

## **Lufthansa-Spotlight #2: Kabinenluft**

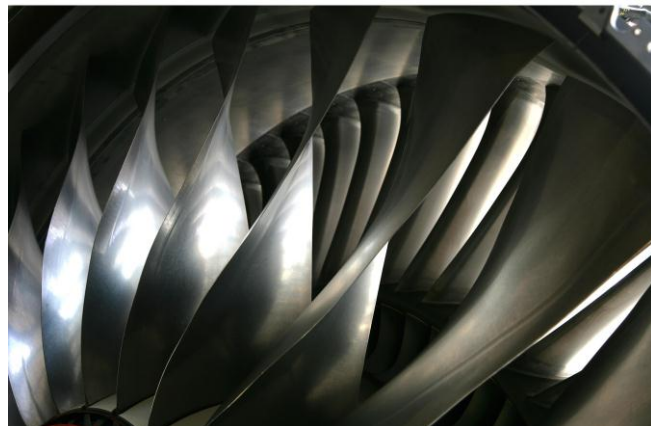
<b>Einleitung</b> .....	2
<b>Grundlagen und theoretischer Hintergrund</b> .....	5
Technischer Hintergrund .....	5
Chemischer Hintergrund .....	7
<b>Ereignisse und Verdachtsfälle – Untersuchungen und Befunde</b> .....	11
<b>Ausblick</b> .....	22
<b>Anhang</b> .....	23

## Einleitung

### Erdbeerduft in Sitzreihe 23

Das Thema Kabinenluft sorgt immer mal wieder intern und extern für Diskussions- sowie Zündstoff. Allein im November 2012 erhielt unsere A320-Flotte beispielsweise diese Flight Reports:

- Elec Smell in Cockpit and Cabin
- Elec Smell aus Forward Galley Ofen#1 mit weißem Rauch oberhalb des Ofens
- Cabin Crew reported electrical smell aus (leerem!) Staufach 7
- Chlorine Smell in cabin
- On last two Flights during T/O and approach heavy Smell of “old socks”
- Oil Smell in Cabin and Cockpit nach Speed Reduzierung auf 220kts in 6000Ft.
- Burning Smell in Cockpit and Fwd Cabin after Thrust Increase for about 5 min
- During CLB OUT + Cruise Smell like Strawberries noticed from Row 23
- Flight Crew reported Oil Smell in Cockpit during Cruise and Descent.



Alle diese Fälle – mit der einzigen Ausnahme einer defekten Auxiliary Power Unit (APU) – ergaben keinen technischen Befund und somit auch keinen Hinweis auf **Tri-ortho-cresylphosphat (ToCP)**, das durch verbrannten Ölrückstand entstehen kann. Ein typisches Bild, denn auch aufgrund anderer Meldungen über Ausweichlandungen wegen verunreinigter Kabinenluft oder eines verdächtigen Geruchs findet Lufthansa Technik am Ende der langen, systematischen Suche nichts.

Dennoch eignet sich das Thema oder besser: der bloße Verdacht als Rohstoff für beunruhigende Überschriften wie „Giffluft in der Airbus-Kabine“, „Erneut vergiftete Kabinenluft bei der Lufthansa“ oder auch „Lufthansa ließ heimlich Triebwerke umbauen“. Bei näherer Betrachtung ergibt sich meist ein differenzierteres Bild. Bis dahin vergeht oft einige Zeit, da erst eine gründliche Analyse zu leisten ist. Das

Rauschen im Blätterwald und die alarmierenden Fernsehbilder sind dann wieder anderen Themen gewidmet...

Beispielhaft ein Germanwings-Flug von Wien nach Köln am 19. Dezember 2010. Eine Zeitung behauptete Ende September 2012, der Airbus A319 sei „offenbar knapp an einer Katastrophe vorbei geschrammt“. Nur „unter Aufbietung letzter Reserven“, kolportierte das Blatt, sei die Landung überhaupt geglückt. Beim Copiloten habe die Sauerstoffsättigung des Bluts nur 80 Prozent, beim Kommandanten gar nur 70 Prozent betragen. Stimmt der Wert, hätte der Pilot kaum noch die Fluggäste verabschiedet, die Kabinencrew debriefen und eine handschriftliche Meldung an die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU) absetzen können. Laut Einsatzprotokoll lag indes mit 99 Prozent der Normalwert vor.



Germanwings-A319 im Landeanflug

Ein „stark verbrannter, etwas süßlicher Geruch“ führte zu „Kribbeln in Händen und Füßen“, wie der 36-jährige Kommandant später Journalisten berichtete. Wie im Simulator geübt, nach dem reflexartigen Aufsetzen der Sauerstoffmaske „war ich wieder Herr meiner Sinne!“ Bei der anschließenden Untersuchung im Krankenhaus war nichts feststellbar. Nach wenigen Tagen ging der Flugkapitän wieder auf Strecke; auch die A319 zeigte sich wieder am Himmel über Europa. In ebendiesem Europa scheint Deutschland eine gewisse Sonderrolle einzunehmen. „Ich

habe den Eindruck, dass das Thema innerhalb Europas ausschließlich in Deutschland eine herausragende Rolle spielt“, gab Norbert Lohl, Direktor der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (EASA), in einem Interview zu Protokoll.



Triebwerkswechsel an einem Airbus A321

Langfristig kann das Ziel nur eine technische Lösung sein, die ausschließt, dass belastete Zapfluff überhaupt in die Kabine gelangen kann. Dies ermöglichte die Abkehr vom langjährigen Industriestandard der Zapfluff oder eine Sensortechnik, die bei Anzeichen einer Verunreinigung die Zapfluffzufuhr abschaltet. Mittelfristig ist sicherlich eine geeig-

nete – jetzt noch nicht verfügbare – Filtertechnik das geeignete Mittel. Nachdem speziell unsere A380 auf der Singapur-Strecke durch Geruchsbelästigung aufgefallen ist, engagiert sich Lufthansa noch stärker als bislang schon beim Branchenthema Kabinenluft. In engem zeitlichen Takt reinigen etwa Techniker die Triebwerke per Hand und nehmen teils per Wattestäbchen kleinste Ölmengen auf. Hersteller Rolls-Royce hat zudem auf unsere Initiative ein spezielles Abweisungsblech für sein Triebwerk entwickelt. Zudem verzichten die A380-Cockpitcrews bis nach dem Abflug auf die Abnahme von Zapfluft aus dem Triebwerk. Noch mehr Aufschluss soll der Messkoffer geben, der bald primär im A380-Cockpit vorhanden sein soll. Mehr zum Thema Kabinenluft finden Sie im Spezial auf der rechten Seite.

