

Luftschadstoffe durch Flugverkehr und Flughafenbetrieb

Konferenz des UBA zur Internalisierung der
externen flughafennahen Umweltkosten

Dessau, 14.05.2008

ANDRES RADIG

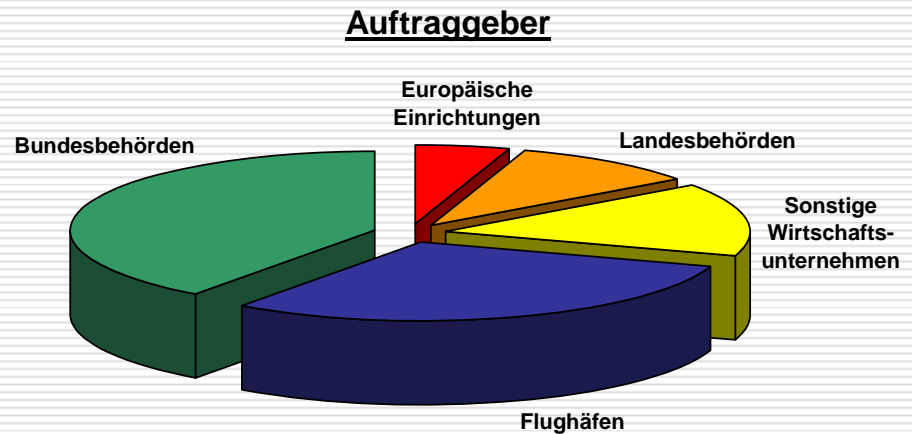


Inhalt

- Vorstellung Avistra
- Luftschadstoffe und ihre Wirkungen
- Schadstoff-Emissionsquellen im Flugverkehr und Flughafenbetrieb
- Zielwerte und Minderungspotentiale
- Fazit

Vorstellung Avistra

- Avistra ist eine Unternehmensberatung und Forschungseinrichtung mit Schwerpunkt Luftverkehr
Geschäftsführende Gesellschafter: Andreas Hotes und Andres Radig
- Seit 1991 ca. 120 Forschungs- und Beratungsprojekte insbesondere im Luftverkehrssektor
- Hintergrund der Mitarbeiter: größtenteils Ingenieure für Luft- und Raumfahrttechnik, Schwerpunkt Flugführung und Luftverkehr
- Enge Zusammenarbeit mit zahlreichen Partnern für verschiedene Schwerpunktthemen



Vorstellung Avistra

Leistungsspektrum

Umwelt & Luftverkehr

- Emissionsberechnungen
- Lärmberechnungen
- Forschung

Marktstudien

- Passagierbefragungen
- Marktanalysen

Safety & Security

- Sicherheitsaspekte auf Flughäfen
- Szenarioanalysen

Kapazität & Pünktlichkeit

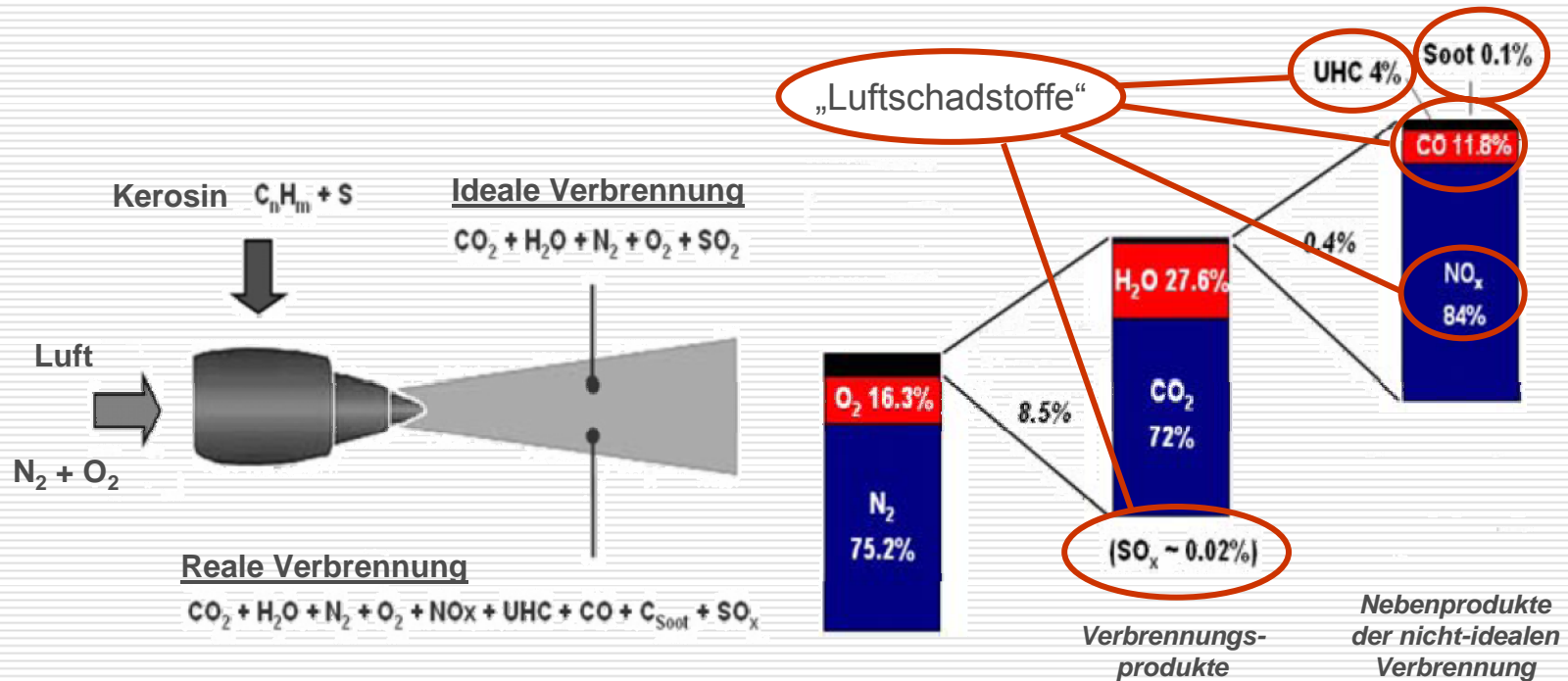
- Kapazitätsberechnungen
- Pünktlichkeitsanalysen
- Simulation

