

## **Fuel-Dump und mehr: Kleines Umwelt ABC der Luftfahrt der Deutschen Lufthansa**

Die Luftfahrtsprache ist voller Fachbegriffe und Abkürzungen - auch wenn es um das Thema Umweltschutz geht. Wissenswertes und häufig verwendete Begriffe werden hier verständlich erklärt und erleichtern den Überblick über die in der Luftfahrt behandelten Umweltthemen.

### **A-Check; C-Check**

Wartungsereignis mit routinemäßiger Überprüfung von technischen Systemen, die für den Flugbetrieb wichtig sind, sowie gründliche Überarbeitung der Kabine. Ein A-Check ist je nach Flugzeugtyp alle 350 bis 650 Flugstunden fällig, also etwa alle zwei Monate.

Unter C-Check versteht man detaillierte Inspektionen der Flugzeugstruktur und einen gründlichen Test der Systeme, teilweise Freilegung der Verkleidung für gründliche Überprüfungen. Ein C-Check findet je nach Flugzeugtyp alle 15 bis 18 Monate statt.

### **Äquivalenter Dauerschallpegel/Mittelungspegel (Leq)**

Maß für den energetischen Mittelwert aller Schalldruckpegel über eine definierte Zeit. Aufgrund der logarithmischen Bewertung der Schallintensität (s. auch dB) werden auch kurze, aber besonders laute Ereignisse in diesem Wert überproportional berücksichtigt. Der Leq ist die Basis für die Festlegung von Lärmschutzbereichen nach dem Fluglärmsgesetz.

### **Atmosphäre**

Luftkugel der Erde. Sie ist in verschiedene Stockwerke aufgeteilt, die durch deutliche Temperaturunterschiede voneinander abgegrenzt sind. Für den Luftverkehr von Bedeutung sind die beiden untersten Schichten, die Troposphäre, der Ort des Wettergeschehens, und die darüber liegende untere Stratosphäre.

Die Obergrenze der Troposphäre schwankt je nach Jahreszeit und geografischer Breite. Sie liegt am Äquator bei 16 bis 18 Kilometer Höhe und an den Polen bei 8 bis 12 Kilometern. An der Tropopause, dem Übergang zur Stratosphäre, beträgt die Temperatur nur noch etwa -60 Grad. In der Stratosphäre steigt sie wieder. In der Stratosphäre in etwa 25 bis 30 Kilometer Höhe befindet sich auch die so genannte Ozonschicht. Die Reiseflughöhe heutiger Verkehrsflugzeuge liegt zwischen 8 und 13 Kilometern. Die Emissionen aus dem Luftverkehr haben daher nach heutigen Erkenntnissen keinen direkten Einfluss auf die Ozonschicht.

### **Catering**

International übliche Bezeichnung für die Beladung des Flugzeugs mit Bordverpflegung und Borddienstmaterial (Zeitungen, Kopfhörer, Decken, Toilettenartikel etc.). Das Gewicht dieser Zuladung beträgt bei einer Boeing 747 bis zu fünf Tonnen.

### **Chlorierte Kohlenwasserstoffe**

Organische Verbindungen, bei denen Wasserstoffatome durch Chloratome ersetzt sind. Sie sind sehr gute Lösungsmittel und wurden früher zum Beispiel als Fettlöser in der Metallbearbeitung eingesetzt. Chlorierte Kohlenwasserstoffe gelten unter dem Gesichtspunkt des Umwelt- wie des Arbeitsschutzes als problematisch.