## Grundlagen und theoretischer Hintergrund

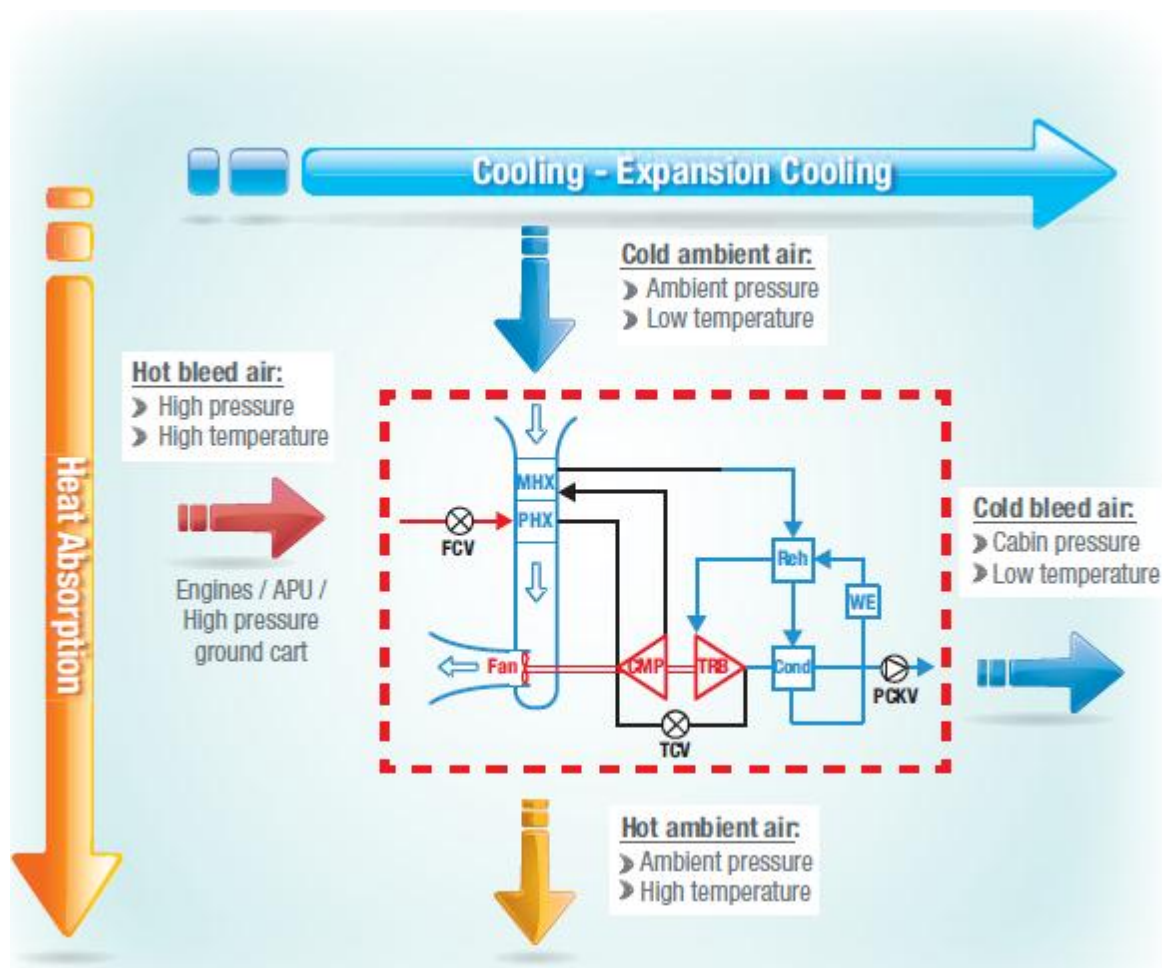
### Technischer Hintergrund

Extreme Bedingungen in 12.000 Metern Höhe

Minus 50 oder gar 60 Grad und dazu eine Luftdichte, die den Mensch wie ein Fisch an Land nach Sauerstoff schnappen ließe. Moderne Verkehrsflugzeuge bewegen sich in Höhen, die für den Menschen absolut lebensfeindlich sind. Extrem niedrige Temperaturen, reduzierter Luftdruck und niedriger Feuchtigkeitsgehalt der Luft sind dabei typische Faktoren.

Ein ausgeklügeltes Klimasystem sorgt dafür, dass die Fluggäste dennoch angenehm reisen. Es pumpt Luft ins Flugzeug, macht Druck, heizt und kühlt. Durch ein Druckbelüftungssystem kann der lebensnotwendige höhere Druck in der geschlossenen Kabine eines Flugzeugs erreicht werden. In heutigen Verkehrsflugzeugen wird dadurch in etwa 12.700 Meter Höhe ein Druck erzeugt, der dem in einer Höhe von maximal 2.400 Metern (8000 Fuß) entspricht.

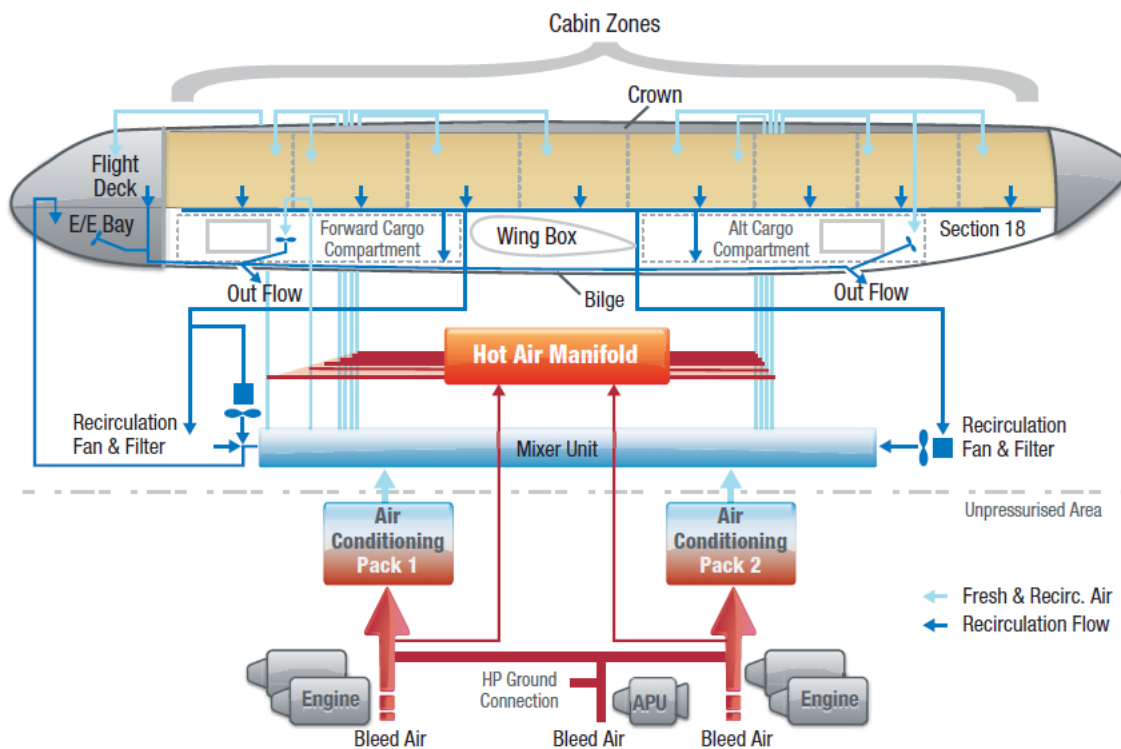
1



<sup>1</sup> Airbus: CABIN AIR QUALITY: THE KEY TO A COMFORTABLE FLIGHT - HOW TO MAKE AN AIRCRAFT BREATHE

FCV: Flow Control Valve; PHX: Primary Heat Exchanger; MHX: Main Heat Exchanger;  
 CMP: Compressor; TRB: Turbine; TCV: Temperature Control Valve; Cond: Condenser;  
 WE: Water Extractor; Reh: Reheater; PCKV: Pressure Check Valve

