



Lokale Luftqualität

FLUGHAFENZÜRICH

Inhalt

Einleitung	03
Emissionen des Flughafensystems	04
› Flugzeuge	04
› Abfertigung	04
› Infrastruktur	04
› Zubringerverkehr	04
Emissionen der Flugzeuge	05
› Entwicklung der Flugzeugtriebwerke	05
› Abgasgrenzwerte für Flugzeuge	06
› Flugtreibstoffe	06
› Zertifizierung	07
› Modellierung der Flugzeugemissionen	07
Emissionssituation am Flughafen	08
Immissionen	09
› Modellierung des Immissionsbeitrags	09
› Luftschadstoffmessungen	09
Luftbelastung in der Region	10
› Stickstoffdioxid	10
› Ozon	10
› Kerosingeruch	10
› Russ und Ablagerungen	10
Treibstoffschnellablass	11
Umfangreiche Massnahmen	12
Abkürzungen und Quellen	14

Weitere Broschüren in Deutsch und Englisch sowie aktuelle Zahlen zum Thema Flughafen Zürich und Umweltschutz finden Sie auf unserer Website: www.flughafen-zuerich.ch/umweltschutz

Einleitung

An Flughäfen konzentrieren sich die Mobilitätsbedürfnisse der Gesellschaft: Sie sind Ausgangspunkt von Reisen und gleichzeitig Zielort für Arbeiten, Einkaufen oder Freizeit. Die Summe dieser Aktivitäten führt zu unerwünschten Auswirkungen auf die Umwelt, darunter die lokale Luftqualität. Nicht nur die Flugzeuge, sondern auch die Fahrzeuge und Maschinen auf dem Vorfeld, die Heizung und der Reiseverkehr verursachen Schadstoffe, welche die Luftqualität beeinträchtigen. Aus diesem Grund bildet das Thema einen der Schwerpunkte der Flughafen Zürich AG in ihrem Engagement für den Umweltschutz.

Auf internationale Ebene der Luftfahrt nimmt das Thema der Luftqualität einen hohen Stellenwert ein. Es war nach dem Lärm das erste Umweltthema, welches von der internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) aufgenommen wurde und für welches Grenzwerte definiert wurden. Das Schweizerische Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) und der Flughafen Zürich gehören seit vielen Jahren auch international zu den aktivsten und kompetentesten Akteuren zur Verbesserung der Luftqualität an Flughäfen weltweit. Die Flughafen Zürich AG arbeitet laufend an der Entwicklung von besseren Methoden zur Bestimmung der Luftqualität, erarbeitet wissenschaftliche Grundlagen und liefert Ideen für Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität, welche weltweit Verbreitung finden.

Um die Luftschadstoff-Situation verstehen zu können werden üblicherweise zwei unterschiedliche Betrachtungsweisen angewandt: Einerseits werden die Quellen betrachtet, wo die Schadstoffe ausgestossen werden und welche daher als Emissionen bezeichnet werden. Weil die Emissionen in der Atmosphäre verdünnt, verfrachtet und umgewandelt werden, ist zusätzlich die Betrachtung der Immissionen notwendig, also der Schadstoffkonzentration welche tatsächlich an einem Ort vorhanden ist und einwirkt.





Die Luftschadstoffquellen lassen sich in vier Gruppen zusammenfassen: Flugzeuge, Abfertigung, Infrastruktur und Zubringerverkehr.

Emissionen des Flughafensystems

Die Flughafen Zürich AG erfasst alle Emissionen des Flughafensystems mittels eines Inventars, welches die verschiedenen Luftschadstoffe aus allen Quellen, die flughafenrelevant sind, zusammenträgt. Dazu werden Anleitungen der ICAO und Modelle verwendet.

An Flughäfen können die Luftschadstoffe vier hauptsächlichen Quellgruppen zugeordnet werden: Flugzeuge, Abfertigungsvorgänge, Flughafeninfrastruktur und der landseitige Zubringerverkehr auf Strasse und Schiene (siehe Abbildung).

Flugzeuge

Die Flugzeuge sind die mengenmässig wichtigste Emissionsquelle. Mit ihren Triebwerken und Hilfstriebwerken stossen die Flugzeuge diverse Luftschadstoffe aus. Zudem produzieren sie durch Abrieb und Aufwirbelung zusätzlichen Feinstaub.

Abfertigung

Die zweite charakteristische Emissionsquelle am Flughafen ist die Abfertigung. Hier sind eine Vielzahl von Fahrzeugen und Geräten im Einsatz, welche ebenfalls Feinstaub durch Abrieb und Aufwirbelung erzeugen. Eine Mehrzahl davon wird zudem von Verbrennungsmotoren angetrieben, welche Schadstoffe ausstossen. Zudem entstehen bei den Betankungsvorgängen Emissionen.

Infrastruktur

Im Bereich der Infrastruktur entstehen lokale Emissionen in erster Linie durch das Heizkraftwerk mit Wärme-Kraft-Kopplung, welches die Flughafen Zürich AG mit Gas und Öl betreibt und welches deshalb Luftschadstoffe ausstösst. Für die Notstromversorgung sind zusätzlich Dieselaggregate vorhanden, welche ebenfalls Schadstoffe produzieren. Hinzu kommen verschiedene Vorgänge im Unterhalt der Gebäude und natürlich der Flugzeuge.

Zubringerverkehr

Zum System Flughafen wird auch der Zubringerverkehr im Flughafennahbereich gezählt, welcher einen nicht zu vernachlässigenden Anteil an den lokalen Emissionen hat.