Verkehrsprognosen

- Kurzfrist- und Langfristprognosen
- Szenarioentwicklung

Schadstoffe und ihre Wirkungen

Verbrennungsprozess im Triebwerk



Referenz: Luft-Massenstrom

[IPCC 1999]

Schadstoffe und ihre Wirkungen

Mengen und Wirkungen aus der Verbrennung von 1 kg Kerosin:

3,15 kg Kohlendioxid	Toxisch neutral, Wetterbeeinflussung
1,24 kg Wasser(dampf)	Toxisch neutral, Eis- und Wolkenbildung (Zirren), Nebel
6-20 g Stickoxide	Erzeuger photochemischen Smogs, führt in Reiseflughöhe zum Aufbau von Ozon
0,7-2,5 g Kohlenmonoxid	Giftig, reduziert Sauerstoffkapazität im Blut
0,1-0,7 g UHC	Von toxisch neutral bis giftig, je nach Zusammensetzung
0,02 g Ruß	Sichtminderung, Träger von Giftstoffen, Kondensationskerne
Schwefeloxide	Vernachlässigbare Konzentration, „Saurer Regen“

Schadstoffe und ihre Wirkungen

Stickoxide (No_x)

- Hauptsächlich von Interesse ist NO₂ (Stickstoffdioxid)
- allgemeine Wirkungen
 - Tierexperimente: Wirkungen bei > 940 µg/m³
 - Kontrollierte Humanstudien: Wirkungen ab 190–375 µg/m³
 - Atemwegssymptome bei Kindern: Zunahme der Erkrankungen um 20% bei einem Anstieg von NO₂ um 30 µg/m³
- Beeinträchtigung der Atemwegsfunktion
 - Lungenödem
 - Chronische Gewebeschäden
 - Geruchsirritation ab ≈300 µg/m³
- Voraussetzung zur Ozonbildung (Sommersmog)
- Grenzwerte: 40 µg/m³ (Jahr), 200 µg/m³ (Stunde)

Schadstoffe und ihre Wirkungen

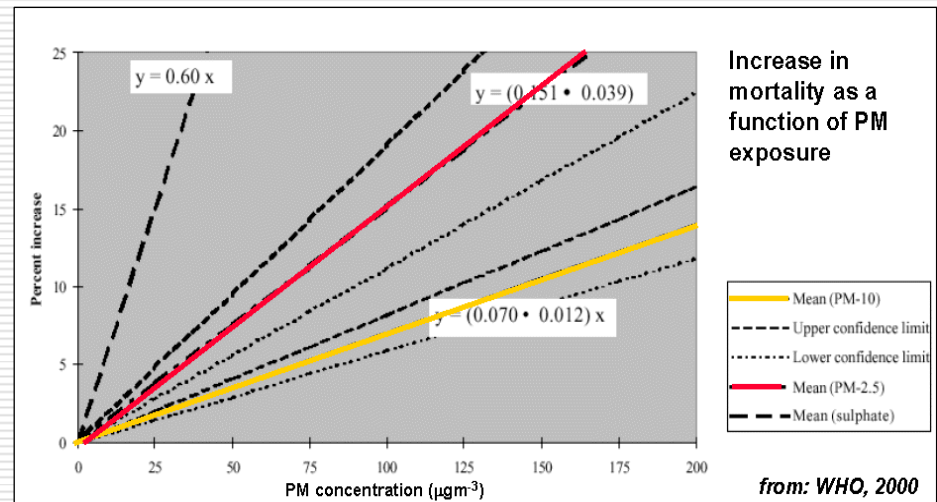
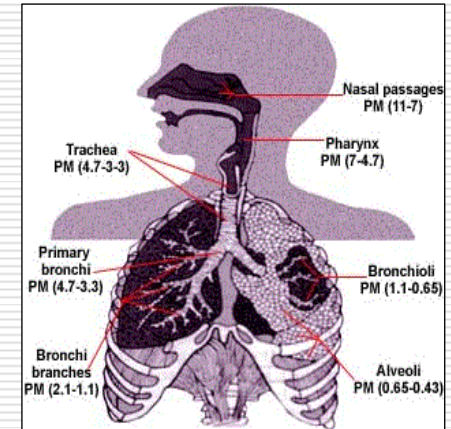
Kohlenmonoxid (CO)