### **Dezibel (dB)**

Messgröße für die Schallintensität und den Schalldruckpegel. Der Intensitätsunterschied zwischen dem leisesten Ton, den das menschliche Gehör wahrnehmen kann, und der Schmerzschwelle beträgt 1:10 Billionen. Um diesen riesigen Bereich objektiv darstellen zu können, verwendet man in der Akustik die logarithmische Dezibel-Skala. Auf ihr ist der Hörschwelle der Wert 0 dB und der Schmerzschwelle der Wert 130 zugeordnet. Eine Zunahme um 10 dB entspricht der zehnfachen Schallintensität. Für die wahrgenommene Lautstärke entspricht eine Differenz von 10 dB einer Halbierung bzw. Verdoppelung. Das menschliche Ohr ist aber nicht über das ganze Frequenzspektrum gleich empfindlich. Bei gleicher

Schallintensität werden tiefe und hohe Töne unterschiedlich laut wahrgenommen. Dies gleicht man messtechnisch durch international festgelegte Bewertungskurven aus und macht es entsprechend kenntlich. Am bekanntesten ist die sogenannte A-Bewertung, gekennzeichnet durch den Index dB(A). Für die Messung von Fluglärm benutzt man international die Einheit EPNdB (Effective Perceived Noise Decibel).

### **DLR**

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Das DLR dient wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Zwecken. Es beschäftigt über 4.500 Mitarbeiter an acht Standorten (Berlin, Bonn, Braunschweig, Göttingen, Köln-Porz, Lampoldshausen, Oberpfaffenhofen und Stuttgart) und unterhält 30 Institute bzw. Test- und Betriebseinrichtungen. Erklärtes Ziel ist, mit den Mitteln der Luft- und Raumfahrt zur Sicherung und Gestaltung der Zukunft beizutragen. Hierbei sucht das DLR auch die Kooperation und Arbeitsteilung mit europäischen Partnern.

### **Enteisung**

Mit Eis und Schnee insbesondere auf Tragflächen und Leitwerk kann ein Flugzeug nicht starten. Sie verändern die Aerodynamik und erhöhen das Gewicht. Deshalb müssen Flugzeuge bei winterlichen Witterungsbedingungen enteist werden. Sie werden dazu mit einem Gemisch aus Wasser und einer Propylenglykol-Alkohol-Mischung gereinigt und vor der Wiedervereisung geschützt. Für einen Jumbo braucht man rund 1.000 Liter. Das Enteisungsmittel ist biologisch vollständig abbaubar. Auf dem Rhein-Main-Flughafen werden bei niederschlagsreichem Winterwetter rund 500.000 Liter Enteisungsflüssigkeit und mehr am Tag verbraucht. An trockenen, frostreichen Tagen ist diese Zahl bedeutend geringer.

### **FCKW**

Fluorchlorkohlenwasserstoffe. Familie von industriell hergestellten organischen Verbindungen. Sie wurden früher zum Beispiel als Kühlmittel in Kühl- und Gefrierschränken sowie in Klimaanlage eingesetzt. Außerdem fanden sie als Reinigungsmittel in der Elektronik Verwendung. FCKW gelten als die Hauptursache für den Abbau der Ozonschicht, den die Wissenschaftler seit Jahren beobachten. FCKW sind außerdem sehr wirksame Treibhausgase. FCKW wurden bei Lufthansa in den vergangenen Jahren durch ungefährlichere Substanzen ersetzt.

### **Fuel Dump**

Notfallbedingtes Ablassen von Treibstoff im Flug, um bei Langstreckenflugzeugen (Boeing 747, Boeing 767, A340, DC10-30, MD-11) vor einer außerplanmäßigen Landung (z.B. wegen technischer Probleme oder Erkrankung eines Passagiers) das Gewicht des Flugzeugs auf das höchstzulässige Landegewicht herabzusetzen. Dem betroffenen Flugzeug wird dazu ein besonderer Luftraum zugewiesen, möglichst über unbebautem oder dünn besiedeltem Gebiet (z.B. Odenwald, Eifel, Sauerland, Nordsee). Das Ablassen von Treibstoff findet meist in Höhen von vier bis acht Kilometern statt. Vorgeschrieben ist eine Mindesthöhe von 1.500 Metern und eine Geschwindigkeit von 500 km/h. Es dürfen keine geschlossenen Kreise geflogen werden. Das Kerosin wird von den Turbulenzen hinter dem Flugzeug zu einem feinen Nebel verteilt. Bei einem Fuel Dump in Mindesthöhe erreichen rein rechnerisch 8 Prozent des Treibstoffs den Erdboden. Daraus ergibt sich bei einer Fluggeschwindigkeit von 500 km/h eine Bodenbelastung von 0,02 Gramm je Quadratmeter. Das ist so viel wie ein Schnapsglas Kerosin verteilt auf 1.000 Quadratmeter. Trotz des Einsatzes empfindlicher Analyseverfahren konnten bisher nach Fuel Dumps in keinem Fall in Pflanzen- oder Bodenproben Verunreinigungen festgestellt werden.

