

## ARBEITSGRUPPEN

## BLEED AIR OIL CONTAMINATION - EIN BISHER UNBEKANNTES FLUGSICHERHEITS- UND GESUNDHEITSRISIKO?

Von: AG Flugmedizin

08.05.2009

Der BFU Jahresbericht 2007 benennt als zweit häufigsten Grund von schweren Störungen den Ausfall von Besatzungsmitgliedern wegen gesundheitlicher Beeinträchtigung (Flight Crew Incapacitation) während des Fluges. Das sind 17% aller Schweren Störungen mit Flugzeugen größer 5,7t. [1]

Eine Studie des Australian Transport Safety Bureau [2] geht den medizinischen Ursachen für Pilot Incapacitation nach. Als Gründe für Incapacitation werden unter anderem genannt:

1. gastrointestinal illness (food poisoning) (21%)
2. exposure to toxic smoke and fumes (12%)
3. loss of consciousness, unspecified reason (9%)
4. heart attack (8%)



© Kica Henk - Fotolia.com

### Was sind Toxic Fumes und Bleed Air Oil Contamination?

Mit Erscheinen der ersten Jetliner Ende der 50er Jahre gab es zwei Methoden zur Versorgung und Klimatisierung der Druckkabine: Entweder Turbokompressoren (T/C's), wie sie beim Pratt & Whitney JT3 (z. B. B707 und DC8) verwendet wurden, oder das Abzapfen von Druckluft aus den Verdichterstufen des Triebwerks (Bleed Air) z. B. Rolls-Royce Avon (Caravelle). Die B707 konnte je nach Kundenwunsch mit der einen oder anderen Funktion ausgestattet werden. Jedoch wurden in den USA aufgrund der Gefahr von kontaminierter Kabinenluft durch Undichtigkeiten bei den Kompressorlagern, der Einbau von Turbokompressoren von der FAA vorgeschrieben.[3]

Durch technische Verbesserungen der Triebwerke im Lauf der Zeit, wurde auch das Entweichen von Triebwerksöl in das Zapfluft-System deutlich verringert, konnte aber nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Nicht zuletzt wegen der leichteren Bauweise und höherer Treibstoffeffizienz wurde dann das Bleed-Air-System bei den nachfolgenden Flugzeuggeneration (ab B727, DC9) zum bis heute anhaltenden Konstruktionsprinzip.

Erst die B787 wird wieder mit Turbokompressoren ausgestattet sein und somit keine Zapfluft mehr verwenden. Nach Einschätzung der Hersteller sind die derzeit verwendeten Triebwerksdichtungen in der Regel sicher. Aber stimmt das? Dazu eine Betrachtung des maximal zulässigen Öl-Verbrauchs moderner Triebwerke:

- Beim RR Trend 500 (A 346) sind 0,62 Liter/Stunde maximal zulässig.
- Beim CFM-56 (A 320) sind es max. 0,3 Quarts/Stunde.
- Beim GE90-115 (B 777) max. 0,83 l/h.

### Sind Triebwerke also 100 prozentig dicht?

Antwort: ein klares Nein! Hersteller formulieren das z.B. so: „The air supply is protected from contamination by seals, which achieve maximum efficiency during steady state operation.“

However, they may be less efficient during transients (engine acceleration or deceleration) or whilst the engine is still achieving an optimum operating temperature.“ [4]

### **Gibt es im Cockpit Warneinrichtungen für den Fall von Bleed Air Oil Contamination?**

Zur Zeit noch nicht! Anfang März erging eine Aufforderung des ASHRAE Präsidenten (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.) an die Direktoren von FAA und EASA sich dringend bis Jahresende mit dieser Problematik auseinanderzusetzen und entsprechende Vorschriften zu erlassen:

„In light of the committee’s flight safety concerns and the references cited below, the committee requests that, this year, you investigate and determine the requirements for bleed air contaminant monitoring and solutions to prevent bleed air contamination, including maintenance/operating/design control measures and bleed air cleaning equipment.“[5]