- Schädigung durch Sauerstoffmangel
- Symptome:
 - Kopfschmerzen
 - Müdigkeit
 - Schwindel
 - Übelkeit
 - Erbrechen
- Bei stärkeren Vergiftungen sind Bewusstseinsstörungen und Krämpfe diagnostizierbar.
- Grenzwerte: 10 mg/m³ als maximaler 8-Stunden-Mittelwert

Schadstoffe und ihre Wirkungen

Partikel (PM₁₀)

- Partikel wirken sich nachteilig auf die Gesundheit aus (Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen, Mortalität)
- entscheidend neben der Masse ist auch die Größenverteilung (und damit Anzahl), da die kleineren Teilchen tiefer in den Körper eindringen
- Lebenserwartung pro 10 µg/m³ PM_{2,5} um ca. 0,7 Jahre vermindert
- Grenzwerte: 40 µg/m³ (Jahr), 50 µg/m³ (Tag)



Schadstoffe und ihre Wirkungen

Schwefel(di)oxid SO₂

- starkes Atemgift
- Symptome:
 - Husten und Atemnot
 - Entzündung der Atemwege und der Schleimhäute (Augen)
- weitere Wirkung:
 - Bronchitis und Tracheitis (Luftröhrenentzündung)
 - indirekt Mehrbelastung für Herz und Kreislauf
- Kombination von Schwefeldioxid mit Stäuben verstärkt die gesundheitlich negative Wirkung erheblich.
- Entstehung von „Saurem Regen“
- Grenzwerte: 125 µg/m³ (Tag), 350 µg/m³ (Stunde)

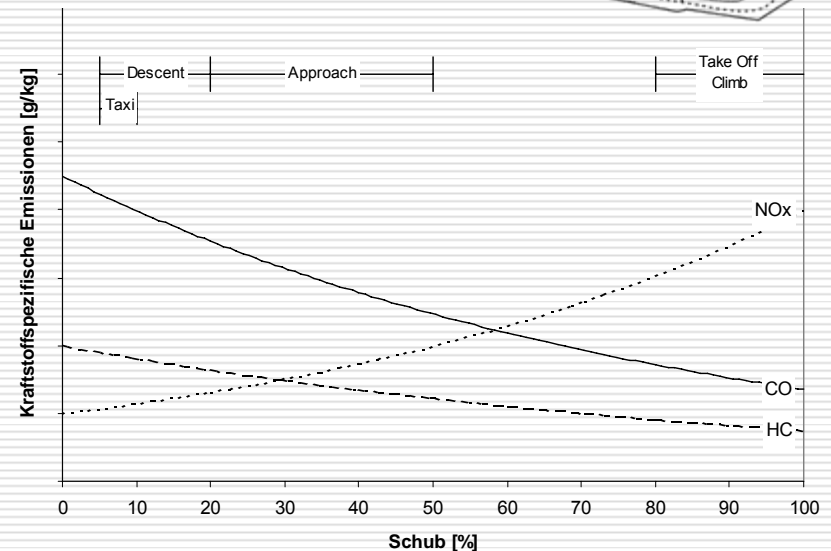
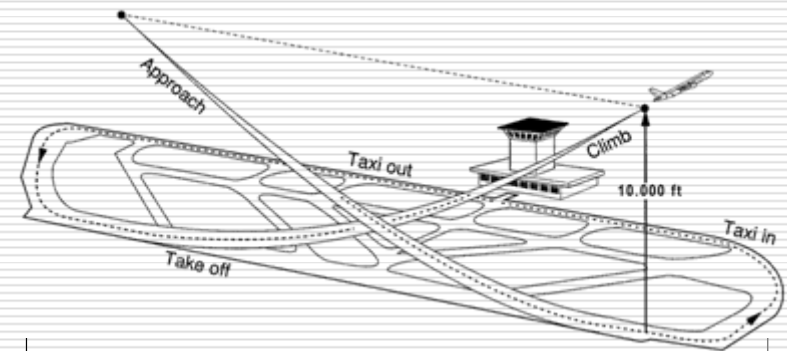
Schadstoff-Emissionsquellen

- Flugbetrieb
 - Triebwerks- und APU-Emissionen
 - Berücksichtigung von LTO-Zyklus sowie Wartezeiten am Boden und in der Luft
- Flugzeugabfertigung
 - 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
- Stationäre Quellen
 - Energieversorgung
 - Klimatisierung
- Landseitiger, flughafeninduzierter Verkehr