Die Luft wird in einer Reihe von Baumustern als sogenannte Zapfluft aus den Turbinen zur Belüftung des Kabineninnenraums verwendet. Bei Leckagen des Hydrauliksystems, sogenannten „**bleed air events**“, aber auch im normalen Flugbetrieb können Ölkomponenten und Verbrennungsrückstände in das Belüftungssystem gelangen.



## Gereinigte Kabinenluft sauberer als Luft auf der Erde

Auf dem Weg zurück in die Passagierkabine reinigen hochwirksame **HEPA (High Efficiency Particular Airfilter)-Luftfilter** die rezirkulierte Luft. Teilchen mit einer Größe zwischen 0,001 und 100 Mikrometer (ein Mikrometer ist der tausendste Teil eines Millimeters) werden mit 99,98-prozentiger Wirksamkeit entfernt. Alle Lufthansa-Flugzeuge sind mit solchen Filtern ausgestattet. Der Airbus A340 ist beispielsweise mit acht dieser Filter ausgestattet, die nicht von der Luft umgangen werden können; die gesamte Rezirkulationsluft (zirka 40 Prozent der Kabinenluft) wird gefiltert und von Verunreinigungen wie Staub, Bakterien und Viren aus der Kabinenluft gesäubert. Der Abscheidegrad dieser Filter entspricht dem Standard der Filter eines Operationssaales.

Je nach Flugzeugtyp und Vorgaben der Filterhersteller werden die Rezirkulationsfilter alle sechs bis 18 Monate ausgetauscht. Durch die Verwendung dieser speziellen Filter ist die Kabinenluft sauberer als die, die der Mensch auf der Erde einatmet.

**Seit mehr als 30 Jahren** beschäftigt sich die Wissenschaft mit der Kabinenluftqualität: Regelmäßig untersucht man Feuchtigkeit, Temperatur, Gase wie Kohlendioxid, Ozon und andere Substanzen. Eine Vielzahl von Untersuchungen zeigte immer wieder, dass die Luft an Bord besser ist, als in Wohn- und Geschäftsgebäuden. Dies liegt an der guten Filtrierung der Luft, an der großen Luftwechselrate und der Reinheit der Luft, die während des Reisefluges angesaugt wird. Das bei Lufthansa bereits im Frühjahr 1998 weltweit eingeführte Rauchverbot war ein wichtiger Schritt zur Verbesserung der Luftqualität.

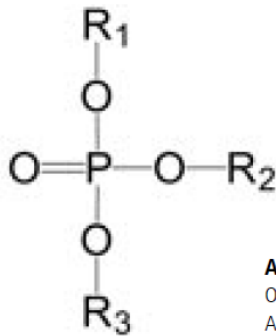


### **Luftströmung wie im OP**

Um Zugerscheinungen und ein übermäßiges Rauschen zu verhindern, wird die Geschwindigkeit an den Luftauslassschlitzen auf knapp einen Meter pro Sekunde reduziert. Unterhalb der Fenstersitze wird die Luft wieder abgesaugt, sodass eine gleichmäßige Zirkulation in der Kabine erreicht wird. Es wird eine Luftströmung von oben nach unten erzielt, eine horizontale Luftströmung seitwärts oder in Längsrichtung findet nicht statt. Die Luftführung entspricht damit dem so genannten Laminar Airflow eines Operationssaals.

### **Chemischer Hintergrund**

Tri-ortho-cresylphosphat (ToCP) gehört zur Gruppe der trialkylierten bzw. triarylierten phosphororganischen Verbindungen (POV) (Abb. 1), deren neurotoxische Wirkung seit längerem bekannt und beschrieben ist.



**Abb. 1:** Allgemeine Strukturformel der Organophosphatsäureester (R = Alkyl-, Arylgruppe)

## Auswirkungen von POV

Nach oraler Aufnahme von POV treten akut Übelkeit, Erbrechen, Diarrhöe, Kopfschmerzen und Schwindelgefühl auf. Nach einer Karenz von zehn bis 15 Tagen werden Wadenschmerzen, Muskelkrämpfe, Parästhesien und schließlich, beginnend an den unteren Extremitäten, Paresen und in schweren Fällen oft Lähmungen beobachtet. Die Ausbreitung der Lähmungen ist nach etwa acht bis zehn Tagen abgeschlossen und die Schwere der Ausfälle erst nach zwei bis drei Monaten feststellbar. Die Rückbildung der Symptome erfolgt langsam und kann bis zu zwei Jahren dauern. Aus diesem Grund wird die neurotoxische Wirkung der Trialkyl- und Triarylphosphate in der arbeits- und umweltmedizinischen Toxikologie häufig als „organophosphate induced delayed neuropathy“ (OPIDN) bezeichnet.

## POV als Zusatzstoff

POV werden häufig als Zusatzstoffe in thermisch beanspruchten hochwertigen Schmierölen und Hydraulikflüssigkeiten, zum Beispiel als Flammschutzmittel und Antikorrosionsmittel in Hydrauliksystemen von Flugzeugturbinen eingesetzt. Darüber hinaus werden POV aufgrund ihrer flammhemmenden Wirkung und als Weichmacher für Kunststoffe auch in Materialien der Innenausstattung (Textilbezüge, Schaumstoffpolsterung, Kunststoffverkleidung) eingesetzt, so dass zum Beispiel Abrieb aus der Fertigung und nach Wartungsarbeiten, aber auch durch den normalen Flugbetrieb zu einer Organophosphatbelastung der einatembaren Staubfraktion in der Flugzeugkabine führen kann.

## „Bleed Air Events“

In diesem Zusammenhang häufen sich seit mehreren Jahren Beschwerden von Flugpersonal und Passagieren über Geruchsbelästigungen bis hin zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen (Kopfschmerz, Übelkeit) im Zusammenhang mit einer



möglichen Hydrauliköl/POV-Exposition nach „bleed air events“. Bislang sind jedoch keine systematischen Untersuchungen zur Gefahrstoffbelastung im Kabinenraum von Passagierflugzeugen publiziert. Hinsichtlich der Organophosphate liegen derzeit nur Innenraum-Studien aus Wohngebäuden vor. Diese Daten lassen jedoch keine Rückschlüsse auf die Verhältnisse in Flugzeugkabinen zu. Bisher vorliegende Untersuchungen zur Luftqualität in Verkehrsmitteln waren auf leichtflüchtige organische Verbindungen (VOC), polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Weichmacher (zum Beispiel Phthalsäureester) und Pestizide (zum Beispiel Pyrethroide) gerichtet. Dabei wurden in erster Linie Luftbelastungen im Fahrtbetrieb erfasst oder Messverfahren zur Standardisierung erprobt. Untersuchungen zur inneren Belastung von Passagieren oder Personal mit den genannten Stoffen sind nicht bekannt.

Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung und Anwendung analytischer Verfahren zur Bestimmung von ToCP und anderen Organophosphaten in der Luft (Projektteil MHH) und in biologischem Material (Projektteil Universität Erlangen-Nürnberg).

### **Nachweisbarkeit von POV**

Zur Luftanalytik wurde ein Verfahren zur quantitativen Bestimmung von insgesamt zehn Trialkyl- und Triarylphosphaten sowie eines TCP-Isomerengemisches mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) erarbeitet und nach analytischen Qualitätskriterien validiert. Dabei wurden zehn typische Vertreter der POV als Zielparameter ausgewählt.

Zur Probenahme wird die Raumluft mit einer Probenahmepumpe durch einen mit deuterierten Organophosphaten (d27-TBP, d15-TPP) dotierten Quarzfilter mit nachgeschaltetem Polyurethanschaum gesaugt. Die adsorbierten POV werden mit Methylenchlorid nach dem Soxhlet-Verfahren extrahiert, mit einem Rotationsverdampfer und einem Stickstoff-Evaporator eingeeengt und in einem Toluol/Ethylacetat-Gemisch aufgenommen. Anschließend erfolgt eine GC-MS-Analyse. Das Verfahren wurde nach analytischen Qualitätskriterien validiert: die Wiederholpräzision variiert komponentenabhängig zwischen 4 und 9 %, die mittlere Reproduzierbarkeit von Tag zu Tag beträgt etwa 5 %. Aufgrund der internen Standardisierung mit Deuterium-markierten Verbindungen wird eine relative Wiederfindung zwischen 91 und 107 % erreicht. Die Bestimmungsgrenzen für ein gesammeltes Luftvolumen von 480 l (entspricht etwa einer Sammelzeit von 4 h bei einem Pumpenvolumenstrom von 2 l/min) liegen zwischen 0,5 – 1 µg/m<sup>3</sup>.

## **ToCP in der Kabinenluft**

Mit dem zuvor beschriebenen Verfahren lässt sich die Konzentration von ToCP, vier TCP-Isomeren sowie von neun weiteren Organophosphaten in der Luft stoffspezifisch und sensitiv bestimmen. Die Methode ist geeignet, Organophosphat-Flammschutzmittel bis in den Bereich der Innenraum-Richtwerte für TCEP (0,005 bzw. 0,05 mg/m<sup>3</sup>) zu untersuchen. Durch den Einsatz isotopenmarkierter interner Standards als Dotierung werden probenahme- und aufarbeitungsbedingte Einflüsse kompensiert.

Im Fall der Tricresylphosphate wurden insgesamt fünf Komponenten identifiziert, von denen die Zielkomponente Tri-ortho-cresylphosphat, ToCP, individuell kalibriert und bestimmt werden kann. Bei den vier anderen TCP-Isomeren handelt es sich vermutlich um meta- und para-substituierte Tricresylphosphate. Zur weiteren Differenzierung wird die Beschaffung entsprechender Referenzsubstanzen in künftigen Projekten angestrebt.

Das neu entwickelte Verfahren soll künftig als **Standardverfahren** für die Bestimmung von POV in der Luft am Arbeitsplatz, insbesondere zur Untersuchung der Belastungssituation in Flugzeugkabinen eingesetzt werden.

## **Ereignisse und Verdachtsfälle– Untersuchungen und Befunde**

Während „**Smoke & Smell**“-Ereignisse in der deutschen Medienlandschaft immer mal wieder teilweise auf reges Interesse stoßen, erhalten solche Fälle **außerhalb von Deutschland kaum Beachtung**. So haben Schlagzeilen, wie „Germanwings vertuschte Beinahe-Absturz über Köln“ oder „Giffluft in der Airbus-Kabine“ nicht nur unsere Fluggäste und die breite Öffentlichkeit, sondern auch Lufthanseseaten selbst beunruhigt. Auch der Bundestag hat über Kabinenluft debattiert.

Die Fraktion Bündnis 90/Die Grünen hat am 30. November 2012 eine Kleine Anfrage (17/11745) eingebracht, in der die Abgeordneten unter anderem erfahren möchten, wie viele Fälle der Bundesregierung im Zusammenhang mit den in Kabine und Cockpit vorkommenden „Öldämpfen“ bekannt sind und wie diese Störungen gemeldet wurden. Eine frühere Kleine Anfrage der SPD-Fraktion (17/11170) hat das Plenum am 13. Dezember 2012 behandelt. Die Bundesregierung hat in ihrer Antwort darüber informiert, dass nach ihrem Wissensstand bislang keine gesundheitliche Belastung durch Triebwerksöle in Flugzeugen festgestellt werden konnte. Ferner seien auch bei anderen Behörden keine konkreten Hinweise auf eine Gesundheitsgefährdung von Fluggästen oder Besatzungsmitgliedern durch kontaminierte Kabinenluft belegt.

In allen sogenannten „Smoke & Smell“ Ereignissen **reagierte die Crew ordnungsgemäß** nach Vorschrift, sodass weder die Besatzung, noch unsere Fluggäste zu einem Zeitpunkt einer lebensbedrohlichen Situation ausgesetzt waren. Um Klarheit zu schaffen, werden in diesem Kapitel exemplarisch drei Ereignisse, die in der Öffentlichkeit zum Teil stark dramatisiert behandelt wurden, kurz erläutert.

### **Der Germanwings-Flug 753**

Am 19. Dezember 2010 landete ein Airbus A319 von Germanwings aus Wien kommend in Köln. Beim Anflug auf die Landebahn des Flughafens Köln/Bonn nahm der Pilot einen „stark verbrannten, etwas süßlichen Geruch“ wahr. Nachdem er ein leichtes Kribbeln in den Händen und Füßen verspürte, setzten der Pilot und Copilot Sauerstoffmasken auf und landeten den Airbus ohne weitere Vorkommnisse. Den Vorfall meldete die Crew direkt im Anschluss ordnungsgemäß an die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchungen (BFU).



Knapp zwei Jahre danach, am 27. September 2012, erscheint ein Zwischenbericht der BFU. Darin schildert die Braunschweiger Behörde, dass der Sauerstoffgehalt im Blut der „Flugzeugführer einen Wert unter 80 % bzw. deutlich unter 80 % aufwies“. Diese und weitere Behauptungen aus dem Zwischenbericht dementierte der Pilot persönlich unter Offenlegung der medizinischen im Rahmen eines Hintergrundgespräches mit Journalisten Ende Oktober 2012. Aus den medizinischen Unterlagen geht hervor, dass bei der anschließenden Untersuchung im Krankenhaus nichts feststellbar war.