### **Graue Liste (Restricted Substances at Lufthansa German Airlines)**

Liste der Substanzen, die im Lufthansa Konzern unerwünscht sind bzw. die bei einem erforderlichem Einsatz zu einem hohen Aufwand im Bereich des Arbeits- bzw. Umweltschutz führen.

### **Halogenkohlenwasserstoffe (HKW)**

Chemische Verbindung, die neben Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen auch Fluor, Brom, Chlor oder Jod enthält. Zur Gruppe der HKW gehören unter anderem Chlorierte Kohlenwasserstoffe und FCKW.

### **Halon (HKW)**

Sammelbegriff für eine Gruppe von chemischen Verbindungen, die als äußerst wirksame und zuverlässige Feuerlöschmittel eingesetzt werden. Sie sind chemisch mit den FCKW verwandt, sehr stabil und haben ein teilweise sehr hohes Ozonerstörungspotenzial. Sie dürfen nur noch dort eingesetzt werden, wo dies aus Sicherheitsgründen unbedingt erforderlich ist. Zu diesen wenigen Ausnahmen gehört der Luftverkehr. Dort sind sie zur Zeit das einzig zugelassene Löschmittel. Halon-Feuerlöscher finden sich in einem Flugzeug zum Beispiel in den Triebwerken, in den Toiletten und im Frachtraum. Lufthansa beteiligt sich intensiv an der Suche nach einer Alternative zu Halon.

### **IATA**

International Air Transport Association. Internationaler Dachverband der Luftverkehrsgesellschaften mit Sitz in Genf.

### **ICAO**

International Civil Aviation Organisation. Unterorganisation der UN mit Sitz in Montreal. Stellt international verbindliche Normen für die Zivilluftfahrt auf.

### **IPCC**

Intergovernmental Panel on Climate Change. 1988 von der World Meteorological Organization (WMO) und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) gegründetes zwischenstaatliches UN-Expertengremium für Klimaveränderung.

### **Kapitel-3-Flugzeuge**

Flugzeuge, die die Bedingungen der derzeit strengsten Lärmschutzklasse erfüllen. Die Lärmgrenzwerte für Flugzeuge wurden im Anhang 16 zum Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt von der ICAO eingeführt, mehrfach verschärft und sind seit 1977 gültig.

Alle Verkehrsflugzeuge, die heute neu auf den Markt kommen, müssen die Bedingungen des Kapitels 3 dieses Anhangs einhalten. Ermittelt wird der Lärmpegel an drei Messpunkten: für den Start 6.500 Meter von Beginn der Startbahn (Startrollpunkt) und 450 Meter seitlich der Startbahn sowie für die Landung 2.000 Meter vor der Landebahnschwelle, was einer Überflughöhe von ca. 120 Metern entspricht.

Die Grenzwerte sind abhängig vom höchstzulässigen Abfluggewicht und der Zahl der Triebwerke eines Flugzeugs. Große Flugzeuge dürfen lauter sein als kleine und Flugzeuge mit vier Triebwerken lauter als solche mit zweien.