Schadstoff-Emissionsquellen: Flugbetrieb

Emissionen im LTO-Zyklus

- Spezifische Emissionen sind u.a. abhängig vom Schub
- Anteil NO_x nimmt mit dem Schub zu
- Anteile CO und HC nehmen hingegen ab
- modellgestützte Berechnungsverfahren ermöglichen eine Quantifizierung der Emissionen aus dem Flugbetrieb
- Grundlage: ICAO Emissionsdatenbank



Schadstoff-Emissionsquellen: Flugzeugabfertigung

APU-Betrieb

- genutzt zur Bereitstellung von elektrischer Energie und klimatisierter Luft am Boden sowie zum Anlassen der TW
- wegen hoher Drehzahlen sehr ineffizient (Wirkungsgrad 10 - 25%)
- Emissionen lassen sich anhand von Abschätzungen quantitativ darstellen

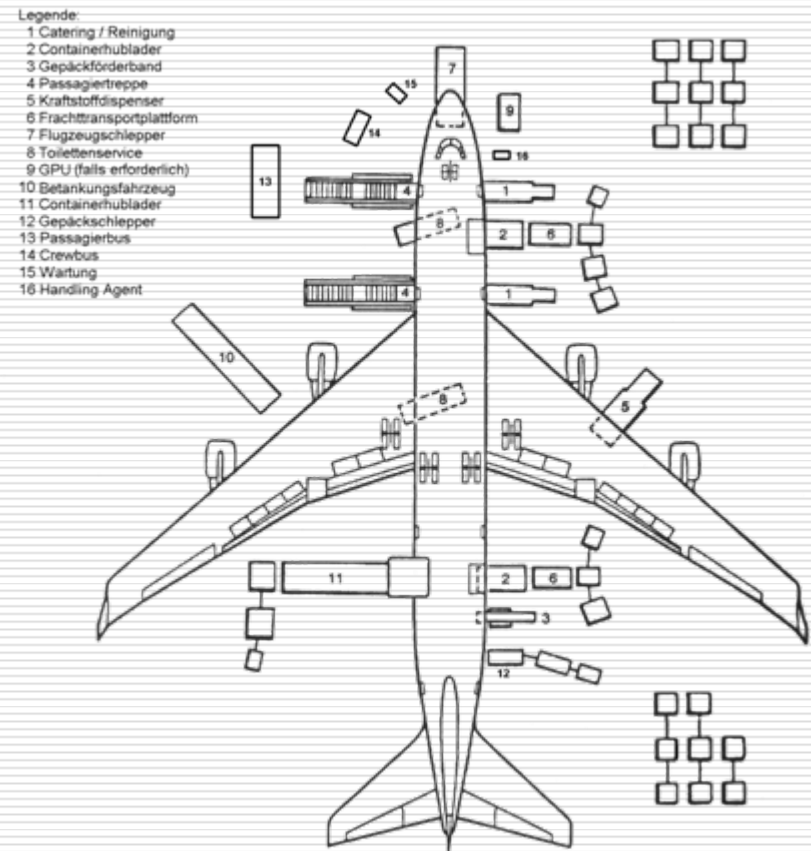


Schadstoff-Emissionsquellen: Flugzeugabfertigung

Andere Quellen

- Fahrzeugbewegungen
 - Anfahrt zum bzw. Abfahrt vom Luftfahrzeug und Bewegungen auf dem Flughafengelände über Fahrstraßen,
 - Bewegung auf der Abfertigungsfläche direkt am Luftfahrzeug
- Betankung
 - Freisetzung von HC bei der Betankung
 - Volumen HC proportional zur betankten Kerosinmenge
- Enteisung
 - Flugzeugenteisung
 - Flächenenteisung

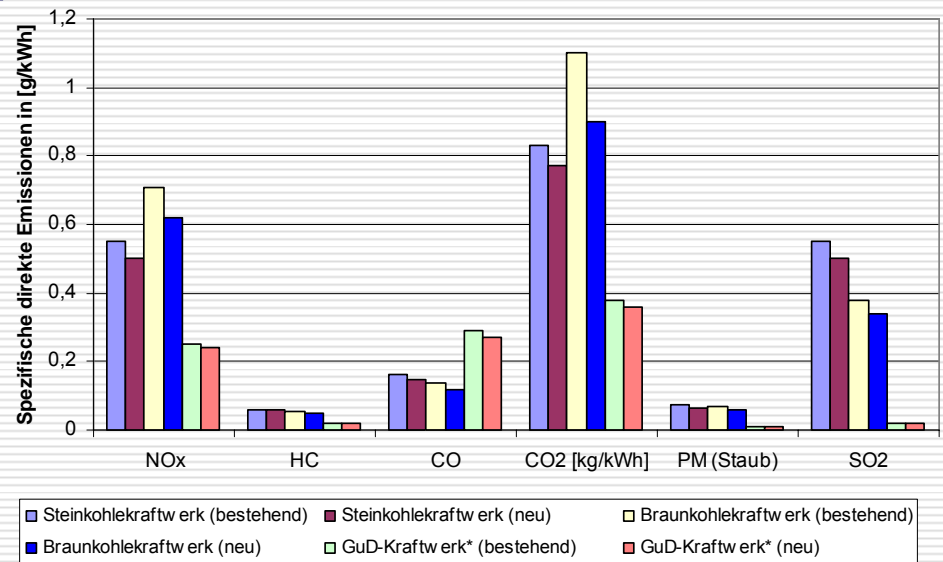
→ **Eine Abschätzung der Emissionen ist überschlägig möglich.**



