

# *Die Qualität der Kabinen- und Cockpitluft bei Verkehrsflügen*

Ein Überblick über Fume and Smell Events und die  
Gesundheit von Passagieren und der Besatzung

## Ergebnisse

So genannte *Fume and Smell Events* (FSE) haben in den vergangenen Jahren in der Luftfahrtindustrie, der Wissenschaft und den Medien erhebliche Aufmerksamkeit erhalten. Diese Studie hat zum Ziel, die bestehende Forschungsliteratur zu analysieren, um erstmals einen fachlich fundierten und differenzierten Überblick über das Thema anzubieten.

Während normaler Verkehrsflüge ist die Luft an Bord eines Flugzeugs dank fortgeschrittener Filtersysteme und stetigem Luftaustausch generell besonders sauber und geruchslos. Im seltenen Fall eines FSE werden typischerweise unangenehme Gerüche in der Kabine oder dem Cockpit wahrgenommen, in manchen Fällen auch ein sichtbarer Dunst. Wie in anderen Situationen gilt auch hier: Geruch bedeutet nicht Gefahr, und Gerüche können viele Gründe haben. Sie können unangenehm sein, weisen aber nicht automatisch auf ein Gesundheitsrisiko hin.

Die Quelle eines FSE kann sich entweder im Flugzeug befinden (elektrische Systeme, Handgepäck, Bordküche und Nahrungsmittel, Toiletten, Reinigungsprodukte, Desinfektionsmittel, Insektenschutzmittel und Umluftventilatoren). Die Quelle kann sich aber auch außerhalb des Flugzeugs befinden – mögliche Quellen umfassen Schadstoffe durch Maschinenöl, Hydraulikflüssigkeit, Triebwerksemissionen, Abgase der Bodenabfertigungsdienste, Kerosin, Enteisungsflüssigkeit und Ozon. Zapfluft als Quelle der Kabinenluft hat besondere Aufmerksamkeit erfahren, da sie in nahezu allen Verkehrsflugzeugen an den Triebwerken entnommen wird (bevor die Luft die Brennkammer erreicht).

Während und nach FSE wurden in sehr wenigen Fällen von der exponierten Besatzung (und in seltenen Fällen von Passagieren) von Symptomen berichtet, die vor allem das Nerven- und Atmungssystem sowie den Verdauungstrakt, das Herzkreislaufsystem und die Haut betroffen hätten. Betroffene Personen haben vereinzelt über chronische Symptome durch angebliche akute oder chronische Exposition durch unbekannte Verunreinigungen geklagt.

Dieser Symptomkomplex wurde von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) nicht als etablierte Krankheit anerkannt, aber in Fragebogenerhebungen beschrieben. Es konnte jedoch weder eine kausale Verbindung zur Exposition belegt noch wissenschaftlich nachgewiesen werden. Darüber hinaus fehlen angemessene Kontrollgruppen, beziehungsweise sind diese zu klein, gerade für chronische Fälle. Aufgrund dieses Mangels an Daten ist es daher nicht möglich, darüber zu urteilen, ob diese Symptome bei Flugbesatzungen häufiger auftreten oder nicht.

Auf Basis der gegenwärtigen Forschungslage ist ein kausaler Zusammenhang von den von einigen Besatzungsmitgliedern berichteten chronischen Gesundheitsbeschwerden und der Luftqualität in der Kabine unwahrscheinlich. Allerdings beeinflussen individuelle Veranlagungen – sowohl genetisch als auch psychophysiologisch – die Reaktion auf äußere Faktoren. Das trifft vor allem auf Angstsituationen zu, in denen Geruchswahrnehmungen zu hyperventilationsartigen Symptomen führen. Dies ist Teil eines evolutionären Warnmechanismus.

Die folgenden Absätze liefern zusätzliche Informationen zur bisherigen Forschungslage.

Es wurden zahlreiche Feldstudien durchgeführt, um Schadstoffe in der Kabinenluft zu messen. Während normaler Verkehrsflüge lag die Schadstoffkonzentration unter den Luftqualitätsvorgaben oder Expositionsgrenzwerten. Auf Grundlage der bestehenden Informationen ist es daher nicht möglich, darüber zu urteilen ob die Schadstoffe bei FSE eine gesundheitsschädliche Konzentration erreichen. Für Trikresylphosphate (TCP) allerdings zeigt die Datenlage, dass selbst während sichtbarem Rauch die Konzentrationswerte leicht erhöht sind, aber keinerlei Gesundheitsrisiko besteht.