Emissionen der Flugzeuge

Entwicklung der Flugzeugtriebwerke

Seit Beginn des Düsen-Zeitalters für Flugzeuge hat die Technik weltweit enorme Fortschritte erzielt. Die Triebwerke wurden deutlich sicherer, zuverlässiger, unterhaltsärmer und auch sparsamer gemacht. Auch das Design der Flugzeuge wurde optimiert. Von 1960 bis heute sank der Treibstoffverbrauch pro Passagierkilometer der neu verkauften Flugzeuge um rund 55%. Modernste Verkehrsflugzeuge erreichen heute einen Kerosinverbrauch von 2,8 Liter pro Passagier und 100 Kilometer. Die Airline mit den meisten Starts am Flughafen Zürich, die Swiss, erreicht einen Durchschnittswert über alle Flüge von 3,44 Liter. Gleichzeitig hat die Verbesserung der Verbrennung auch eine markante Reduktion der flüchtigen Kohlenwasserstoffemissionen (VOC) mit sich gebracht.

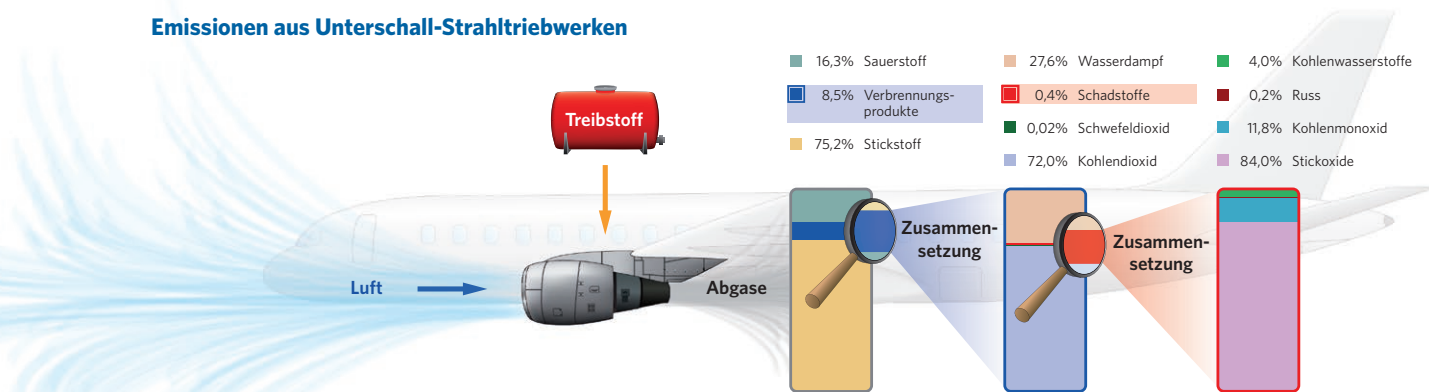
Die neuesten Technologien umfassen Zwei-Brennkammer-Systeme, Systeme mit variablen Treibstoff-Luftmischungen oder Triebwerke mit Getriebe, bei denen neben der Verbesserung der Treibstoffeffizienz auch eine Reduktion des Stickoxidausstosses (NO_x) um 20–40% gegenüber konventioneller Technologie erreicht werden kann. Die Zeitspanne von der ersten Idee bis zur Zertifizierung eines Triebwerkes dauert jedoch gut 15 Jahre. Bis sich eine neue Technologie merkbar durchsetzen kann, sind unzählige, teils sehr komplexe Probleme zu lösen. Ein generelles Problem bereitet heute die gegenläufige Abhängigkeit, der sogenannte «Trade-Off»: Eine Verbesserung zum Beispiel bei einem Schadstoff kann eine Zunahme bei einem anderen oder bei der Lärmemission bedeuten.

Da in einem Triebwerk flüssiger Treibstoff aus Mineralölprodukten verbrannt wird, entstehen – wie beim Auto auch – Abgase, in denen folgende Stoffe enthalten sind: Wasser, Kohlendioxid und Schwefeldioxid. Diese sind direkt mit der Zusammensetzung des Treibstoffes verbundene Verbrennungsprodukte. Ferner entstehen Produkte, die von der Steuerung der Verbrennung selbst beeinflusst werden. Diese sind Kohlen-

Eines der modernsten Triebwerke: Der Getriebefan an der Bombardier CS100.



Emissionen aus Unterschall-Strahltriebwerken



monoxid (CO), unverbrannte Kohlenwasserstoffe (VOC) und Russ als reiner Kohlenstoff. Darüber hinaus entstehen Stickoxide (NO_x) aus der Verbindung von Luftstickstoff und Sauerstoff. Da ein Flugzeugtriebwerk in seinem Innern drei- bis viermal mehr Luft ansaugt als für die Verbrennung des Kraftstoffes notwendig ist, bildet heisse Luft mit gut 90% den grössten Anteil des Abgases. Von den übrigen knapp 10% bilden Kohlendioxid (CO₂) und Wasserdampf den Hauptanteil (siehe Abbildung).

Abgasgrenzwerte für Flugzeuge

Die internationale Zivilluftfahrtorganisation ICAO hat schon im Jahr 1983 erstmals einen Grenzwert für den ausgestossenen Rauch festgelegt, der Flugzeugtriebwerke mit Strahltriebwerk und mehr als 26.7 kN Schub betrifft. 1986 kamen dann Grenzwerte für folgende Schadstoffe hinzu: Stickoxide (NO_x), Kohlenwasserstoffe (HC) und Kohlenmonoxid (CO). Gleichzeitig wurden auch die Testverfahren und das zu verwendende Kerosin spezifiziert. Der Umweltausschuss der ICAO hat den NO_x-Grenzwert seither in mehreren Schritten um über 50% gesenkt, zuletzt im Jahr 2010. 2016 beschloss die ICAO die Ein-

führung eines Feinstaub-Grenzwertes, welcher ab dem Jahr 2020 für alle in Produktion befindlichen Triebwerke in Kraft tritt, und einen Grenzwert für CO₂, welcher ab 2020 schrittweise in Kraft tritt.