Das einzige, derzeit existierende „Warninstrument“ im Cockpit sind die Nasen der Crew. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass dieser „Sensor“ bei einem Bleed Air Event höchst unzureichend ist. Der Geruchssinn lässt nach ein bis zwei Minuten stark nach, weil die Geruchsrezeptoren schnell gesättigt sind (Adaptation). Außerdem ist der Geruchssinn individuell sehr unterschiedlich ausgeprägt. Möglicherweise ist der Kollege im Cockpit, bzw. man selbst sogar vollkommen geruchsblind. Geruchsblindheit stellt keine Einschränkung für die Erteilung einer Fluglizenz dar. Vor diesem Hintergrund sollten deshalb auch gerade Meldungen aus der Kabine oder von Passagieren über ungewöhnliche Geruchswahrnehmungen sehr ernst genommen werden, sogar dann, wenn man selbst nichts riecht.

### **Wie kann man im Cockpit Bleed Air Oil Contamination feststellen?**

Anbetracht der oben genannten Unzulänglichkeiten des menschlichen Geruchssinns eine schwer zu beantwortende Frage. Aus Umfragen geht hervor, dass Oil Contamination, bzw. Fälle von Crew Impairment oder Incapacitation mit folgenden Gerüchen in Verbindung gebracht werden können: [6]

Answers regarding the smell included:

- banana smell
- bitter taste
- blueish mist
- dirty socks smell
- “funny” smell
- hot oil smell
- insidious smell
- nauseating, oily smell
- plasticine-type smell
- vomit-type smell
- smelly feet
- taste of oil
- exhaust smell

Stellt Bleed Air Oil Contamination eine Einschränkung der Lufttuchtigkeit dar? Die geltenden Zulassungs- und Lufttuchtigkeitskriterien sind eindeutig:

FAA,JAR, EASA-CS 25.831 Ventilation

*„... each crew compartment must have enough fresh air ...to enable crewmembers to perform their duties without undue discomfort or fatigue.*

*(b) Crew and passenger compartment air must be free from harmful or hazardous concentrations of gases or vapours. (Hervorg d.V.)“ [7]*

Dies reflektiert auch die folgende Lufttuchtigkeitsanweisung des Luftfahrt-Bundesamts:

*„Öl-Kontamination in der Klimaanlage (Air Conditioning - Oil Contamination): Eine Ölleckage im Bereich der Klimageräte, Triebwerke, APU ... können zur gesundheitsschädlichen Verunreinigung der Kabinenluft führen und Vergiftungserscheinungen bei der Flugbesatzung verursachen.(Hervorg.d.V.)“ [8]*

### **Welche Auswirkungen hat Bleed Air Oil Contamination auf den Menschen?**

Nach derzeitigem, wissenschaftlich nicht vollständig geklärtem, Kenntnisstand reicht die

Bandbreite der kurzfristigen Effekte von kaum wahrnehmbarer Geruchsbelästigung bis zu vollkommener Handlungsunfähigkeit beider Crewmember. [9], [10], [11], [12], [13]

### **Zwischenfälle / Untersuchungsberichte:**

Vorfälle dieser Art sind bereits seit 1977 bekannt. [14] Ein sehr bekannter Fall ereignete sich vor 10 Jahren in Schweden. Im Zusammenhang mit dem „Malmö-Incident“ wird von der Untersuchungskommission folgendes festgestellt:

*„SHK has attempted to find factors other than contaminated cabin air that could be the explanation for the experiences of the crew. Nothing during the investigation has however demonstrated such factors...Instead everything indicates that the quality of the cabin air had a crucial significance. „ [9]*

Die schwedische Untersuchungsbehörde stellte zwei bemerkenswerte Forderungen auf:

1. *„– that an international database is established with factual information from flights where suspicion of polluted cabin air exists (RL 2001:41e R3);*
2. *that research efforts are initiated in regards to the characteristics of modern lubricating oils under very high pressure and temperature and their influence on the health of human beings (RL 2001:41e R4).“*

Beide Recommendations wurden jedoch bislang nicht umgesetzt.

