Abbildung 1](#) sind die Triebwerksemissionen von NO<sub>x</sub>, HC und CO für den LTO-Zyklus in Gramm pro Sekunde in Abhängigkeit von der Flugphase für ein Flugzeug der Kategorie D beispielhaft dargestellt. Hierbei ist deutlich zu erkennen, dass vor allem in der Start- und Steigflugphase die Stickoxidemissionen freigesetzt werden, während beim Taxiing der Ausstoß von CO-Emissionen dominiert.

**Abbildung 1:** Emissionsmassenstrom in Abhängigkeit von der Flugphase



### Emissionen während der Luftfahrzeugabfertigung

Neben dem reinen Flugbetrieb verursacht die Abfertigung der Luftfahrzeuge am Flughafen weitere Schadstoffemissionen. Die Flugzeugabfertigung dient zur Ent- und Beladung, Betankung und Reinigung der Luftfahrzeuge sowie zur Versorgung mit Frischwasser und Verpflegung und zur Vorbereitung für den nächsten Flug. In Bezug auf die Ermittlung von Reduktionspotentialen für den Schadstoffausstoß während der Luftfahrzeugabfertigung sind dabei folgende Emissionsquellen zu berücksichtigen:

- Emissionen durch den Betrieb der APU während der Abfertigung,
- Emissionen aus Kraftfahrzeugen während der Abfertigung der Luftfahrzeuge,
- Emissionen während der Betankung der Flugzeuge,
- Emissionen durch die Enteisung von Flugzeugen.

### Emissionen aus stationären Quellen

Mit seiner Vielzahl an Gebäuden, Hallenkomplexen und Serviceeinrichtungen erzeugt ein Flughafen einen hohen Bedarf an Energie in Form von Elektrizität, Wärme und Kälte. So belief sich der gesamte Energieverbrauch des Flughafens Frankfurt 1997 auf rund 867 GWh für Strom, Gas, Fernwärme und Kälte, wovon rund 518 GWh auf die Stromversorgung entfiel. Der Flughafen München verzeichnete im Vergleich einen Gesamtenergieverbrauch von rund 332 GWh im Jahr 1996. Bezogen auf einen abzufertigenden Passagier ergibt sich somit in Anlehnung an diese zwei Beispielflughäfen ein durchschnittlicher Energieverbrauch eines Flughafens von ca. 20 - 22 kWh/PAX.

## Emissionen durch den landseitigen Verkehr

Der Betrieb eines Flugplatzes induziert landseitig zusätzlichen Kraftfahrzeugverkehr durch Passagiere und ihre Begleiter, Besucher, Beschäftigte, Lieferanten sowie den Lieferbetrieb für das Fracht- und Postaufkommen. Obwohl dieser Verkehr zum größten Teil außerhalb des Flughafengeländes innerhalb des öffentlichen Straßenverkehrsnetzes erfolgt, sind die hieraus entstehenden Schadstoffemissionen dem Flughafen zuzurechnen, da sie durch den Flughafen verursacht werden. Eine Voraussetzung zur Ermittlung der Emissionen durch den landseitigen Kraftfahrzeugverkehr ist die Bestimmung der Aufteilung des Verkehrsaufkommens auf die verschiedenen Verkehrsträger (Modal Split). Hierzu wird die Verteilung des personengebundenen Kraftfahrzeugverkehrs (Passagiere, Begleiter, Besucher und Beschäftigte) auf den Individualverkehr und den Öffentlichen Verkehr an verschiedenen internationalen Verkehrsflughäfen betrachtet. Aus der nachfolgenden [Tabelle 2](#) wird ersichtlich, dass die Zahl der öffentlichen Verkehrsmittel zur An-/Abreise zum/vom Flughafen nutzenden Passagiere und Beschäftigten an den verschiedenen Flughäfen deutlich schwankt. Gründe für sind unter anderem in der Anbindung der Flughäfen an das öffentliche Verkehrsnetz zu finden. So ist beispielsweise der verkehrsstärkste Flughafen im Berliner Flughafensystem, Berlin-Tegel, nicht an ein Schienennetz angebunden. Passagiere, die den Flughafen mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreichen möchten, sind hier auf Busse angewiesen, die wiederum im Gegensatz zu U- oder S-Bahnen, wegen von Verzögerungen durch Staus auf den Straßen eine geringere Attraktivität aufweisen.