Die Einhaltung der Grenzwerte wird von allen ICAO Mitgliedstaaten verlangt (u.a. der Schweiz) und von der Luftfahrtbehörde des jeweiligen Herstellerlandes anlässlich der Triebwerk-Zertifizierung überprüft. Die gemessenen Emissionswerte werden in einem Abgasdokument festgehalten. Detaillierte Wartungsvorschriften für Flugzeugtriebwerke lassen später nur geringste Toleranzen zu, so dass ein Abweichen der effektiven Emissionen von den Messwerten als sehr gering angenommen werden kann. Eine Abgaswertverschlechterung aufgrund der Alterung der Triebwerke wird auf etwa 4-5% geschätzt.

Flugtreibstoffe

Grundsätzlich gibt es zwei Sorten von Flugtreibstoffen: Kerosin für Strahltriebwerke (Jets) und Flugbenzin für Wellentriebwerke (Propellerflugzeuge). Am Flughafen Zürich werden pro Jahr rund 1,6 Millionen m³ Kerosin und 220 m³ Flugbenzin (AVGAS) getankt (2016).

Kerosin (Jet A-1 oder auch Petroleum) ist ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen (Kohlenwasserstoffzahl C9-C16) und enthält mehr als 500 Einzelsubstanzen. Die Zusammensetzung ist abhängig vom Rohöl, vom Raffinationsprozess und vom Mischungsverhältnis einzelner Raffinerieströme. Es wird hergestellt als Destillat von Mineralöl oder über einen Crack-Prozess (Spaltung von Kohlenwasserstoffmolekülen) aus schwerem Heizöl. Dem Kerosin müssen verschiedene Additive (Zusatzmittel) beigegeben werden (Antioxidanten und Anti-Static), weitere sind möglich (Metalldeaktivatoren, Korrosionsinhibitoren, Anti-Icing und Biozide). Diese enthalten keine Halogene. Der Schwefelgehalt des Kerosins liegt bei 0,004-0,01 Gewichts-% (Grenzwert: 0,3 Gewichts-%).

Zertifizierung

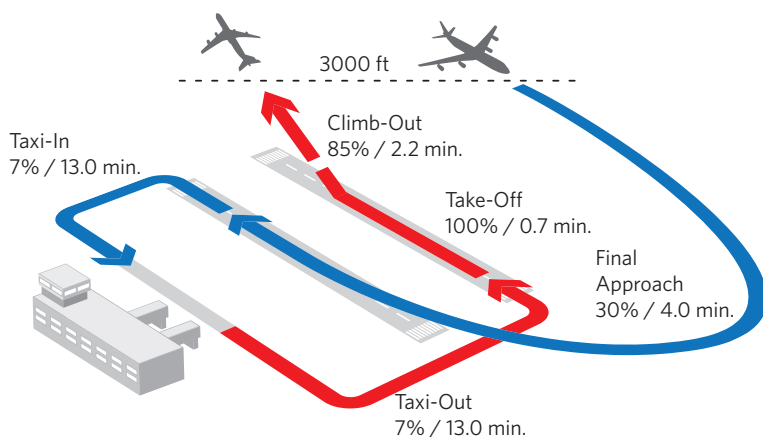
Für die Zertifizierung der Triebwerke bezüglich der Grenzwerte dient ein so genannter Referenz-Flugzyklus, der LTO-Zyklus (Landing and Take-off). Dieser ist aufgeteilt in vier Phasen unterhalb etwa 915 m über Grund (3000 ft), die je bezüglich Schubleistung und Dauer definiert sind (siehe Abbildung). Diese vier vorgegebenen Lastpunkte werden statisch ausgemessen (7%, 30%, 85% und 100% des Maximalschubs). Dafür wird das ausgebaute Triebwerk beim Hersteller auf einem Prüfstand unter Aufsicht der jeweiligen nationalen Luftfahrtbehörde gemessen. Es werden Treibstoffverbrauch, NO_x, HC, CO, Feinstaub und Russ gemessen. Damit die Werte international vergleichbar sind, werden sie anschließend auf die Standardatmosphäre korrigiert. In der Regel werden mehrere Triebwerke gemessen und daraus ein Mittelwert mit einem Zuschlag ermittelt, der mit dem Grenzwert verglichen wird. Für den Triebwerktyp wird daraufhin ein Abgasdokument ausgestellt, das für die Zulassung weltweit benötigt wird.

Modellierung der Flugzeugemissionen

Die Emissionen des Flugzeuges umfassen die gasförmigen Emissionen aus den Triebwerken und dem Hilfstriebwerk (auxiliary power unit, APU) sowie den Feinstaubabrieb von Bremsen und Rädern. Die Berechnung der Luftschadstoffemissionen am Flughafen Zürich erfolgt nach Regeln der ICAO unter der Verwendung einer Reihe von Datenbanken (Flugzeugliste, Triebwerkliste, Flugbewegungsliste, Hilfstabellen). Ein komplexes Modell berechnet die Emissionen unter Berücksichtigung aller effektiven Parameter wie Flugzeugtyp, Triebwerkfaktoren, Wetterverhältnisse, Piste, Standplatz, Abfluggewicht und Reisedistanz. Dies ist die weltweit derzeit fortschrittlichste und genaueste Berechnungsmethode. Ähnliche Modelle wurden am Flughafen Zürich auch für die Emissionsberechnungen der APU entwickelt.