Das Umweltkomitee (CAEP) der ICAO hat im Januar 2001 eine Einigung auf dem Weg zu einem schärferen Kapitel-4-Lärmstandard erzielt. So soll eine Absenkung um kumulativ 10 Dezibel (dB) gegenüber den oben genannten "Kapitel 3"-Grenzwerten vorgeschlagen werden. Von der rund sieben Jahre jungen Lufthansa Flotte erfüllen schon heute über 90 Prozent den erst für 2006 geplanten Lärmstandard.

### **Kerosin**

Treibstoff für Düsentriebwerke und Propellerturbinen, sehr ähnlich dem Petroleum. Kerosin wird wie Diesel oder Benzin durch Destillation von Mineralöl gewonnen, kommt aber anders als diese ohne halogenierte Zusätze und Benzol aus. Weltweit werden von Flugzeugen pro Jahr knapp 200 Millionen Tonnen Kerosin verbraucht. Das sind zwischen 5 und 6 Prozent der Welterdölproduktion. Die militärische Luftfahrt hat daran einen Anteil von 10 bis 20 Prozent.

### **Kilowattstunde (kWh)**

Maßeinheit für den Energieverbrauch. Tausend Kilowattstunden entsprechen einer Megawattstunde, tausend Megawattstunden einer Gigawattstunde.

### **Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)**

Gas, das in der Natur bei der Verbrennung oder Zersetzung von Biomasse (z.B. Pflanzen) sowie bei der Atmung von Menschen und Tieren entsteht. In der Atmosphäre ist CO<sub>2</sub> ein wichtiges Treibhausgas. Den Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in den letzten hundert Jahren führen Wissenschaftler unter anderem auf die Verbrennung von fossilen Energieträgern (Kohle, Öl, Gas) durch den Menschen zurück. Je Tonne Treibstoff entstehen 3,154 Tonnen CO<sub>2</sub>. Derzeit sind rund zwei Prozent der vom Menschen verursachten

CO<sub>2</sub>-Emissionen auf den weltweiten Luftverkehr zurückzuführen. Klimatologen (s. IPCC) befürchten, dass eine weitere Zunahme der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu einer Erwärmung der Atmosphäre führen könnte. Die Verweilzeit in der Atmosphäre beträgt rund 100 Jahre.

### **Kohlenmonoxid (CO)**

Verbindung aus einem Kohlenstoff und einem Sauerstoffatom, die bei Verbrennungsprozessen entsteht und in erster Linie das Ergebnis einer unvollständigen Verbrennung ist. Bei Flugzeugtriebwerken hängt der CO-Ausstoß sehr stark vom Lastzustand ab: Im Leerlauf, beim Rollen und beim Landeanflug sind die Emissionen je Kilogramm Treibstoff sehr hoch, im Steigflug und Reiseflug sind sie sehr niedrig. In der Lufthansa Flotte entstehen je Tonne Kerosin durchschnittlich 2,5 Kilogramm CO. Je nach Flugzeugtyp und Einsatzspektrum schwankt der Wert zwischen 1,4 und 9,4 Kilogramm.

### **Kondensstreifen**

siehe Wasserdampf

### **Nutzladefaktor**

Gewichtsbezogenes Maß für die Auslastung von Flugzeugen, das Verhältnis von Beförderungsleistung (transportierte Tonnenkilometer, TKT) zu Kapazität (angebotene Tonnenkilometer, TKO).

### **Ozon (O<sub>3</sub>)**

Dreiatomiges Sauerstoffmolekül, in Bodennähe Bestandteil des Sommersmogs, der die Schleimhäute reizt, in der Stratosphäre Filter gegen die UV-Strahlung (Ozonschicht). Der heutige Luftverkehr verursacht durch seine Stickoxidemissionen in Reiseflughöhe eine Erhöhung der Ozonkonzentration, die von Wissenschaftlern für den viel beflogenen Nordatlantik mit 3 bis 4 Prozent beziffert wird. Durch die Unterstützung des Forschungsprogramms MOZAIC (Measurement of Ozone by Airbus In-Service Aircraft) hilft Lufthansa, grundlegende Daten für das Verständnis des Ozonhaushalts in der unteren Atmosphäre zu gewinnen.

