

Memo / Preprint

als populärwissenschaftliche Darstellung

AERO_M_Kabinenluft_17-10-01.pdf

Datum: 2017-10-01

Prof. Dr. **Dieter Scholz**, MSME

Aircraft Design and Systems Group (AERO)

Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

Hamburg University of Applied Sciences Hamburg (HAW Hamburg)

Berliner Tor 9, 20099 Hamburg

E-Mail: info@ProfScholz.de

WWW: <http://AERO.ProfScholz.de>

PURL: <https://purl.org/aero/M2017-10-01> (persistent link to this document)

DOI: <https://doi.org/10.31224/osf.io/he59k> (persistent link to preprint)

Die Luft in der Kabine von Passagierflugzeugen ist nicht so gut wie oft angenommen – Hintergründe, Lösungsmöglichkeiten und deren Umsetzung

Worum geht es? Die typischen Kurz-, Mittel- oder Langstreckenjets fliegen in großen Höhen von oft mehr als 10 km. Dort oben hat die Luft nur noch 20 % des Druckes von dem auf der Erdoberfläche. In dieser Umgebung werden wir Menschen bereits nach wenigen Sekunden ohnmächtig. Die Klimaanlage des Flugzeugs sorgt aber für passenden Luftdruck. Die stabile Druckkabine des Flugzeugs sorgt dafür, dass der aufgeblasene Rumpf den Druckunterschied zur Umgebung aushält. Während des Fluges wird die Luft in der Kabine in kurzen Zeitintervallen durch frische Luft ausgewechselt, weil viele Personen auf engem Raum sitzen. Die Luft wird aus der Umgebung genommen und muss im Reiseflug dazu verdichtet werden. So etwas wird mit einem Verdichter gemacht. Jeder Jet ist mit einem Verdichter in jedem seiner Triebwerke ausgestattet. Die Luft wird im Triebwerk verdichtet, bevor sie in die Brennkammer und dann über die Turbine wieder nach draußen gelangt und das Flugzeug antreibt. Seit den 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts ist es üblich, die Luft für die Kabine dem Verdichter des Triebwerks als sogenannte "Zapfluft" zu entnehmen. Das hat den Vorteil, dass man keinen zusätzlichen Verdichter für die Klimaanlage benötigt, Komponenten einspart und dadurch das Flugzeug preiswerter bauen und anbieten kann. Das ist eigentlich auch kein Problem, denn der Verdichter des Triebwerks nimmt ja die Umgebungsluft auf.

Wenn Flugzeuge an der Startbahn hintereinander aufgereiht auf die Startfreigabe warten, dann ist die Luft dort nicht so frisch, was man auch sofort in der Kabine riechen kann. Während des gesamten Reisefluges erhält der Verdichter aber frische Luft.

Das Problem ist jetzt "nur", dass die großen heißen Triebwerke schwere Rotoren auf drehenden Wellen haben. Die Wellen müssen gelagert werden. Die Lager müssen mit speziellem Öl geschmiert und abgedichtet werden. Das Öl enthält Zusätze, die gesundheitlich zum Teil extrem bedenklich sind, ohne die das Triebwerk aber nach kurzem Gebrauch zerstört wäre. Besonders brisant ist der Stoff Trikresylphosphate (TCP) der mit ca. 3 % im Triebwerksöl vorkommt und in 10 unterschiedlichen isomeren Formen auftritt. Sechs Isomere sind als starkes Nervengift bekannt. Ein Isomer, das bekannte o,o,o-Trikresylphosphat (durch welches um 1930 in den USA ca. 30000 Personen teilweise gelähmt wurden) ist in Triebwerksölen heute nicht mehr vorhanden. Über die Verbreitung der anderen fünf noch giftigeren Isomere in heutigen Triebwerksölen ist wenig bekannt. Die Hersteller der Triebwerksöle machen dazu keine Angaben. Als Dichtungen kommen meist berührungslose Labyrinthdichtungen zum Einsatz, die einen Spalt haben. Das Öl wird am Ausfließen nur dadurch gehindert, dass Luft durch den Spalt in das Lager hineingeblasen wird. Dadurch kann aber ein Ausfließen nicht vollständig verhindert werden. Es kommt also konstruktionsbedingt regelmäßig zu kleinen Leckagen von Öl in den Triebwerksverdichter. Das Triebwerk erleidet dadurch keinen Nachteil. Internationale Empfehlungen, die die Ingenieure sich für ihre Arbeit selbst geschrieben haben, weisen aber seit vielen Jahren darauf hin, dass aus den genannten Gründen der Verdichter am Triebwerk für die Verdichtung der Luft für die Kabine nicht genutzt werden soll. Trotzdem wird es aus ökonomischen Gründen aber so gemacht. Über Probleme so verdichteter und dann kontaminierter Luft wurde in Fachzeitschriften schon vor Jahrzehnten berichtet, aber ein Problem massenhafter Ausprägung wurde bisher nicht festgestellt. Seit einigen Jahren wird aber genauer hingeschaut.