**Tabelle 2:** Vergleich des Modal Split an verschiedenen internationalen Verkehrsflughäfen

Flughafen	Berlin-Tegel	Amsterdam	Frankfurt	München
	1995	1996	1997	1998
<b>Passagiere [Mio.]</b>	11,0	27,8	40,3	19,3
ÖPNV	19%	34%	24%	45%
Motorisierter Individualverkehr	81%	66%	76%	55%
<b>Beschäftigte [Tsd.]</b>	k.A.	43,4	57,5	17,3
ÖPNV	k.A.	19%	22%	19%
Motorisierter Individualverkehr	k.A.	81%	78%	81%

## Zusammenfassung der Maßnahmen:

Zielsetzung des Vorhabens war eine umfassende Untersuchung und Bewertung aller aus heutiger Sicht für eine wirkungsvolle Reduzierung der Schadstoffimmissionen im Flugplatznahbereich relevanten Maßnahmen. Unter dem Ansatz einer ganzheitlichen Betrachtung wurden emissionsreduzierende Maßnahmen in den durch den Flughafenbetrieb relevanten Bereichen Flugbetrieb, Luftfahrzeugabfertigung, stationäre Quellen und landseitiger Verkehr untersucht und ihre Potentiale zur Schadstoffminderung quantifiziert. Als emissionsmindernd konnten dabei folgende Maßnahmen herausgearbeitet werden:

- **Flugbetrieb:** Schadstoffoptimierte An- und Abflugverfahren, Vermeidung von Warteverfahren und -zeiten, Operationelles Schleppen, Minderung des Schwefelgehaltes in Kerosin;
- **Luftfahrzeugabfertigung:** Substitution des APU-Betriebes durch bodenseitige Energieversorgungssysteme, Alternative Antriebskonzepte für Vorfeldfahrzeuge bei der Flugzeugabfertigung, Reduzierung der Betankungsemissionen und Reduzierung der Emissionen durch Enteisung;
- **Stationäre Quellen:** ggf. Einsatz von BHKW, Verringerung der Emissionen aus Klimateanlagen;
- **Landseitiger Verkehr:** Nutzung des ÖPNV durch Job-Tickets, „Rail and Fly“, Car-Sharing, und teilweise Substitution des Luftverkehrs durch den Verkehrsträger Bahn.

Da nach bisherigem Stand der Erkenntnisse vor allem die Stickoxidbelastung an und in der näheren Umgebung von Flugplätzen für die Luftqualität von Bedeutung ist, wurden daher die zwei Maßnahmen mit dem deutlichsten Potential zur NO<sub>x</sub>-Reduktion ausgewählt und anhand eines Modellflughafens simuliert:

- Emissionsreduktion durch den Einsatz stationärer EVS (stationärer Energieversorgungseinrichtungen) anstelle von APU und GPU und
- Emissionsreduktion durch teilweise Substitution des Kurzstreckenluftverkehrs durch die Bahn und verstärkte Nutzung des ÖPNV für die Anreise zum Flughafen.

**(Anmerkung:** wichtig hierbei ist, dass die freiwerdenden Zeiträume für Starts und Landungen nicht für den Mittel- und Langstreckenflug verwendet werden, da dies dem Ziel einer Emissionsminderung zuwider läuft.)

Darüber hinaus erfolgte die Berücksichtigung der insgesamt am Modellflughafen möglichen Emissionsreduktion durch eine gleichzeitige Gesamtbetrachtung aller Maßnahmen.

Bei der Auswertung der Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen war besonders der Einfluss von emissionsmindernden Maßnahmen auf die Konzentrationen von NO, NO<sub>2</sub> und die Bildung von Ozon und anderer Photooxidantien von Bedeutung. Zusammenfassend ist festzustellen, dass bereits mit dem Einsatz heutiger Technologie bei betrieblichen Abläufen auf den Flughäfen sowie bei der landseitigen Anbindung der Flughäfen eine deutliche Reduzierung der durch den Flughafenbetrieb verursachten Emissionen möglich ist. So kann die Substitution des APU-Betriebes an Flughäfen durch den Einsatz stationärer Bodenstromversorgung auf allen Abfertigungspositionen sowie der stationären Klimatisierung an den Gates eine Reduzierung

der gesamten flughafeninduzierten NOx-Emissionen um 6% bis 7% bewirken. Ebenso positive Effekte zeigt erwartungsgemäß die teilweise Substitution des Kurzstreckenluftverkehrs durch die Bahn sowie eine verstärkte Nutzung des ÖPNV für die Anreise der Passagiere, Besucher und Mitarbeiter zum Flughafen.