Schadstoff-Emissionsquellen: Stationäre Quellen

Energieversorgung

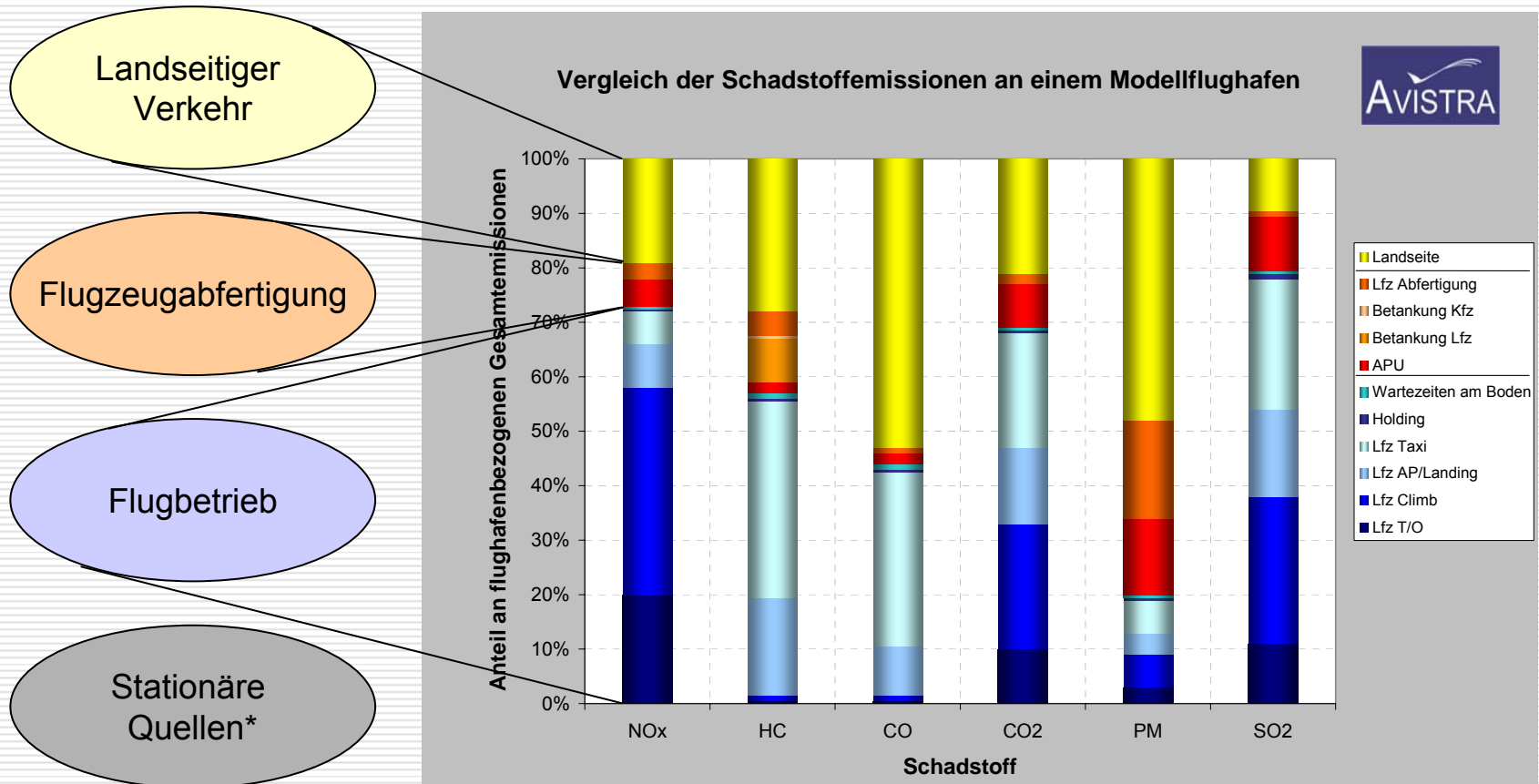
- Versorgung über das öffentliche Strom- und Fernwärmenetz oder eigene Kraftwerke zur Strom- und/oder Wärmeerzeugung
- aus dem Energieverbrauch des Flughafens lassen sich Rückschlüsse auf die mit dem Betrieb verbundenen Emissionen ziehen
- Berücksichtigung des 'Energimix' erforderlich