Was ist passiert? Auf vielen Flügen wurden bereits Geruchs- oder auch Rauchereignisse beobachtet. Diese Ereignisse können mit plötzlich auftretenden Fehlern in den Dichtungen erklärt werden. Es gibt aber auch viele andere Möglichkeiten, wie es zu einer Kontaminierung der Kabinenluft kommen kann. Piloten, Kabinenbesatzung und Passagiere sind durch solche singulären Ereignisse erkrankt, wie sie selbst berichten und wie von Medizinern bestätigt wird. Aber auch ohne jemals ein derartiges Einzelereignis erlebt zu haben, sind Piloten und Personen der Kabinenbesatzung erkrankt. Das könnte durch die regelmäßig in kleinen Mengen austretenden Ölmengen erklärt werden. Das austretende Öl pyrolysiert (verbrennt) bei den hohen Temperaturen (bis zu 400 °C) im Verdichter. In einer Studie wurden 127 teils bedenkliche Stoffe nachgewiesen. Es ist möglich, dass bei der Pyrolyse weniger giftige TCP-Isomere zu den hochgiftigen Isomeren umgebaut werden. Weder das, noch die Frage, wie so eine Mischung von Giftstoffen auf den Menschen wirkt, ist bisher bekannt. Trotzdem beteuert die Luftfahrtindustrie, dass von der Kabinenluft keine Gefahr ausgeht. Der wissenschaftliche Beleg für diese These wurde nicht erbracht. Die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung ist jedenfalls der Meinung, dass Flugzeuge, die eine Zulassung bekommen haben, so gebaut sein müssen, dass weder die Besatzung noch Passagiere darin akut oder chronisch erkranken dürfen.

Welche Lösungsmöglichkeiten werden verfolgt? Die Firma Nyco hat ein Triebwerksöl entwickelt, dass statt TCP einen als DURAD 150 bezeichneten Stoff einsetzt. Aber auch dieser Zusatzstoff für das Öl ist nicht unproblematisch. Es gibt bisher leider keine völlig unbedenklichen Additive, die die hochbelasteten Triebwerke vor Verschleiß schützen könnten. Modernere Passagierflugzeuge recirculieren etwa 50 % der Kabinenluft, nachdem

die Luft vorher gefiltert wurde. Dabei werden Staub und Mikroben herausgefiltert. Wenige Luftverkehrsgesellschaften (Lufthansa, EasyJet) setzen jetzt Filter des Filterherstellers Pall ein, die zusätzlich auch flüchtige organische Verbindungen (z.B. von den Triebwerksölen) mit Aktivkohle herausfiltern. Wenn diese Filter in der Rezirkulation eingebaut sind, kann die Konzentration der flüchtigen organischen Verbindungen in der Kabine um 40 % gesenkt werden. Wenn Filter in Zukunft zusätzlich auch in den Leitungen vom Triebwerksverdichter zur Kabine eingebaut werden, dann könnte die Konzentration der flüchtigen organischen Verbindungen in der Kabine um 82 % gesenkt werden. EasyJet will das zusammen mit dem Filterhersteller Pall erreichen. Die Technologie soll Ende 2018 zur Verfügung stehen und dann in die Flotte von EasyJet eingebaut werden. Luft, die völlig frei von Öldämpfen ist, lässt sich nur durch einem separaten Verdichter bereitstellen, der die Luft am Rumpf entnimmt. So ein Verdichter sollte möglichst mit Luftlagern ausgestattet sein. Die Boeing 787 fliegt mit so einem System und spart damit auch noch Kraftstoff ein. Die anderen Passagierflugzeuge von Boeing nutzen das übliche Zapfluftsystem. Airbus hat zusammen mit der Firma Liebherr-Aerospace Versuche zu einer Klimaanlage erfolgreich durchgeführt, bei der die Luft ebenfalls seitlich am Rumpf entnommen wurde. Airbus wäre also vorbereitet auf eine – allerdings extrem teure – Umrüstung von Flugzeugen seiner Flotte.