Die globalen Emissionen des vom Flughafen Zürich ausgehenden Luftverkehrs können nicht von der Flughafen Zürich AG selber berechnet werden. Abschätzungen über mehrere Jahre von EUROCONTROL, der europäischen Organisation für die Sicherheit im Luftverkehr, zeigen, dass im Durchschnitt knapp 10% der NO_x-Emissionen, die während der gesamten Flugstrecke vom Start ab Zürich bis zur Landung an der jeweiligen Zieldestination entstehen, im lokalen LTO-Zyklus anfallen.

ICAO Referenz-LTO-Zyklus mit Schub (%) und Dauer (min.)

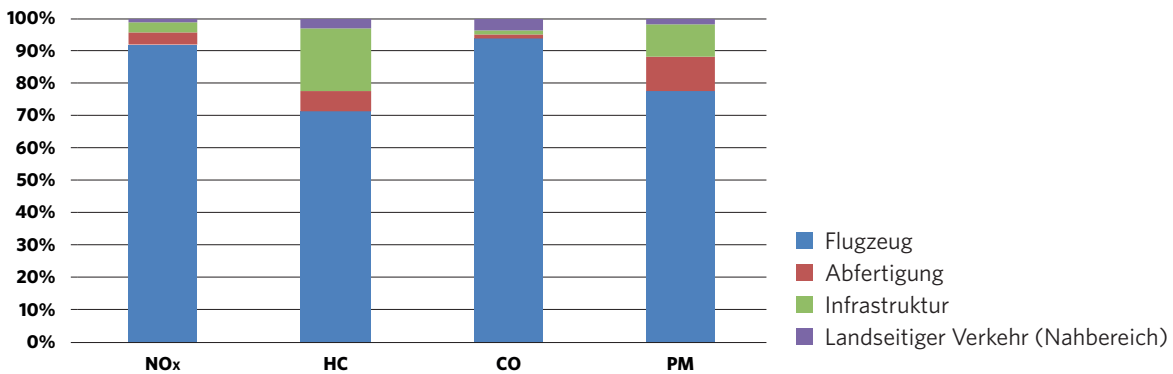


Emissionssituation am Flughafen

Für die folgenden Schadstoffe wird die ausgestossene Menge am gesamten Flughafen berechnet: Stickoxid (NO_x), Kohlenwasserstoffe (HC), Kohlenmonoxid (CO), Feinstaub (PM) und Kohlendioxid (CO₂). Bei allen Schadstoffen haben die Flugzeuge den grössten Anteil der Emissionen (Abb. 4). Dabei ist zu beachten, dass nur ein Teil der Flugzeugemissionen effektiv zu einer bodennahen Belastung führt. Weil das CO₂ nicht lokal, sondern global wirksam wird, wird es zusammen mit weiteren Klimagasen separat betrachtet (siehe Broschüre «Luftfahrt und globales Klima»).

Als Leitschadstoff gilt das NO_x, welches deshalb am genauesten analysiert wird. Zugleich gibt es für diesen Schadstoff einen flughafenspezifischen Grenzwert. Im Rahmen des Ausbaivorhabens der 5. Bauetappe (1999–2003) wurde von den Behörden ein Schwellenwert für Stickoxide von jährlich 2400 t für Emissionen der Flugzeuge, Abfertigung und Infrastruktur festgelegt. Dieser Schwellenwert wurde in den letzten Jahren nur zu rund 50% erreicht. Jedoch ist die Menge an NO_x über die letzten Jahre angestiegen. Die Reduktionsmassnahmen konnten mit dem wachsenden Verkehrsaufkommen nicht Schritt halten.

Emissionsanteile der Verursachergruppen (2017)



Flugzeuge des Typs Bombardier CS100 bei der Abfertigung.



Immissionen

Die als Emissionen bezeichneten Schadstoffe, welche in die Luft abgegeben werden, werden in der Folge verteilt, verdünnt und teilweise umgewandelt. So wirkt schliesslich nur ein Teil der Emissionen als Luftbelastung oder sogenannte Immission lokal auf einen bestimmten Ort.

Die am Flughafen am Boden emittierten Abgase werden lokal nur geringfügig transportiert und fallen als Belastung am Flughafen selber an. Die Emissionen der Flugzeuge werden aus atmosphärenphysikalischen Gründen nur bis zu einer Höhe von etwa 300 m über Grund in der Region des Flughafens immissionswirksam. Dies entspricht einer Distanz von etwa 1,5 km (Steigflug) bis 4 km (Anflug) zum Flughafengelände. Sie sind deshalb von besonderer Bedeutung. Die übrigen Emissionen des LTO-Zyklus werden grossräumig verteilt und verdünnt, und tragen damit nicht mehr signifikant messbar zur Luftbelastung in der Region bei. Weil also nur ein Teil der Emissionen des Flughafens auch vor Ort als Immissionen und damit als Belastung anfallen, wäre ein direkter Vergleich der Gesamtemissionen des Flughafens mit anderen Emissionsbilanzen (z.B. Region, Kanton) irreführend. Eine Emissionsbilanz ist somit keine geeignete Grösse zur Beschreibung der Luftbelastung.