### **LH 900 nach London**

Am 21. Oktober 2012 nahm ein Crewmitglied an Bord von Flug LH 900 von Frankfurt nach London-Heathrow Übelkeit wahr. Einzelne Crewmitglieder der A321 klagten über Reizungen der Atemwege. Zu diesem Zeitpunkt befand sich das Flugzeug im Holding. Als reine Vorsichtsmaßnahme setzten die Piloten ihre Sauerstoffmasken auf, als auch sie einen Geruch wahrgenommen hatten. Nach einer Dringlichkeitsmeldung des Piloten erfolgte die Landung mit Priorität und ohne weitere Vorkommnisse.

### **Umfangreiche Maßnahmen**

Eine eventuelle Belastung der Kabinenluft wird natürlich unmittelbar – nach einem gemeldeten Vorfall wie hier – untersucht. Aber auch grundsätzlich wird das Thema umfassend behandelt und Möglichkeiten evaluiert, die eine langfristige Lösung der Geruchsbelästigung an Bord von Lufthansa-Flugzeugen gewährleisten können. Die technischen Maßnahmen sind, in Abhängigkeit vom Report, sehr unterschiedlich. Sie haben das primäre Ziel, die Lufttüchtigkeit des Flugzeugs zu überprüfen und gegebenenfalls schnellstmöglich wiederherzustellen. Exemplarisch kann hier das „Abarbeitungs-Protokoll“ des Airbus A321 einen Überblick über die in einem solchen Fall vorgekommenen Maßnahmen geben:

**Maßnahmen in LHR:**

Engine 1 und 2:

- Kontrolle der Booster Spool auf Ölfeuchte – ohne Befund
- Borescopekontrolle der 3. und 4. Stufe des High Pressure Compressor –

Flugzeugsysteme:

- Wechsel des Avionic Filter und der beiden Recirculation Filter – keine Auffälligkeiten
- Überprüfung der Recirculation Fans auf ungewöhnliche Geruchs-/Geräusentwicklung – ohne Befund
- Überprüfung der gesamten Cabin Lights – ohne Befund
- Kontrolle der Waste Trolleys auf auffälligen Geruch und das Vorhandensein korrekter Mülltüten (rosa) – ohne Befund
- Überprüfung der vorderen und hinteren Toilette auf korrekte Bestückung der Celeste Deo Sticks – ohne Befund
- Engine Idle Run Leak Check mit Überprüfung der Packanlagen – ohne Befund
- Wechsel des Voice Recorder

Der anschließende Überführungsflug LH9927/24. verlief ohne Befunde.

Hierbei wurden diverse Bleed/Pack Schaltzustände und verschiedene Fluglagen hergestellt, u.a.:

- Flight Level Changes
- Power Changes between Idle and Max CLB + g-loads between 2.0g and 0.5g
- Holding Configuration + extended „nose down“

Die Auswertung des eingesetzten Aero Tracer blieb ohne Anzeichen von Engine Oil

**Maßnahmen in FRA:**

Engine 1 und 2

- Kontrolle der Booster Spool auf Ölfeuchte – ohne Befund
- Video Borescopekontrolle der 3. und 4. Stufe des High Pressure Compressor – siehe Punkt „Befunde“
- Borescopekontrolle des Bereich hinter der Fan Disk sowie der FWD Sump Area – ohne Befund
- Kontrolle des LP Shaft auf Ölrückstände – ohne Befund
- Kontrolle der Handling Bleed Valves und der angrenzenden Bereiche auf Ölfeuchte – ohne Befund
- Kontrolle des FWD Galley NTF-Bodenbelags – ohne Befund

Die Auflistung illustriert eindrucksvoll, dass wir das Wohlbefinden unserer Gäste und Crews mit oberster Priorität verfolgten. Nach den aktuellen Maßnahmen fließen die gewonnenen Erkenntnisse in eine Datenbank, um eine eventuelle Systematik erkennen zu können.

Am 14. Januar 2013 veröffentlicht die BFU dazu schließlich einen Kurzbericht, der unter anderem feststellt: „Nachdem die Besatzungsmitglieder als Passagiere nach Frankfurt zurückgekehrt waren, begaben sie sich zu weiteren Untersuchungen in das Klinikum Frankfurt-Hoechst. Alle medizinischen Untersuchungen erbrachten keine abweichenden Befunde. Bereits während des Überführungsfluges sowie danach führten Techniker des Luftfahrtunternehmens Untersuchungen am Flugzeug durch (u. a. elektronische Luftanalysen, Videoboroskopie der Triebwerke), die ohne Befund blieben.“

## **A380 nach Singapur**

Speziell auf den Airbus A380 und der Strecke nach Singapur bezogen, befasst sich Lufthansa seit Herbst 2011 mit dem Thema Kabinenluft. So hat beispielsweise Rolls-Royce auf Lufthansa-Initiative für das Triebwerk eine Modifikation entwickelt, die bereits bei einer ganzen Reihe von Triebwerken stattgefunden hat. (In ähnlicher Weise ist es vor einigen Jahren mit einer Modifikation gelungen, die [Verdachts-]Fälle bei der A340-600 zu minimieren).



Darüber hinaus hat Lufthansa einen **Messkoffer** zur Analyse etwaiger Schadstoffe entwickeln lassen, der nun einsatzbereit ist. Er ging erstmals Ende April auf der A380-Strecke nach Singapur auf die Reise. Es wird gezielt versucht, die Veränderung der Kabinenluftzusammensetzung während eines auftretenden Geruchsvorfalles aufzuzeichnen. Generell sollen in der Kabinenluft potenziell vorhandene Substanzen identifiziert und quantifiziert werden. Aufgrund der wiederkehrenden Berichterstattung wird besonderes Augenmerk gelegt auf Organophosphate wie Tricresylphosphat (TCP), Tributylphosphat (TBP) und Triphenylphosphat (TPP). Hierdurch soll die objektive Bewertung solcher Ereignisse optimiert werden. Entwicklungspartner war die renommierte Medizinische Hochschule Hannover. Insgesamt sind etwa 15 Umläufe auf mit dem Airbus A380 geplant. Mit einer abschließenden wissenschaftlichen Auswertung aller Messdaten ist im 4. Quartal zu rechnen. Auch arbeitet Lufthansa in Abstimmung mit Rolls-Royce und Airbus daran, die Geruchsbelästigung durch ein neues Anlassverfahren der Triebwerke zu minimieren. Während des Triebwerksstarts schaltet die Cockpitbesatzung die Zapfluftzufuhr aus dem Triebwerk vorübergehend ab. In der Zwischenzeit erfolgt seit einiger Zeit in engem zeitlichen Rahmen eine gründliche manuelle Reinigung der Triebwerke, um auch geringste mögliche Ölmengen zu entfernen.