Wie können diese Lösungsmöglichkeiten umgesetzt werden? Es ist wie immer im Leben: Je besser die Qualität (hier der Kabinenluft) sein soll, desto mehr muss man bezahlen. Wenn die Industrie die Kosten an die Flugäste weitergeben würde, dann würden sich die Flugtickets jeweils nur unerheblich verteuern, ohne den Gewinn der Aktionäre zu schmälern. Passagiere und Besatzungen sind zunehmend sensibilisiert und begreifen, dass unsere Gesundheit das höchste Gut ist. Firmen sehen ein, dass ein Imageverlust schwer wiegen könnte. Die Luftfahrt ist stolz auf den Stil eines besonnenen Umgangs mit Risiken. Dieser Stil hat das Flugzeug zu einem beispiellos sicheren Verkehrsmittel gemacht. Es wäre der Bruch mit dieser erfolgreichen Tradition, wenn das Vorgehen beim Thema Kabinenluft ein anderes wäre als bisher – jetzt, da sich die Erkenntnisse über die Gefahren derart verdichten. Einzelne Firmen machen den Anfang mit Schritten in die richtige Richtung. Dabei müssen die Firmen ihre Maßnahmen vorsichtig kommunizieren, weil laufende juristische Prozesse nicht gefährdet werden dürfen. Das sind Wirklichkeiten, die akzeptiert werden müssen. Es sieht so aus, als ob ein Prozess der Veränderung beim Thema Kabinenluft begonnen hat, und es bleibt spannend, den weiteren Verlauf zu beobachten. Es wird nur langsam voran gehen. Insbesondere den Personen, die geschädigt sind, läuft die Zeit weg, wenn Gesundheit und Ersparnisse schwinden. Sie haben unsere Unterstützung verdient. Die "Patienteninitiative – Contaminated Cabin Air e.V." (<http://p-coc.com>) zeigt, wie jeder einzelne helfen kann – etwa durch eine Spende oder die Unterschrift unter eine Petition.

Weiterführende Informationen in den Präsentationen von Prof. Scholz zum Thema auf:
<http://Reports-at-AERO.ProfScholz.de>

Dieter Scholz: **Aircraft Cabin Air and Engine Oil - An Engineering View**. In: Global Cabin Air Quality Executive (GCAQE): *International Aircraft Cabin Air Conference 2017*, Imperial College London, 19. - 20. September 2017. – Download: URL: http://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/Aero/AERO_PRE_GCAQE2017_CabinAirAndEngineOil_17-09-19.pdf, URL: <https://www.AircraftCabinAir.com>

AERO_M_Kabinenluft_17-10-01.pdf

Dieter Scholz: **Aircraft Cabin Air and Engine Oil – A Systems Engineering View**. DGLR, RAeS, VDI, ZAL, HAW Hamburg, VC, UFO. In: *Hamburg Aerospace Lecture Series (HALS)*, Hamburg University of Applied Sciences, 27.04.2017. – Download: URL: http://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/dglr/hh/text_2017_04_27_AircraftCabinAir.pdf, URL: <http://hamburg.dglr.de> (This is a detailed presentation with backup slides)

Dieter Scholz: **Aircraft Cabin Air & Water Contamination/Quality – An Aircraft Systems Engineering Perspective**. In: Global Cabin Air Quality Executive (QCAQE): *Proceedings of the QCAQE 7th Annual Forum and Information Exchange*, London, 31. March – 2. April 2014. – Download: URL: http://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/Aero/AERO_PRE_GCAQE_AircraftSystemsPerspective_2014-04-01.pdf, URL: <http://www.GCAQE.org>

A Playlist "Cabin Air" on YouTube by Prof. Scholz:

<http://YouTube.ProfScholz.de>

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLwaZT943QwlGHalKd1AyOOQoYXmdaI0Fc>