Die Immissionen werden heute entweder punktuell gemessen oder mit mathematischen Modellen aus den Emissionen und verschiedenen anderen Eingabegrössen (zum Teil basierend auf Annahmen) für ein bestimmtes Gebiet berechnet. Seit Jahren verfolgt die Flughafen Zürich AG beide Strategien intensiv.

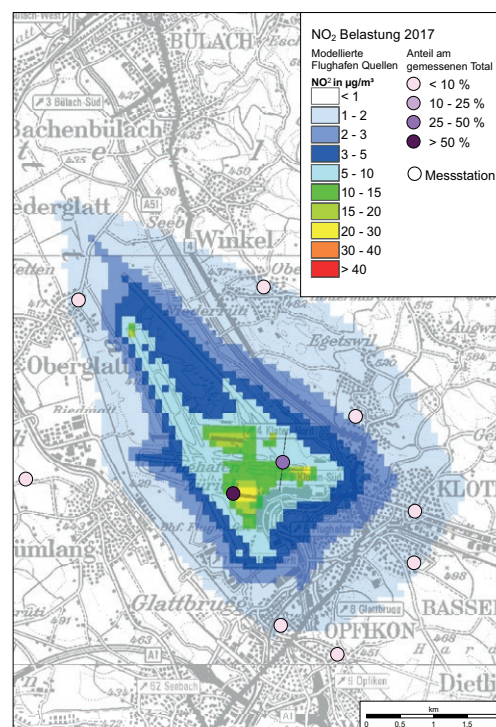
Modellierung des Immissionsbeitrags

Die Modellierung der Immissionen erfolgt mittels des Ausbreitungsmodells LASPORT, welches an vielen Flughäfen angewandt wird und international auch durch die ICAO anerkannt ist. An Hand diverser Eingabegrössen, darunter die Menge sowie Ort und Zeit der Emissionen, die meteorologischen Verhältnisse und die Topographie, modelliert das Programm den Beitrag des Flughafens zu den Immissionen des Luftschadstoffs NO₂ in der Flughafenregion.

Innerhalb des Areals werden alle Immissionen überwiegend durch die Flughafenaktivitäten bestimmt. Mit zunehmender Entfernung nimmt der Anteil des Flughafens sehr rasch ab und beträgt in 5 Kilometern Distanz nur noch 1-3 µg/m³ (maximal etwa 10% der gesamten Belastung).

Luftschadstoffmessungen

Das AWEL betreibt im Auftrag der Flughafen Zürich AG seit 1996 mehrere Luftschadstoffmessgeräte am Flughafen, welche rund um die Uhr die Luftbelastung ermitteln. Seit 1992 ist eine Messanlage in Betrieb, welche die



Regionale NO₂-Immissionsbelastung durch den Flughafen (2016).

Belastung (NO₂, Ozon, SO₂) über dem Flughafenareal misst. Die Messung erfolgt mittels eines Lichtstrahls, welcher von einem Sendegerät über mehrere hundert Meter zu einem Empfänger geschickt wird. Das Spektrum des auftretenden Lichts am Empfangsgerät gibt Auskunft über die Belastung mit verschiedenen Schadstoffen.

Eine zweite Messanlage ist auf dem Dach des Dock A in einem Container untergebracht. Sie misst mit mehreren verschiedenen Geräten seit dem Jahr 2001 das ganze Spektrum der üblichen Luftschadstoffe, darunter zusätzliche Parameter wie Partikel und NO/NO₂. Die Daten von allen Messgeräten werden automatisch abgefragt.

Ebenfalls seit dem Jahr 2001 wird in der Region Flughafen durch das AWEL eine grössere Anzahl von Messpunkten betrieben, die mit Passivsammlern ausgerüstet sind und die durchschnittliche jährliche Ermittlung der NO₂-Belastung ermöglichen.

Das Luftschadstoffmessgerät misst die Luftqualität entlang einer Strecke.

Luftbelastung in der Region

Stickstoffdioxid

Die Stickstoffdioxid (NO₂)-Jahresmittelwerte an den Brennpunkten innerhalb des Flughafenareals lagen in den letzten Jahren stets etwas schwankend zwischen 28 und 34 µg/m. Zu dieser Belastung trugen alle Emissionsquellen auf dem Flughafen zusammen mit dem Schadstoffeintrag aus der Region bei. Die Belastung am Flughafen ist damit vergleichbar mit derjenigen in der Stadt Zürich. Die Belastung in der Region liegt in vielen Gebieten unterhalb des Grenzwertes von 30 µg/m³, wird aber punktuell (Zentren in Ortschaften und entlang von Hauptverkehrsachsen) immer noch überschritten. Der Vergleich der Immissionen mit den Flugbewegungen der letzten Jahre zeigt, dass meteorologische Verhältnisse meistens einen grösseren Einfluss haben als die reinen Emissionsmengen.

Ozon

Das bodennahe Ozon wird im Wesentlichen aus den Vorläufersubstanzen Stickoxide und Kohlenwasserstoffe gebildet. Aufgrund der komplexen Bildungs- und Abbauprozessen, sowie der grossräumigen Verteilung von ozonbelasteten Luftmassen stellt das Ozon kein lokales, sondern ein überregionales Problem dar. Eine Verringerung der Vorläufersubstanzen führt denn auch nicht zwingend zu einer Verringerung der Ozonbelastung am selben Ort. Die Flughafenmessanlage misst das Ozon permanent. Die höchsten 98%-Werte¹ lagen in den letzten Jahren zwischen 120 und 160 µg/m³. Der Langzeitgrenzwert von 100 µg/m³ wird aber – wie in weiten Teilen des Mittellandes – während mehrerer Monate immer noch überschritten.