Eine gängige Hypothese ist, dass Motor- oder Hydraulikölteilchen mit neurotoxischem Potential wie TCP die Kabinenluft verunreinigen könnten. Um diese Annahme zu testen, wurden Biomarker-Studien mit TCP-Abbauprodukten im Urin oder Cholinesterasen-Inhibition durchgeführt. In den einschlägigen Untersuchungen wurden keine Anhaltspunkte für eine TCP- oder andere Organophosphat-Intoxikation gefunden. In einem Fall war die neurotoxische Esterase-Aktivität unter dem Durchschnitt vormalig veröffentlichter Vergleichswerte (und der Basiswert vor der Exposition war unbekannt), aber dennoch über der Induktionsschwelle einer organophosphatinduzierten verzögerten Polyneuropathie. Somit lag keine Relevanz für den Gesundheitszustand vor.

In einer Studie war die Anzahl der Autoantikörper gegen Proteine des Nervensystems in den auf Selbstangaben von Flugbesatzungen beruhenden Fällen angestiegen. Allerdings fällt beim momentanen Kenntnisstand hinsichtlich der Verlässlichkeit solcher Autoantikörper als Biomarker ein Urteil schwer; vor allem, da solche Autoantikörper auch bei gesunden Menschen auftreten und ein Anstieg ohne FSE möglich ist. Darüber hinaus fehlte der Studie eine angemessene Kontrollgruppe (Symptome mit und ohne FSE-Exposition).

Die toxikologische Bewertung von möglichen Schadstoffen in der Kabinenluft ist unvollständig, wie auch die Art, Zusammensetzung und Konzentration der chemischen Stoffe in der Kabine und des Cockpits während eines FSE. Viele bekannte Reizstoffe, einige Hautsensibilisierungsstoffe, wenige Karzinogene und sehr wenige neurotoxische Substanzen sind mögliche Kandidaten, die diese Symptome auslösen können. Allerdings ist es unwahrscheinlich, dass sie eine toxische Konzentration während eines FSE erreichen können.

Neben Alter, Geschlecht, Gesundheitszustand und Umweltfaktoren können auch epigenetische und genetische Faktoren die individuelle Anfälligkeit gegenüber toxischen Substanzen beeinflussen. Zu den genetischen Faktoren gehören Variationen von Entgiftungsproteinen, Neurotransmittersysteme wie Cholinesterasen, die Blut-Hirn-Schranke und möglicherweise das Immunsystem. Polymorphismen dieser Gene können die Anfälligkeit gegenüber toxischen Substanzen durch einen langsameren Metabolismus oder eine schnellere Aktivierung erhöhen. Sie müssen identifiziert und für die Risikoanalyse in Betracht gezogen werden. Es ist dennoch unwahrscheinlich, dass diese Veranlagungen bei der Entwicklung der Symptome eine Rolle spielen, da die Konzentration der Schadstoffe gering ist.

Die TCP-These ist durch die bestehende Datenlage nicht belegt und erscheint daher als unwahrscheinliche Erklärung. Außerdem gibt es keine wissenschaftlichen Belege, dass flüchtige organische Verbindungen (wie n-Hexan) oder ultrafeine Partikel die FSE-Symptome verursachen können. In sehr wenigen Fällen könnte eine erhöhte Kohlenstoffmonoxid- oder Kohlenstoffdioxidkonzentration der Grund sein. Darüber hinaus werden Hyperventilieren,

Anschlusseffekte durch Spekulationen über eine mögliche Schadstoffexposition, eine Kombination der beiden oder andere Luftfahrtfaktoren als mögliche Gründe oder Nebenfaktoren für die beschriebenen Gesundheitsprobleme diskutiert. Andere Hypothesen, wie Fehldiagnosen, Simulationen und andere nicht arbeitsbedingte Schadstoffaussetzungen, können zum gegenwärtigen Kenntnisstand weder bewiesen noch widerlegt werden.

Um die Gesundheitsrisiken für Flugzeugbesatzungen und Passagiere zu verringern, sind koordinierte Forschungsaktivitäten empfohlen, um die chemische Zusammensetzung der Luftproben von tatsächlichen und simulierten FSE zu beschreiben. Ohne Kenntnis der chemischen Zusammensetzung können nur Ersatzmarker zum Monitoring der Kabinenluftqualität eingesetzt werden. Angemessene Tierversuche sollten entwickelt werden, um die Gewebereaktionen auf die isolierten Bestandteile und Kombinationen davon zu beschreiben. Systematische medizinische Studien, inklusive Studien mit interindividuellen Schwankungen verschiedener veranlagter Gene sind notwendig, um das Verhältnis zwischen möglichen Gesundheitsauswirkungen und Expositionssituationen zu verstehen. Epidemiologische Studien sind vonnöten um festzustellen, ob die oben beschriebenen Symptome bei Flugbesatzungen häufiger auftreten. Außerdem wird ein besseres Feststellungssystem von FSE empfohlen, um mögliche Zusammenhänge zwischen technischen Fehlfunktionen, chemischer Exposition und medizinischen Daten aufzuzeigen.