Schadstoff-Emissionsquellen: Landseitiger Verkehr

- Berücksichtigung des zusätzlichen Kraftfahrzeugverkehrs durch
 - Passagiere und ihre Begleiter
 - Besucher
 - Beschäftigte
 - Lieferanten
 - Lieferbetrieb für das Fracht- und Postaufkommen
- Berechnungsgrundlagen für Emissionen:
 - Passagieraufkommen
 - „Bringer & Abholer“
 - Besucheraufkommen (ca. 10% des Passagieraufkommens)
 - Verkehrsanbindung → Modal Split
 - Auslastung der Verkehrsmittel

Schadstoff-Emissionsquellen: Zusammenfassung

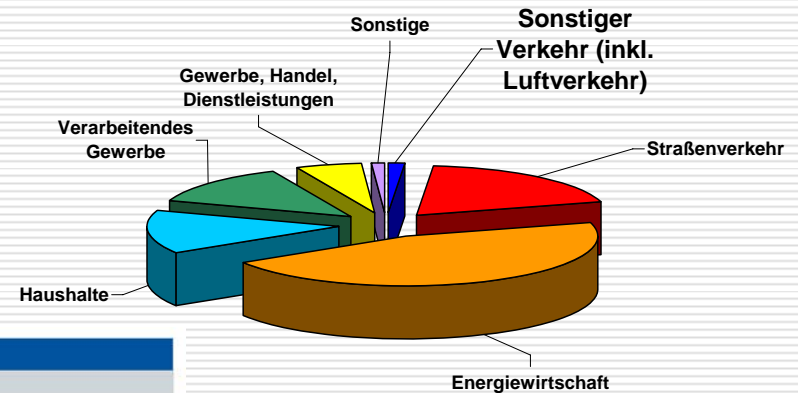


* Stationäre Quellen hier nicht berücksichtigt, da die Emissionen nicht zwangsläufig lokal anfallen.

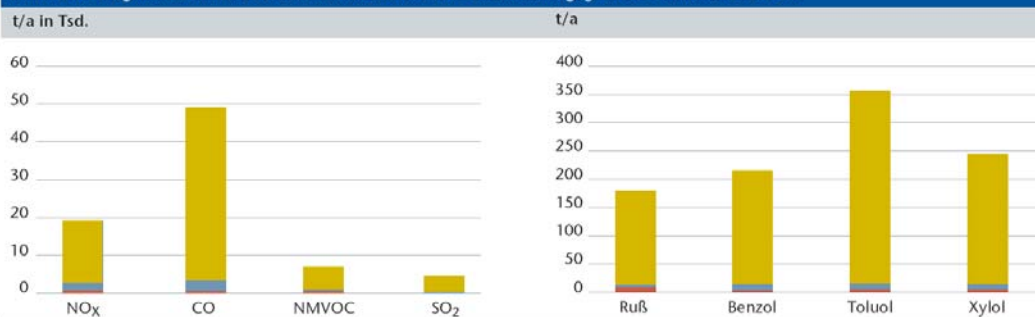
Schadstoff-Emissionsquellen: Zusammenfassung

Die gemessenen Immissionen von Schadstoffen am Flughafen liegen nicht höher als das Niveau des städtischen Hintergrundes, obwohl die Zahl der Flugbewegungen kontinuierlich gestiegen ist.
[Umweltbericht Fraport, 2005]