Kerosingeruch

Stickoxide kommen kaum in riechbaren Konzentrationen vor. Verbrennungsprodukte von Diesel und Kerosin können dagegen schon in winzigen Mengen als Geruch wahrgenommen werden. Geruchsbelästigungen können jedoch verschiedenste Ursachen haben. Nur unmittelbar beim Flughafen ist eine klare Zuordnung zum Flugbetrieb möglich. Im weiteren Flughafenumfeld kommt es rasch zu einer Überlagerung mit diversen ähnlich riechenden Stoffen aus der Verbrennung ähnlicher Produkte. Diese können von Lastwagenbetrieben, Holzfeuerungen und im Sommer sogar von Grillanzündprodukten stammen.

Eine Untersuchung über Emissionen aus zivilen Flugzeugtriebwerken in Deutschland konnte trotz intensiven Bemühungen nicht nachweisen, welche Stoffe im Kerosin für den typischen «Flughafengeruch» verantwortlich sind. Der Geruch kommt daher, dass beim Triebwerkstart und beim Rollen der Flugzeuge auf dem Flughafenareal das Kerosin im Gegensatz zum Flugbetrieb nicht vollständig verbrannt wird. Bei diesem unvollständigen Verbrennungsprozess entstehen so genannte polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Die Immissionsmessungen in den Flughafenanliegergemeinden Opfikon, Kloten und Glattbrugg zeigen, dass die Konzentrationen der PAK (v.a. Benzo[a]pyren) in der Luft mit 0.03 bis 0.23 ng/m³ Grössenordnung etwas niedriger sind als diejenigen vergleichbarer europäischer Agglomerationen und deutlich geringer als andern städtisch geprägten Orten in der Schweiz (Zürich 0.50 ng/m³).

Russ und Ablagerungen

Beim Flugverkehr entstehen, wie bei allen Verbrennungsprozessen, Russ und Schwebestaub (PM10). Beide stehen im Verdacht, krebserregend zu sein. PM10-Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 10 µm verhalten sich wie ein Gas und können entsprechend weit verfrachtet werden. Teilchen, die grösser sind als 10 µm, sinken dagegen schneller zu Boden und werden so aus der Luft entfernt.

Eine mikroskopische Untersuchung von Russ an ausgewählten Standorten im Kanton Zürich im Jahr 1995 sollte zeigen, wo überall «Flugzeug-Russ» auftrat. Nachzuweisen ist er an einer für den Flugverkehr typischen Grössenverteilung der Russpartikel. Dies gelang jedoch nur im Triebwerk-Prüfstand und an der Startpiste West eindeutig. Bei den anderen Standorten wurden andere Verteilungsmuster gefunden. Auch Staub- oder Russablagerungen lassen sich in den meisten Fällen nicht eindeutig dem Flugverkehr zuordnen, sondern bestehen aus einer Mischung von Partikeln aus unterschiedlichsten Quellen. Auch Ablagerungen auf Gartenmöbeln, Fenstersimsen oder Terrassen werden entlang der Anflugrouten und in der Umgebung des Flughafens oft irrtümlich dem Flugverkehr angelastet. Untersuchungen zeigen, dass dies in vielen Fällen jedoch nicht zutrifft. Verursacher können beispielsweise Dieselfahrzeuge oder unsachgemäss verwendete Cheminée, aber auch Tiere und Pflanzen sein. Schwarze Punkte z.B. auf Äpfeln erweisen sich so nach mikroskopischen Untersuchungen als Schorf oder Pilzbefall.

¹ Der Ozon-Grenzwert verlangt, dass 98% der Halbstundenmittelwerte eines Monats ≤ 100 µg/m³ sind

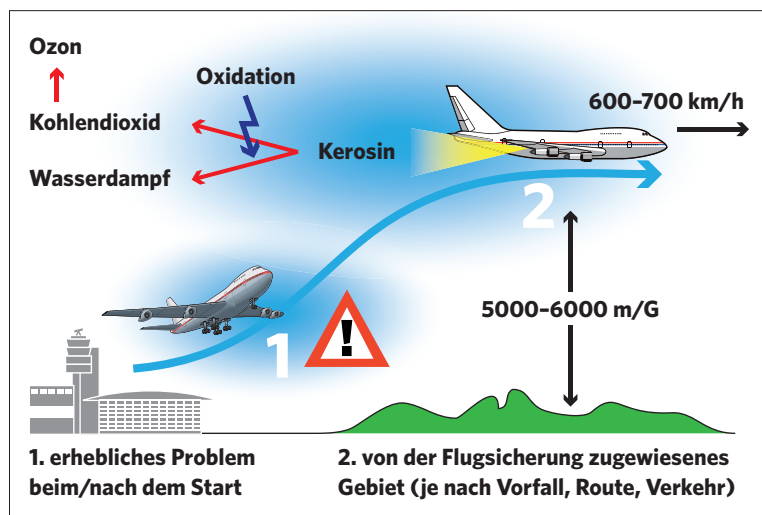
Treibstoffschnellablass

Das Treibstoffablassen (Fuel Dumping) ist ein Notverfahren, wenn ein Grossraumflugzeug sofort nach dem Start wieder landen muss. Da es meist noch schwerer ist als für die Landung zugelassen, wird der Treibstoff – anstatt verbrannt – über Öffnungen an den Flügeln abgelassen. Dies erfolgt über einem verkehrsfreien, von der Flugsicherung zugewiesenen Gebiet auf einer Höhe von normalerweise 5000–6000 m über Grund und bei einer Geschwindigkeit von mindestens 460 km/h (Abb.7). Die entsprechenden Verfahren sind behördlich geregelt.