## **LH1785 Ankara - München**

Nach Anlassen der Triebwerke eines Airbus A321 nahm die Crew im Cockpit am 24. Januar 2013 einen starken Geruch („nasser Sack“) wahr, der während des Rollvorgangs zur Bahn nahezu vollständig verschwand. Beim anschließenden Start intensivierte sich der Geruch erneut im Cockpit sowie in der Kabine und roch „Elektrik und Gummi“. Da Geruch in seiner Intensität wechselte und nicht mehr verschwand, entschied sich die Cockpitcrew zur Umkehr nach Ankara.

Nach der Landung Ankunft nahmen auch die Techniker (von Turkish Airlines) den Geruch wahr. Die Kontrolle der Galleys (unter anderem Sealnähte, Heated Floor Panel) sowie eine eingehende Kontrolle der Avionic Bay blieb ohne Befund. Die Überprüfung mittels Engine Run/Up (40% N1) blieb ebenfalls ohne Befund. Nach dem Abstellen der Triebwerke wurde in der Nähe des Copilotensitzes erneut Geruch nach „nassem Sack“ und Elektrik wahrgenommen. Der zuvor geplante Überführungsflug wurde gestrichen.

Im Detail nahm Lufthansa Technik folgende Arbeiten vor:

- an Engine 1 und 2 die Booster Spool auf mögliche Anzeichen von Öl kontrolliert
- an Engine 1 und 2 Boroskopkontrolle der Hochdruckkompressorstufen 3 und 4
- APU und APU Einlass auf Kontamination und äußere Leckagen geprüft
- APU Duct System und APU Bleed Valve auf Kontamination
- Avionic Filter kontrolliert
- Rezirkulationsfilter präventiv gewechselt
- Cockpit & Cabin: Beleuchtung auf Auffälligkeiten
- Spotchecks in der FWD, MID und AFT Cabin Zone hinter den Deckenverkleidungen
- Eingehende Sichtkontrollen an allen Circuit Breaker Panel
- Eingehende Kontrolle des Avionic Compartment
- Engine Run Up mit Dekontamination des Environmental Control System (Bleed und Klimaanlage)

Den angereisten Technikern fiel während der Arbeiten auf dem Flughafen Ankara allerdings eine spürbare Belastung durch Industrieabgas auf. Das Flugzeug hat in den ersten Tagen nach Abschluss der Kontrolle bereits elf Flüge absolviert, ohne dass weitere Anzeichen von Geruchsbelästigung feststellbar waren.

### **Kabinenluft als Thema im Bundestag**

Zum Thema „kontaminierte Kabinenluft in Flugzeugen“ nahm die Bundesregierung in den vergangenen Jahren aufgrund mehrerer parlamentarischer Anfragen Stellung. Zur Kleinen Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN antwortete die Bundesregierung am 15. Juni 2012 (Drucksache 17/10035):

„In der ECCAIRS-Datenbank (European Coordination Centre for Aircraft Incident Reporting System) wurden in den letzten fünf Jahren (Jan 2008 – Mai 2012) zum Thema Ölgeruch / oil smell insgesamt 74 Meldungen wie folgt erfasst:“

Jahr	2008	2009	2010	2011	2012
Anzahl	7	0	15	40	12

„In den letzten fünf Jahren hat die BFU folgende Anzahl von Meldungen zum Thema „Ölgeruch / oil smell“ nach § 5 LuftVO als schwere Störung eingestuft:“

Jahr	2008	2009	2010	2011	2012
Anzahl	0	0	1	6	2

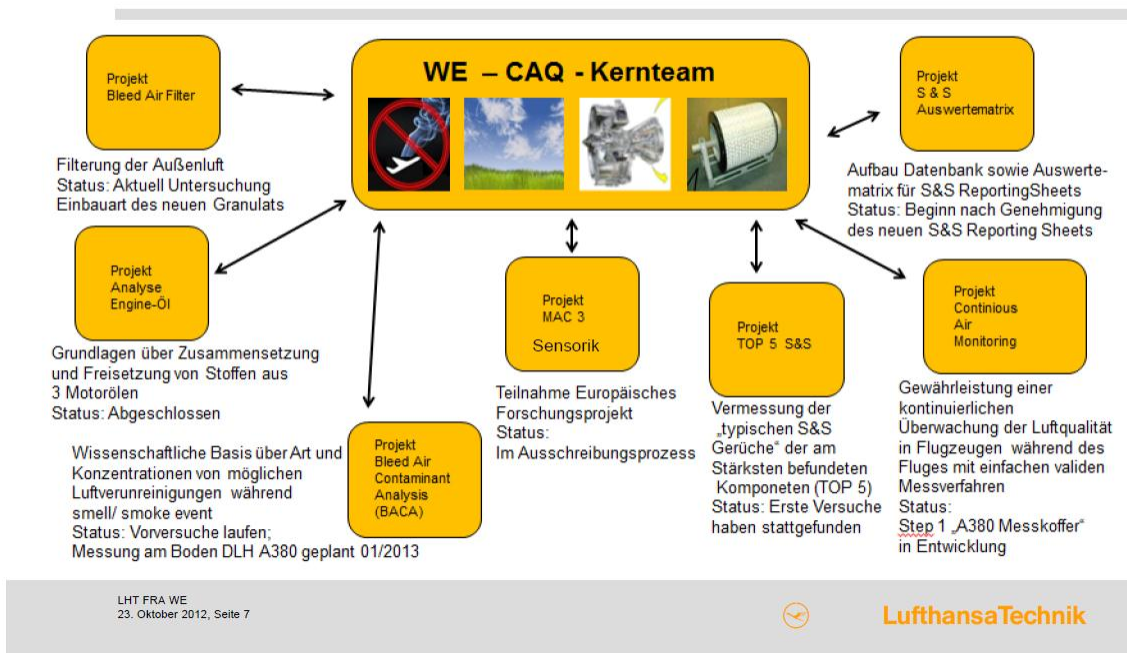
- „Die Meldungen betreffen unterschiedliche Luftfahrtunternehmen und unterschiedliche Flugzeugmuster“
- „Diese Angaben lassen keine Rückschlüsse auf Unterschiede zwischen Flugzeugmuster oder Luftfahrtunternehmen zu und werden von folgenden Faktoren beeinflusst:“
  - Ereigniswahrscheinlichkeit
  - Anzahl der eingesetzten Flugzeuge je Muster
  - Höhe des Flugstundenaufkommens der eingesetzten Flugzeuge eines Unternehmens
  - Meldedisziplin der Luftfahrtunternehmen



## Maßnahmen zur grundsätzlichen Klärung des Sachverhaltes

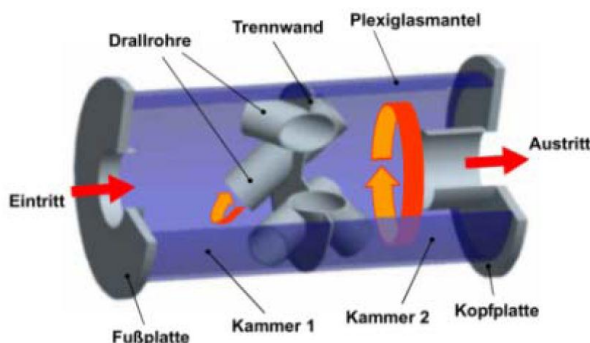
Neben der Analyse aktueller Vorkommnisse versucht man an vielen Stellen auch der Problematik grundsätzlich zu begegnen. So gibt es innerhalb der Lufthansa Group eine Vielzahl von Maßnahmen, welche diesem Ziel nachgehen. Unter der Federführung der Lufthansa Technik AG werden einige Initiativen gebündelt vorangetrieben:

### Aktuelle CAQ Projekte bei WE im Überblick



### Teilprojekt „Bleed Air Filter“

In diesem Projekt wird die Möglichkeit untersucht, einen **neuen Typ Filter** zum Einsatz zu bringen. Dabei handelt es sich um einen sog. Zyklon-Filter.