### **Passagierkilometer (PKT)**

Maß für die Beförderungsleistung im Passagierverkehr (Zahl der Passagiere multipliziert mit der Entfernung). Bei ihrer Ermittlung wird nicht die tatsächlich geflogene Strecke mit flugsicherungsbedingten und anderen Umwegen zugrunde gelegt, sondern die Großkreisentfernung zwischen Start- und Landeort. Man unterscheidet die angebotene Beförderungsleistung (PKO, passenger kilometers offered) und die tatsächlich erbrachte Beförderungsleistung (PKT, passenger kilometer transported). Eine andere gängige Bezeichnung für die angebotene Beförderungsleistung ist SKO (seat kilometers offered).

### **Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)**

Verbindung aus einem Schwefelatom und zwei Sauerstoffatomen. Sie entsteht bei der Verbrennung fossiler Energieträger aus dem in Kohle, Öl und Gas enthaltenen Schwefel. SO<sub>2</sub> wird in der Atmosphäre zu Schwefelsäure und schwefliger Säure umgewandelt und ist damit eine Ursache des sauren Regens. SO<sub>2</sub> ist außerdem ein wichtiger Aerosolbildner und wirkt durch die Streuung des Sonnenlichts kühlend auf die Atmosphäre. Legt man den aufgrund internationaler Normen zulässigen Höchstwert für den Schwefelgehalt von Kerosin zugrunde (0,3 kg/Tonne), dann entstehen pro Tonne Treibstoff bei der Verbrennung ca. 0,5 Kilogramm Schwefelverbindungen. In der Praxis dürften die Emissionen aber dank der besseren Kraftstoffqualität erheblich niedriger sein. Das DLR geht beispielsweise für die deutschen Raffinerien von einem Schwefelgehalt von 0,03 Kilogramm/Tonne oder geringer aus.

### **Sitzkilometer (SKO)**

Maß für die angebotene Beförderungsleistung (SKO, seat kilometers offered).

### **Sitzladefaktor**

Passagierbezogenes Maß für die Auslastung von Flugzeugen, das Verhältnis von Beförderungsleistung (transportierte Passagierkilometer, PKT) zu Kapazität (angebotene Passagierkilometer, PKO).

### **Slot**

Definierter Zeitpunkt, zu dem eine Fluggesellschaft die Start- bzw. Landebahn eines Flughafens nutzen darf. Slots sind ein wichtiges Instrument, um die knappe Kapazität der Flughäfen unter den Fluggesellschaften zu verteilen.

### **Spurengase**

Gase, die nur in geringen Mengen in der Atmosphäre vorkommen (Ozon, Methan, Lachgas etc.), die aber für das Klima und die Atmosphärenchemie erhebliche Bedeutung haben.

### **Stickoxide (NOx)**

Verbindungen zwischen Stickstoff- und Sauerstoffatomen. NOx ist definiert als die Summe der NO- und NO<sub>2</sub>-Verbindungen. Natürliche Quellen sind Blitze und Mikroben im Erdboden. Stickoxide entstehen auch bei Verbrennungsprozessen unter hohen Drücken und Temperaturen. Diese beiden Parameter wurden aber bei modernen Triebwerken erhöht, um den Treibstoffverbrauch sowie die Emissionen an Kohlenmonoxid und Unverbrannten Kohlenwasserstoffen spürbar zu verringern. Durch neuartige Brennkammern könnten auch die NOx-Emissionen in Zukunft um bis zu 85 Prozent verringert werden. Lufthansa Flugzeuge verursachen je Tonne Kerosin durchschnittlich 15,2 Kilogramm NOx. Je nach Flugzeugtyp und Einsatzspektrum schwankt der Wert zwischen 6 und 20 Kilogramm. Der Anteil des Luftverkehrs an vom Menschen verursachten NOx-Emissionen beträgt 2 bis 3 Prozent. Nach Modellrechnungen haben Stickoxide die Ozonkonzentration in Reiseflughöhe um wenige Prozent ansteigen lassen. Messbar ist dieser Effekt derzeit nicht.