Das Kerosin wird an der Luft zu Kohlendioxid und Wasserdampf zersetzt. Das betroffene Gebiet kann sich über eine Fläche von bis zu 2000 km² erstrecken. Eine Schadstoffbelastung am Boden ist aufgrund der starken Verdünnung nicht zu erwarten und konnte bisher nicht nachgewiesen werden. Trotzdem können die Kohlenwasserstoffe, da sie nicht verbrannt werden, besonders im Sommer zur Ozonbildung beitragen. In den letzten fünf Jahren kam es noch zu total 2 Vorfällen im Flugsicherungsbereich von Zürich.

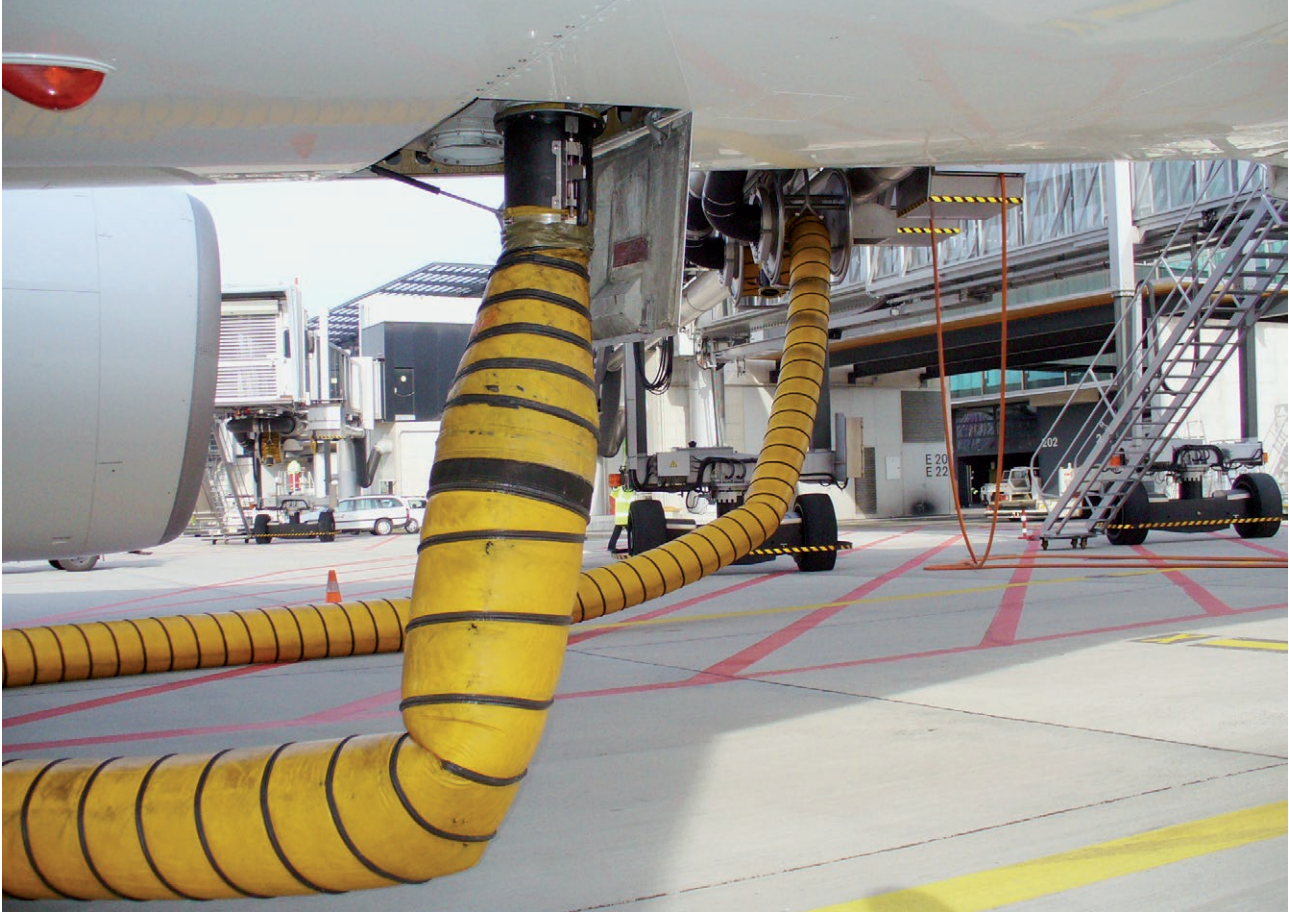
Die im Landeanflug bei Flugzeugen oft beobachteten Randwirbelschleppen (siehe Abbildung) entstehen durch einen Unterdruck, der die Luftfeuchtigkeit kondensieren lässt und haben nichts mit Fuel Dumping zu tun. Insbesondere wird weder im Landeanflug noch nach einem Start Treibstoff abgelassen. Dies wäre für das Flugzeug selber und allenfalls nachfolgende Flugzeuge viel zu gefährlich. Zudem haben nur wenige, vorwiegend grosse Flugzeugtypen wie A-340, A-380, B-767 oder B-777 eine Ablassvorrichtung.

Schematische Darstellung des Treibstoffablasses



Durch Luftkondensation verursachte Randwirbelschleppen





Stationäre Versorgungsanlagen mit Strom und klimatisierter Luft für Flugzeuge.