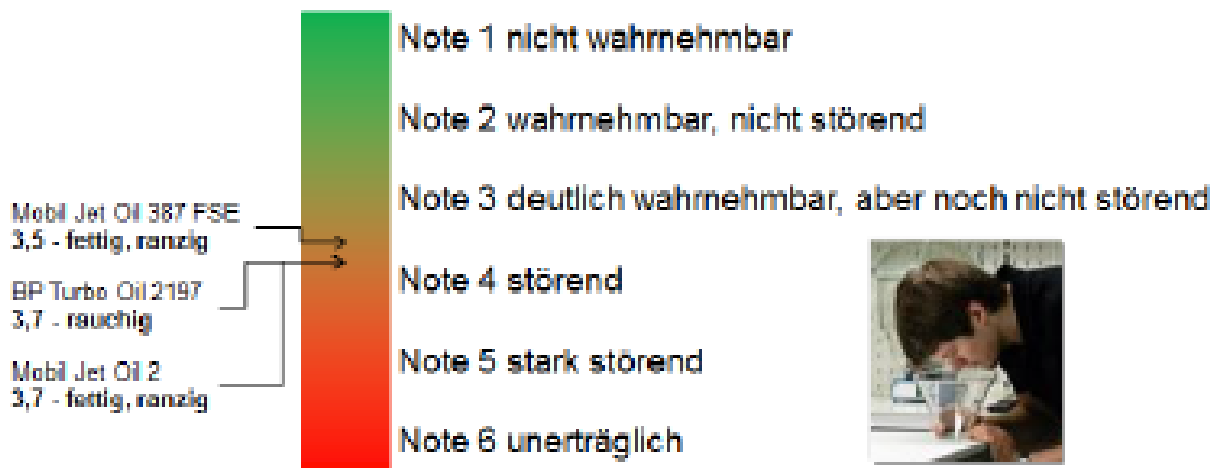


Hier wird die Zapfluft in Rotation versetzt und die in der Luft befindlichen Partikel werden durch die entstehende Zentrifugalkraft aus dem Hauptluftstrom geleitet.

## Teilprojekt „Engine Ölanalyse“

Basierend auf einer zunehmenden Anzahl von Geruchsvorfällen wurde in diesem Projekt analysiert, wie Triebwerksöle riechen und welche Inhaltsstoffe diese Gerüche hervorrufen. Ziel war es, Grundlagenkenntnisse über Triebwerksöle zu erlangen.

### „Riechen“ Engine-Öle unterschiedlich? (bei 40° C)



Es wurden drei Motorenöle untersucht und zunächst nach störenden Gerüchen kategorisiert.

Um weitere Erkenntnisse über die im Öl enthaltenen leicht- und mittelflüchtigen Stoffe zu erhalten, wurde eine weitere Laboranalyse in Auftrag gegeben. Sie zeigte, dass die Konzentration dieser Stoffe je Sorte stark variieren kann und ließ den Schluss zu, dass die Menge dieser Stoffe in direktem Zusammenhang mit der Geruchsintensität steht.

## Teilprojekt „Bleed Air Contaminant Analysis (BACA)“

Ziel ist es, eine Oil Smell Beanstandung im Flugbetrieb am Boden zu reproduzieren und die tatsächliche Belastung in der Passagierkabine unter möglichst realen Bedingungen zu erfassen (objektive Daten).



Es existieren keine gesicherten Angaben über die tatsächliche (toxische) Belastung der Flugzeugkabine zum Zeitpunkt einer Beanstandung.

Während viele Studien die CAQ in der „normalen“ Operation beschreiben, gibt es sehr wenige Studien über den Einfluss besonderer Situationen auf die Luftqualität in Flugzeugen (zum Beispiel während De-icing, Engine Oil leakage).

Hierzu wurde ein Motor (Kompressor) mittels einer Pumpe mit einer bestimmten Menge Öl (nur am Boden)kontaminiert. Das Öl wird durch einen Adapter eingeleitet. Dieser kann in eine normale Boroskopöffnung geschraubt werden.

In der Flugzeugkabine werden eine Reihe Messinstrumente angebracht, um eine mögliche Kontamination in der Kabine festzustellen.

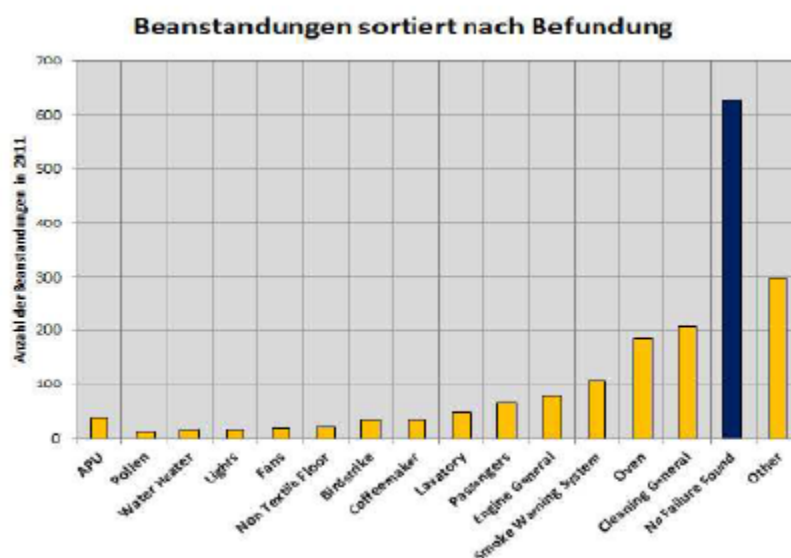
Vorrichtung zum Einbringen von Öl in den Kompressor hat Lufthansa Technik entwickelt. Bevor der Test stattfinden kann sind allerdings noch weitere Abstimmungen zwischen den Projektpartnern erforderlich.