Energiebedingte CO₂-Emissionen in Deutschland im Jahr 2005

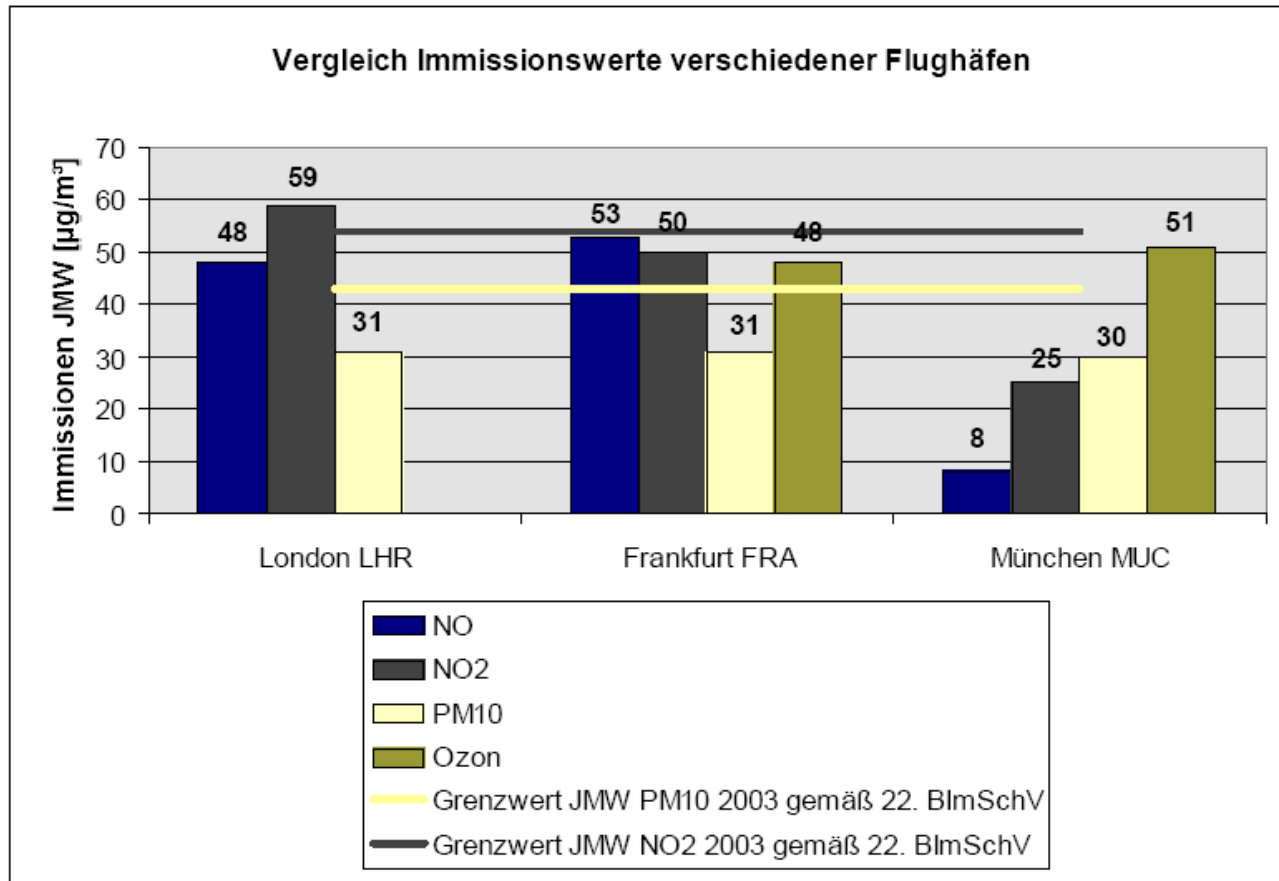


Anteil des Flughafens an Luftschadstoffemissionen des Untersuchungsgebiets Untermain in 2000



- Summe aller Emissionen des Untersuchungsgebiets Untermain (ohne Flughafen).
- Summe der Emissionen Luftverkehr bis 300 Meter über Grund (inklusive Hilfsaggregate, Probe- und Standläufe).
- Summe Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf und am Flughafen.

Schadstoff-Emissionsquellen: Zusammenfassung



Zielwerte und Minderungspotentiale

Regulatorische Tendenzen

- IATA (branchenweite Klimastrategie)
 1. Beschleunigung der technologischen Entwicklung und der Forschung auf alternativen Brennstoffen
 2. Verbesserungen der Infrastruktur
 3. Keine Kerosin oder CO₂-Steuern
 4. Einbeziehung des Luftverkehrs im Emissionshandel
- ICAO
 - Kontinuierliche Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO_x im LTO sowie Lärm (ICAO Annex 16, Volume 11)
 - CAEP Arbeitsgruppe: Entwicklung von Grenzwerten für NO_x während des Reiseflugs
- Europa / EU
 - Gesetzesvorschlag zur Einführung eines EU-weiten Emissionshandelssystems ETS per 2011 vor.
 - Einbindung der Nicht-EU-Länder Schweiz, Norwegen und Island in ein EU-ETS
- National
 - Förderung von Forschungsaktivitäten
 - Einführung emissionsabhängiger Landeentgelte