### **Medizinische/Toxikologische Forschung und Veröffentlichungen**

Eine medizinisch-toxikologische Bewertung in Bezug auf die Exposition mit Inhaltsstoffen von Triebwerksölen ist nicht einfach und wirft weiterhin Fragen auf. Zugelassene Triebwerksöle müssen nach dem Standard US Navy MIL-PRF-23699 spezifiziert sein. Diese Öle unterlaufen während ihrer Nutzung im Triebwerk einem Alterungs- und Degradierungsprozess und somit auch einer chemischen Veränderung, was letztlich zum notwendigen Austausch führt.

Kommt es zu Kontamination der Kabinenluft mit verdampftem Triebwerksöl, so ist bislang immer noch unklar welche Substanzen und chemischen Verbindungen genau bei welchen Temperaturen in welchen Mengen in die Atemluft gelangen. Hinzu kommt, dass ein solches Ereignis, tritt es im Flug auf, in unter Druck reduzierten atmosphärischen Bedingungen stattfindet. Dieses Phänomen bedarf einer weiteren, genaueren Betrachtung und Bewertung, die aber bisher aussteht.

Toxikologen gehen von verschiedenen Substanzen aus. Einige davon sind laut Herstellerangaben in den Sicherheitsdatenblättern in den heute verwendeten Triebwerksölen enthalten:[15]

- Tri-kresyl-Phosphat (CAS Nr. 1330-78-5)
- Phenyl-alpha-naphtylamine (CAS Nr. 90-30-2)
- Benzamin (CAS Nr. 101-67-7)
- Verschiedene organische Kohlenwasserstoffe (VOC's)

In den letzten Jahren hat sich der Fokus der Forschung zunehmend auf die Gruppe der Organophosphate konzentriert. [16] Zu dieser Gruppe gehört auch das oft in diesem Zusammenhang benannte Tri-kresyl-Phosphat. Dabei handelt es sich um eine Mischung aus 10 Isomeren Molekülen mit unterschiedlicher Toxizität (relativer toxischer Faktor 1 bis 10) [17].

Interessanterweise stammt die Grundlagenforschung zur Toxizität von Tri-kresyl-Phosphat aus Deutschland. Bereits 1958 befasste sich der Toxikologe Professor Dr. Dietrich Henschler an der Universität Würzburg mit diesem Stoff und seinen Auswirkungen auf den menschlichen Organismus. [17]

Die heute zum Vergleich herangezogenen Studien in Bezug auf gesundheitlichen Auswirkungen von Organophosphaten werden meist aus der Forschung zu Pestiziden und Insektiziden und hier teilweise aus tierexperimentellen Studien gezogen [18],[19].

### **Wie kann man Inhalation von Öldämpfen nachweisen?**

Leider gibt es bisher kein standardisiert anwendbares Verfahren im Sinne eines Biomonitorings um die Frage bzw. den Nachweis der Exposition von Flugbesatzungen bei Bleed Air Contamination oder Toxic Fume Events zuverlässig zu messen.

Der medizinische Nachweis einer Exposition gegenüber verdampftem Triebwerksöl gestaltet sich auch schwierig, da es sich hierbei um eine Mischung aus bis zu 250 verschiedenen Substanzen handeln kann. [20]

Bekannt sind auf Urinuntersuchungen basierende Biomonitoringsysteme, welche jedoch hohe Expositions Dosen bewerten.

Eine Arbeitsgruppe der Universität Washington, Seattle entwickelt derzeit ein neueres Testverfahren welches jedoch noch keine Ergebnis an menschlichen Proben ergeben hat [21].