### **Teilprojekt „Monitoring Aircraft Cabin Contamination and its Control, MAC3“**

Dieses Projekt zielt primär auf die Entwicklung eines Prototyps für automatisierte CAQ Messungen im Fluge. Weitere Ziele sind:

- Reduktion der Bodenzeiten durch effizientes Einsetzen von Messtechnologie und Optimierung von Ground Test Procedures
  - Beurteilung möglicher Sensortechniken
  - Durchführung umfangreicher CAQ Messungen innerhalb einer Studie (geplant sind 3000 Flüge!)
  - Einarbeitung neuer Erkenntnisse in Norm für Kabinenluftqualität EN4618
- Das Projekt soll auf europäischer Ebene durchgeführt werden und hat eine geplante Laufzeit von drei Jahren.

### **Teilprojekt „S&S TOP 5 Komponenten“**



Da es aktuell keinen „typischen“ Geruch für eine Komponente des Flugzeugs gibt, möchte man mit dieser Initiative versuchen, die „typischen“ Gerüche der am meisten beanstandeten Komponenten zu vermessen.

Ziel ist die Schaffung einer Basis für ein schnelleres Trouble Shooting und eine eindeutigere Ursachenklärung.

Hierzu wird jede zu untersuchende Komponente (Zustand: Beanstandet und Befund) einzeln in einer Messkammer installiert. Der Fehlerfall wird simuliert und die Komponente gibt ihren "typischen Geruch" ab. Das Projekt befindet sich derzeit in der Umsetzung. Mit den Ergebnissen kann in 2013 gerechnet werden.

### **Teilprojekt „Continuous Air Monitoring“**

Ziel ist die kontinuierliche Überwachung der Luftqualität in Flugzeugen während des Fluges mit einfachen und validen Messverfahren.



Hierzu wird ein Messkoffer entwickelt, der autark vom Flugzeug betrieben werden kann. Der Stauort soll etwa im Cockpit der A380 hinter dem Copilotensitz sein. Pumpen im Messkoffer dienen dem Ziehen von Luftproben, die sich dann im Labor analysieren lassen.

### **Teilprojekt „S&S Auswertematrix“**

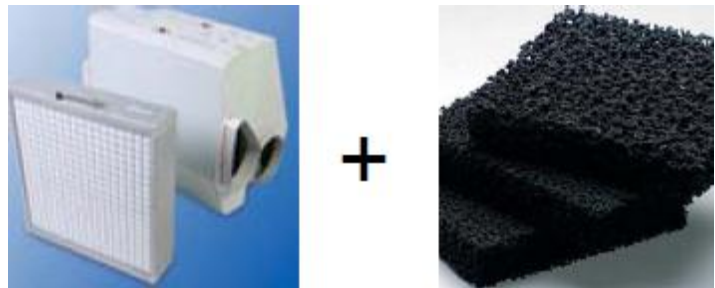
Zu jedem Smoke & Smell Event wird empfohlen, ein „Smoke & Smell Reporting Sheet“ (SSR) auszufüllen. Diese Reports sind heute nicht automatisch nach allen möglichen Kriterien auswertbar.

Ziel dieses Teilprojekt ist es, eingehende **Reports automatisch zu erfassen**, die Daten in einer **Datenbank zu speichern und für Auswertungen zur Verfügung zu stellen**. Dies würde folgende Vorteile bieten:

- Bessere Nutzung der Daten
- Möglichkeit des automatischen Auswertens für alle Nutzer
- Verursacher von Gerüchen werden schneller und mit weniger Arbeitsaufwand bestimmbar sein.
- Möglichkeit einer Standardisierung der Abarbeitungen

Über die hier genannten Projekte hinaus wird auch an der bestehenden Technik weiter gearbeitet.

Ein Punkt ist die weitere Verbesserung der in allen Lufthansa Flugzeugen verbauten HEPA-Filtern (High Efficiency Particular Airfilter).



Diese Filter reinigen die Rezirkulationsluft in den Flugzeugen bereits von Teilchen mit einer Größe zwischen 0,001 und 100 Mikrometer (ein Mikrometer ist der tausendste Teil eines Millimeters).

Gerüche können diese Filter aber bisher noch nicht herausfiltern. Dazu sollen diese HEPA-Filter mit einer zusätzlichen Aktivkohleschicht versehen werden. Dies stellt die derzeit optimalste Filterung der Luft dar.

Da durch diese Filter lediglich die Rezirkulationsluft im Flugzeug, also ca. 40% der gesamten Luftmenge, geführt wird, besteht immer noch die theoretische Möglichkeit, dass Kontaminationen durch die Außenluft in die Kabine gelangen.

## **Ausblick**

Auch wenn einiges darauf hindeutet, dass die Brisanz in diesem Thema im Augenblick eher übertrieben wahrgenommen werde, wolle Lufthansa sich weiter dafür einsetzen, der Sache gemeinsam mit den Flugzeug- und Triebwerksherstellern auf den Grund zu gehen, schreibt Accountable Manager Lufthansa Passage und Chefpilot Werner Knorr. „Die Gesundheit unserer Gäste an Bord und die Gesundheit unserer Besatzungen muss in dieser Diskussion die höchste Priorität haben.“

Geplant ist ein Bodentest mit bewusster Einleitung von Öl in den Luftkreislauf eines Flugzeuges, um dann in der Kabine und im Cockpit Messungen vorzunehmen. Ein Vortest dazu ist mit einer ausgemusterten Boeing 737 bereits erfolgt. Zusammen mit dem Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft (BDL) und der Vereinigung Cockpit haben bislang zwei Gespräche mit Industrievertretern stattgefunden. Thematisch ging es um die strategischen Ziele: Sensoren, Filter und schließlich die generelle Designänderung.

Lufthansa und Lufthansa Technik beteiligen sich am europäischen Projekt „Monitoring Aircraft Cabin Contamination and its Control“ (MAC3). Ebenfalls unter anderem mit an Bord: Airbus, Boeing, Fraunhofer-Institut. Ziel des Projektes ist es, die Transparenz durch objektive Tests und Messungen zu erzeugen. Sie ist dringend notwendig, um das Thema zu versachlichen und Lösungsansätze zu entwickeln.

Werner Knorrs Fazit: „Ich glaube ohne Übertreibung sagen zu können, dass Lufthansa in der weltweiten Airline-Industrie diesbezüglich eine Führungsrolle einnimmt, ohne selbst der Verursacher des Problems zu sein.“

## Anhang

### Weiterführende Links

[zeit.de – Aerotoxisches Syndrom: Angst vor Nervengift im Flugzeug](#)

[Frankfurter Allgemeine Zeitung – Toxische Dämpfe oder heiße Luft über den Wolken](#)

[Spiegel Online – Dämpfe in Flugzeugen: Das Giftgespenst fliegt mit](#)

[Audio: Deutschland-Radio –Up in the air: Nervengift in Flugzeugkabinenluft](#)  
[Aerotoxic Association](#)

[EASA Europäische Agentur für Flugsicherheit](#)

[BDL – Bundesverband der deutschen Luftverkehrswirtschaft](#)

[Airbus](#)

[Luftfahrt-Bundesamt](#)