Umfangreiche Massnahmen

Der Flughafen Zürich ist innerhalb seines Einflussbereiches schon lange aktiv in der Planung und Umsetzung von Massnahmen zur Vermeidung und Verminderung von Luftschadstoffemissionen. Drei Massnahmenpläne in den Jahren 1992, 1996 und 1999 brachten massgebliche Verbesserungen. Seither werden laufend weitere technische, betriebliche, ökonomische und gesetzgeberische Massnahmen evaluiert, auf Umsetzbarkeit und Kosten-Nutzen analysiert und entsprechend dem Resultat umgesetzt.

Der Flughafen Zürich hat als erster Flughafen weltweit 1997 emissionsabhängige Gebühren für Flugzeuge eingeführt. Das Modell basierte auf dem Technologieansatz und wurde 2010 abgelöst durch ein europäisch harmonisiertes Modell, das sich auf das reine Verursacherprinzip stützt. Die auf das Modell von 1997 abgestimmte Flottenerneuerung mit den Airbus A320 brachte eine Reduktion von damals jährlich rund 10% der flughafenweiten NO_x-Emissionen mit sich. Die Ausrüstung aller Dockstandplätze mit stationären Energieversorgungsanlagen für Flugzeuge in Kombination mit Benützungsvorschriften bringt ebenfalls jährlich Einsparungen von mehr als 10% der NO_x-Emissionen mit sich (siehe Abbildung). Zur Verbesserung der Rollabläufe ist auf dem Flug-

hafen Zürich das elektronische System «darts» in Betrieb. Neben operationellen Verbesserungen können damit auch Schadstoffemissionen vermieden werden.

Im Bereich des Abfertigungsverkehrs und der Handling-Geräte findet seit ein paar Jahren ein grosser Wandel statt: Immer mehr Fahrzeuge und Geräte werden elektrisch betrieben, womit diese am Flughafen keine Schadstoffe mehr ausstossen. Der Anteil betrug 2016 rund 30 Prozent.

Elektrisch angetriebene Schlepper sind am Flughafen Zürich weit verbreitet.





Auf dem Dach des GPU ist ein Partikelfilter montiert.

15 von 47 Ground Power Units (GPU) für die Stromversorgung der Flugzeuge auf den offenen Standplätzen wurden 2015 mit Partikelfiltern ausgestattet, welche eigens auf Initiative der Flughafen Zürich AG entwickelt wurden.

In den letzten Jahren wurde auch der Ausbau des öffentlichen Verkehrs weiter vorangetrieben und weitere Zugs- und regionale Busverbindungen eingerichtet. Zusätzlich ist der Flughafen Zürich über zwei Tramlinien erreichbar. Im Jahr 2016 sind mehr als 43% sämtlicher Flughafenbenutzer mit einem öffentlichen Verkehrsmittel an den Flughafen gekommen (siehe Abbildung).

Viele weitere Massnahmen wurden geplant und umgesetzt, die zusammen rund 20% Emissionsreduktionen bei den Stickoxiden bewirkt haben. Für die anderen Schadstoffe ergeben sich ähnliche oder sogar noch höhere Emissionsreduktionen.

Einige Massnahmen können nur in Zusammenarbeit mit den Flughafenpartnern geplant und umgesetzt werden. Weitergehende Möglichkeiten im nationalen oder internationalen Zusammenhang liegen dann aber im Verantwortungsbereich anderer Stellen wie Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) oder Bundesamt für Umwelt (BAFU).

In Ergänzung zu den Massnahmen selber engagiert sich die Flughafen Zürich AG in verschiedenen internationalen Gremien und Arbeitsgruppen, um die Kenntnisse und Instrumente zur Beurteilung der flughafeninduzierten Emissionen und Immissionen zu verbessern und neue Massnahmen zur Reduktion von Emissionen zu entwickeln.

Der Flughafen Zürich ist erstklassig mit dem öffentlichen Verkehr erschlossen.



Abkürzungen und Quellen

APU	Auxiliary Power Unit (Hilfstriebwerk für Energieerzeugung am Flugzeug)
AWEL	Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Kanton Zürich
BAFU	Bundesamt für Umweltschutz, Bern
BAZL	Bundesamt für Zivilluftfahrt, Bern
CO ₂	Kohlendioxid
GPU	Ground Power Unit (Dieselaggregat zur Stromerzeugung für Flugzeuge)
ICAO	International Civil Aviation Organization, Montreal: Unterorganisation der UN für die Zivilluftfahrt
LTO	Landing and Take-off Zyklus
NO _x	Stickoxide
NO ₂	Stickstoffdioxid
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PM10	Particulate Matter <10µm
VOC	volatile organic compounds (flüchtige organische Verbindungen [Kohlenwasserstoffe])

Quellen

- › Zürcher Umweltpraxis: Informations-Bulletin der Umweltschutz-Fachverwaltung des Kantons Zürich, Nr. 37, Mai 2004.
- › Zürcher Umweltpraxis: Informations-Bulletin der Umweltschutz-Fachverwaltung des Kantons Zürich, Nr. 64, April 2011
- › International Civil Aviation Organization (ICAO): International Standards and Recommended Practices, Environmental Protection, Annex 16, Volume II, Aircraft Engine Emissions. July 1993 and Amendments
- › International Civil Aviation Organization (ICAO): Local Airport Air Quality Guidance Manual. Doc 9889.
- › International Council on Clean Transportation: Fuel efficiency trends for new commercial jet aircraft: 1960 to 2014, Whitepaper, 2015.



Stand Juni 2018

Flughafen Zürich AG

Umweltschutz

Postfach, CH-8058 Zürich-Flughafen

Telefon +41 43 816 22 11

Telefax +41 43 816 47 60

umweltschutz@zurich-airport.com

www.flughafen-zuerich.ch