Eine medizinische Bewertung muss in jedem Fall die Auswirkungen des Gesamtgemisches der auftretenden Substanzen betrachten und die möglichen Wechselwirkungen berücksichtigen. Bislang gibt es keinen wissenschaftlichen Nachweis der bestätigt, dass Öldämpfe gesundheitlich unbedenklich sind. Die Studien die derzeit vorliegen, lassen eher auf das Gegenteil schließen.

Die VC verfolgt das Thema bereits seit einigen Jahren mit zunehmendem Interesse in verschiedenen Arbeitsgruppen (AG MED, AG Flight Safety, AG ADO), und evaluiert in einem Pilotprojekt in Zusammenarbeit mit dem IPASUM (Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin), der Friedrich Alexander Universität Erlangen Nürnberg, seit 2008 ein Biomonitoring mittels Urintest. Wir möchten an dieser Stelle nochmals darauf hinweisen, dass Interessierte an diesem Projekt teilnehmen und kostenlos ein Testkit über die VC bestellen können. [Werner@VCockpit.de](mailto:Werner@VCockpit.de)

Sowohl Hersteller als auch Airlines haben offenbar das Problem und seine potentiellen Auswirkungen bisher unisono verharmlost.

### **Handlungsempfehlung der VC bei Verdacht auf Bleed Air Oil Contamination.**

Es gibt nur EIN wirksames Mittel zum Schutz und zur Sicherstellung der uneingeschränkten mentalen Handlungsfähigkeit der Besatzung: Sauerstoffmaske 100%

Die weitere Vorgehensweise ergibt sich durch die Herstellervorschriften und die entsprechenden Checklisten für „Fumes“. Auf jeden Fall ist ein Eintrag ins technische Bordbuch (TLB, Techlog) erforderlich.

Eine Beeinträchtigung der Cockpit und/oder der Kabinenbesatzung stellt in jedem Fall eine schwere Störung der Flugsicherheit dar und ist laut § 5 LuftVO ein meldepflichtiger Vorfall.

Kriterien für Schwere Störungen sind u.a.:

- Umstände, die die Flugbesatzung zur Benutzung von Sauerstoff zwingen;
- jeder Ausfall von Flugbesatzungsmitgliedern während des Flugs;

Eine Unfallanzeige an den Arbeitgeber bzw. die BGF (Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltung) ist notwendig. Empfohlen wird auch das Aufsuchen eines Durchgangsarztes mit Verweis auf die medizinischen Protokolle von Occupational Health Research Consortium in Aviation (OHRCA) [22] und BAe Systems [23].

Underreporting scheint ein großes Problem zu sein. Die Kolleginnen und Kollegen der BALPA gehen davon aus, dass nur 5 Prozent der Fälle tatsächlich gemeldet werden.

### **„share your experience“**

[1] BFU (Bundesstelle für Flugunfalluntersuchungen) Deutschland; Jahresbericht 2007, Unfälle und Störungen beim Betrieb ziviler Luftfahrzeuge, Flugzeuge über 5,7 t -Seite 1

[2] ATSB (Australian Transport Safety Bureau ) TRANSPORT SAFETY REPORT ,Aviation Research and Analysis Report - B2006/0170 Final; Dr David G. Newman, Pilot Incapacitation: Analysis of Medical Conditions Affecting Pilots Involved in Accidents and Incidents

[3] IFALPA Safety Bulletin 09SAB02 Cabin air quality issues

[4] BAE SYSTEMS All Operator Message: Ref 00/030V, SUBJECT: Smoke and Fumes (Smells)

[5] ASHRAE, William A. Harrison (President), Letter to FAA and EASA regarding: Request to investigate and determine requirements for bleed air contaminant monitoring and solutions to prevent bleed air contamination, March 6, 2009

[6] Michaelis, A survey of Health symptoms in BALPA Boeing 757 pilots, J Occup Health Safety — Aust NZ 2003, 19(3): 253-261