Zielwerte und Minderungspotentiale

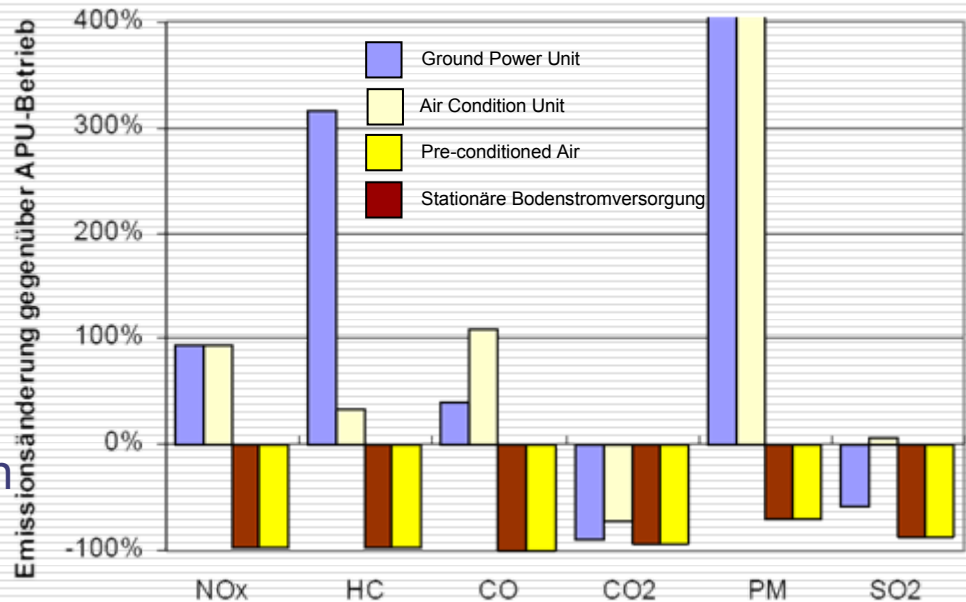
Minderungsmaßnahmen

- Flugbetrieb
 - Schadstoffoptimierte An- und Abflugprofile,
 - Verringerung von Warteverfahren in der Luft und am Boden,
 - Reduzierung von Rollvorgängen der Flugzeuge
 - Einsatz schwefelfreien Kerosins
 - Emissionsabhängige Landeentgelte:
 - Beispiel Frankfurt: Seit 1.1.2008 gilt ein emissionsbezogenes Landeentgelt von 3,00 € pro kg Stickoxidäquivalent
 - $\text{NO}_{x, \text{Luftfahrzeug}} [\text{kg}] = (\text{Anzahl Triebwerke} \times \sum_{\text{Mode}} \text{Zeit} [\text{s}] \times \text{Treibstoffverbrauch} [\text{kg/s}] \times \text{Emissionsfaktor} [\text{g /kg}]) / 1000$
 - Datenbasis: ICAO Emissionsdatenbank
 - Abrechnung erfolgt einzelflugbezogen für Start und Landung
 - Verringerung der Emissionen durch technische/konstruktive Möglichkeiten (TW-Technik, Aerodynamik, Gewichtsreduzierung)

Zielwerte und Minderungspotentiale

Minderungsmaßnahmen

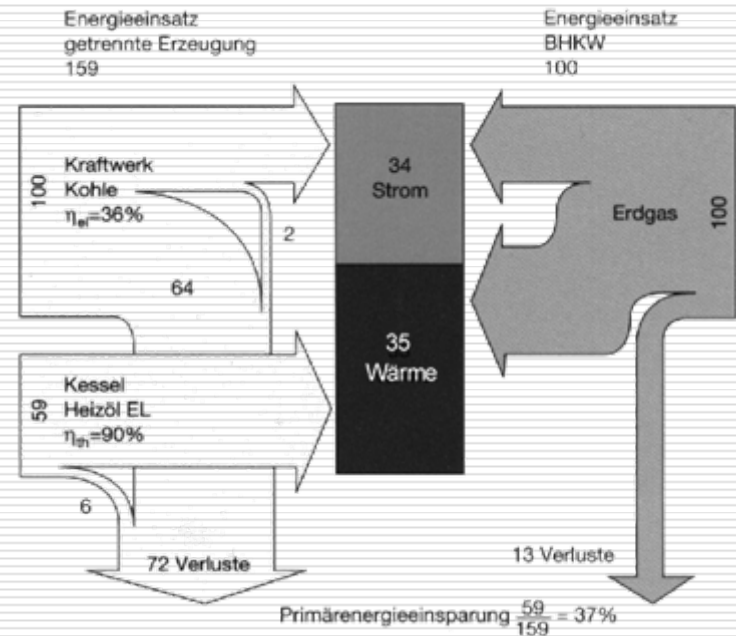
- Flugzeugabfertigung
 - Einsatz bodenseitiger Energie- und Klimaversorgung
 - Einsatz schadstoffmindernder Antriebskonzepte in den Abfertigungsfahrzeugen
 - Optimierung der Fahrstrecken
 - Maßnahmen zu Minderung der Betankungsemissionen im Bereich des Tanklagers, der Befüllung der Tankwagen und der Betankung
 - Anwendung alternativer Enteisungsmethoden und Enteisungsmittel



Zielwerte und Minderungspotentiale

Minderungsmaßnahmen

- Stationäre Quellen
 - Blockheizkraftwerke haben gegenüber konventionellen Kraftwerken einen bis zu 40% geringeren Primärenergiebedarf
- Landseitiger Verkehr
 - Verbesserung des Angebots an ÖPNV-Verbindungen
 - Car-Sharing und Job-Tickets für Beschäftigte



Fazit

- Luftschadstoffe haben einen negativen Einfluss auf die Gesundheit und das Klima.
- Der Anteil des Flugverkehrs und Flughafenbetriebs an den Gesamtemissionen ist gering.
- Einfluss verstärkt sich durch hohe Zuwachsraten im Luftverkehr.
- Es bestehen betriebliche und technische Möglichkeiten zur Verringerung der Schadstoffemissionen.
- Anreize zur Verringerung liegen in regulatorischen Maßnahmen (Grenzwerte) sowie in ökonomischen Aspekten (Kraftstoffverbrauch, Landeentgelte).

Kontakt

Avistra GmbH
Reinhardtstr. 58
10117 Berlin

Tel.: (+49 30) 28 44 9 88 – 0
Fax: (+49 30) 28 44 9 88 – 20

info@avistra.de
www.avistra.de