### **Stratosphäre**

Luftschicht oberhalb der Troposphäre zwischen ca. 12 und 50 Kilometer Höhe. Troposphäre und Stratosphäre werden durch die so genannte Tropopause (Übergangsbereich) getrennt.

### **Tonnenkilometer (TKT)**

Maß für die Beförderungsleistung (Zuladung mal Entfernung). Man unterscheidet die angebotene Beförderungsleistung (TKO, ton kilometers offered) und die tatsächlich erbrachte Beförderungsleistung (TKT, ton kilometers transported). Passagiere werden bei der Ermittlung der Zuladung durch ein statistisch ermitteltes Durchschnittsgewicht berücksichtigt.

### **Tropopause**

Übergangszone zwischen der Troposphäre und Stratosphäre. Region der niedrigsten Temperaturen (etwa -60°C).

### **Troposphäre**

Unterstes Stockwerk der Atmosphäre und Ort des Wettergeschehens. Je nach Jahreszeit liegt die Obergrenze der Troposphäre bei 6 bis 8 Kilometern an den Polen und 16 bis 18 Kilometern in den Tropen.

### **Unverbrannte Kohlenwasserstoffe (UHC)**

Gemisch von Kohlenwasserstoffen, das bei einer unvollständigen Verbrennung übrig bleibt. Es trägt in Bodennähe zur Bildung von Sommersmog bei. Die Flugzeuge der Lufthansa Flotte verursachen je Tonne Kerosin Emissionen von durchschnittlich 490 Gramm UHC. Je nach Flugzeugtyp und Einsatzspektrum schwankt der Wert zwischen 100 und 1.800 Gramm.

### **Wasserdampf**

**Wasserdampf ist noch vor Kohlendioxid das wichtigste Treibhausgas.** Ohne den natürlich vorkommenden Wasserdampf wäre es an der Erdoberfläche rund 20°C kälter. Anders als beim Kohlendioxid sind die vom Menschen verursachten Wasserdampfemissionen gegenüber den natürlichen Quellen (Verdunstung) klein.

Pro Kilogramm Kerosin entstehen 1,24 Kilogramm Wasserdampf. Befürchtungen, der Luftverkehr erhöhe den Wasserdampfgehalt der Stratosphäre und verändere so das Klima, haben einer wissenschaftlichen Überprüfung nicht standgehalten. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) kam zu dem Ergebnis, dass selbst die 100fache Menge des heute vom Luftverkehr freigesetzten Wasserdampfes noch

kein nachweisbares Klimasignal erzeugt.

Unter bestimmten meteorologischen Bedingungen kann der Wasserdampf aus den Triebwerken zur Bildung von Kondensstreifen führen, deren Lebensdauer gelegentlich mehrere Stunden betragen kann. Theoretisch beeinflussen Kondensstreifen den Strahlungshaushalt der Erde, indem sie die Rückstrahlung von Wärme in den Weltraum behindern. Die zusätzliche hohe Bewölkung, die durch Kondensstreifen hervorgerufen wird, macht über Mitteleuropa 0,6 Prozent und über dem Nordatlantik bis zu 2 Prozent aus, ist also verhältnismäßig gering. Im weltweiten Durchschnitt beträgt sie nur 0,05 Prozent. Das DLR hat in Modellsimulationen herausgefunden, dass erst ab 5 Prozent zusätzlicher Bedeckung des Himmels durch Kondensstreifen ein lokaler Einfluss auf das Klima zu erkennen ist.

Insgesamt gehen Wissenschaftler heute davon aus, dass die Wasserdampfemissionen des Luftverkehrs keinen Einfluss auf das Klima haben.