[7] EASA ,European Aviation Safety Agency , Certification Specifications for Large Aeroplanes,

CS-25 Amendment 5, 5 September 2008

[8] LBA Luftfahrt-Bundesamt, Lufttüchtigkeitsanweisung LTA-Nr.: 2001-349/2

[9] SHK (Statens haverikommission) Schweden, Board of Accident Investigation Report RL 2001:41e Incident onboard aircraft SE-DRE during flight between Stockholm and Malmö, M county, Sweden, on 12 November 1999 ,Case L-102/99

[10] BFU (Bundesstelle für Flugunfalluntersuchungen) Deutschland; Untersuchungsbericht 5X001-0/07 Schwere Störung, März 2007

[11] BFU (Bundesstelle für Flugunfalluntersuchungen) Deutschland; Untersuchungsbericht 5X003-0/07 Schwere Störung, März 2007

[12] Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation Nr. u1884 Untersuchungsbericht des Büros für Flugunfalluntersuchungen über den schweren Vorfall des Flugzeuges AVRO 146-RJ 100, HB-IXN betrieben durch Swiss International Air Lines Ltd. unter der Flugnummer LX1103 vom 19. April 2005 im Anflug auf den Flughafen Zürich-Kloten.

[13] AAIB (UK Air Accidents Investigation Branch) Bulletin: 7/2007, INCIDENT BAe 146-300, D-AEWB, 19 February 2007 at 1335 hrs, after departure from Birmingham.

[14] MONTGOMERY et. al. Human Intoxication Following Inhalation Exposure to Synthetic Jet Lubricating Oil , Pulmonary-Toxicology Laboratory and Departments of Pharmacology, Medicine, and Anesthesiology University of Minnesota , CLINICAL TOXICOLOGY 11 (4), pp. 423-426 (1977)

[15] The Toxicity Of Commercial Jet Oils, Chris Winder and Jean-Christophe Balouet

[16] Chris Winder, Proceedings of the Contaminated Air Protection Conference, BALPA CONTAMINATED AIR PROTECTION, Air Safety and Cabin Air Quality International Aero Industry Conference, pp.8-36 (2005)

[17] Henschler, D., Bayer, H.H. Toxicologic studies of triphenyl phosphite, triphenyl phosphates, and triaryl phosphates from mixtures of homogenous phenols. Archives of Experimental Pathology and Pharmacology 233: 512-517, 1958.

[18] Abnormalities on neurological examination among sheep farmers exposed to organophosphorous pesticides. J R Beach, A Spurgeon, R Stephens, T Heafield, I A Calvert, L S Levy, and J M Harrington, Occup Environ Med. 1996 August; 53(8): 520–525.

[19] Steenland K, Jenkins B. Chronic neurological sequelae to Organophosphate pesticide Poisoning ; Am J Public Health. 1994 May; 84(5): 731–736.

[20] MICHAELIS, Aviation Contaminated Air Reference Manual, ISBN 978-0-9555672-0-9

[21] Furlong et al. Biomarkers for Exposure and of Sensitivity to organophosphorus(OP) Compounds University of Washington, Seattle, Washington, USA, BALPA CONTAMINATED AIR PROTECTION, Air Safety and Cabin Air Quality International Aero Industry Conference, pp.113-130 (2005)

[22] OHRCA, Occupational Health Research Consortium in Aviation, EXPOSURE TO AIRCRAFT BLEED AIR CONTAMINANTS AMONG AIRLINE WORKERS A GUIDE FOR HEALTH CARE PROVIDERS, August 2008.

[23] BAE SYSTEMS, BAe 146/RJ SERVICE INFORMATION LEAFLET 21-146-RJ-536-1 SUBJECT: Cabin Air Quality Troubleshooting Advice and Relevant Modifications, Section 3 - CREW MEDICAL TESTS.

« [Zurück zu Übersicht](#)