

DIN EN 17436



ICS 49.095

Einsprüche bis 2019-11-06

Entwurf**Kabinenluftqualität in Verkehrsflugzeugen –
Chemische Parameter;
Deutsche und Englische Fassung prEN 17436:2019**

Cabin air quality on civil aircraft –
Chemical compounds;
German and English version prEN 17436:2019

Qualité de l'air en cabine d'avions civils –
Composés chimiques;
Version allemande et anglaise prEN 17436:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-09-06 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nl@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 205 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17436:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 436 „Kabinenluftqualität in Verkehrsflugzeugen — Chemische Parameter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Für Deutschland hat hieran der Arbeitsausschuss NA 131-09-06 AAK „Kabinenumgebung — ICE“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL) mitgearbeitet.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 13964	siehe	DIN ISO 13964
ISO 16000-3	siehe	DIN ISO 16000-3
ISO 16000-6	siehe	DIN ISO 16000-6
ISO 16000-29	siehe	DIN ISO 16000-29
ISO 16000-31	siehe	DIN ISO 16000-31
ISO 45001	siehe	DIN ISO 45001

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 13964, *Luftbeschaffenheit — Bestimmung von Ozon in der Außenluft — UV-photometrisches Verfahren*

DIN ISO 16000-3, *Innenraumluftverunreinigungen — Teil 3: Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen — Probenahme mit einer Pumpe*

DIN ISO 16000-6, *Innenraumluftverunreinigungen — Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern, Probenahme auf Tenax TA®, thermische Desorption und Gaschromatographie mit MS/FID*

DIN ISO 16000-29, *Innenraumluftverunreinigungen — Teil 29: Prüfverfahren für VOC-Detektoren*

DIN ISO 16000-31, *Innenraumluftverunreinigungen — Teil 31: Bestimmung von Flammschutzmitteln und Weichmachern auf der Basis phosphororganischer Verbindungen — Phosphorsäureester*

DIN ISO 45001, *Managementsysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit — Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung*

Kabinenluftqualität in Verkehrsflugzeugen — Chemische Parameter

Qualité de l'air en cabine d'avions civils — Composés chimiques

Cabin air quality on civil aircraft — Chemical compounds

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Kabinenluftqualität — chemische Parameter	11
4.1 Vorhandensein chemischer Parameter in der Kabinenluft	11
4.2 Quellen von Verunreinigungen in der Luft	11
4.3 Ursachen für Motorölleckage im Zapflußsystem	12
4.4 Fume Event	12
4.5 Markierungsverbindungen	12
4.6 Klimaanlage des Luftfahrzeugs (en: Environmental Control System, ECS)	12
5 Anforderungen an die Kabinenluftqualität	13
5.1 Allgemeines	13
5.2 Anforderungen an das Vorsorgeprinzip und die Kontrollhierarchie	13
5.2.1 Vorsorgeprinzip	13
5.2.2 Kontrollhierarchie	14
5.2.3 Filtration	15
5.3 Anforderungen	16
5.3.1 Allgemeines	16
5.3.2 Anforderungen an die Luftüberwachung	17
5.4 Luftüberwachungsstrategie	18
5.4.1 Allgemeines	18
5.4.2 Planung	18
5.4.3 Probenahmeverfahren	20
5.5 Luftüberwachungsverfahren	20
5.5.1 Allgemeines	20
5.5.2 Echtzeit- oder Online-Überwachung	20
5.5.3 Offline-Überwachung	22
5.5.4 Überwachung der Kabinenbesatzung (Piloten/innen und Flugbegleiter/innen)	24
5.5.5 Überwachung der Passagiere	25
6 Anforderungen an die Analyse und Berichterstattung	25
6.1 Analyseberichterstattung	25
6.1.1 Allgemeines	25
6.1.2 Verwendung von aus Überwachungsdaten abgeleiteten Angaben	25
6.2 Berichterstattung und Aufzeichnung von Vorkommnissen in Bezug auf Kabinenluftqualität	26
6.2.1 Allgemeines	26
6.2.2 Meldesysteme für die Kabinenluftqualität	26
7 Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen	27
7.1 Allgemeines	27
7.1.1 Maßnahmen zur Identifizierung und Beseitigung von Verunreinigungsquellen nach dem Flug	27
7.1.2 Anforderungen	28

7.2	Luftfahrzeugwartungshandbuch (en: Aircraft Maintenance Manual, AMM).....	29
8	Aus- und Weiterbildung von Flugpersonal	29
8.1	Allgemeines	29
8.2	Anforderungen	30
8.2.1	Allgemeines	30
8.2.2	Aus- und Weiterbildung von Piloten	30
8.2.3	Aus- und Weiterbildung für Flugbegleiter	30
8.2.4	Aus- und Weiterbildung für Wartungsarbeiter	31
8.2.5	Schulung der Wartungsarbeiter	31
8.2.6	Checklisten und Handbücher der Besatzung	31
	Anhang A (informativ) Klimaanlage des Luftfahrzeugs (en: Environmental Control System, ECS).....	32
A.1	Allgemeines	32
A.2	Klimaanlage des Luftfahrzeugs mit Zapfluft (ECS).....	32
A.2.1	Allgemeines	32
A.2.2	Klimaanlage des Luftfahrzeugs ohne Zapfluft	33
	Anhang B (normativ) Chemische Markierungsverbindungen.....	34
	Anhang C (informativ) Vorsorgeprinzip	50
C.1	Vorsorgeprinzip	50
C.2	Hintergrund.....	52
	Anhang D (informativ) Referenzverfahren für Online- und Offline-Messungen von chemischen Markierungsverbindungen und (ultra)feinen Partikeln.....	54
	Anhang E (informativ) Beispiele für bewährte Vorgehensweisen für Arbeiten der Besatzungsmitglieder und des Wartungspersonals zur Vermeidung oder Minimierung von Verunreinigungen.....	57
	Anhang F (informativ) Chemische Parameter, die in die Kabine gelangen	59
	Anhang G (informativ) Ursachen für Motorölleckage im Zapfluftsystem	61
G.1	Allgemeines	61
G.2	Normal	61
G.3	Abnormal.....	61
	Anhang H (informativ) Übersicht der Überwachungsdaten für Luftfahrzeugkabine und Zapfluft	62
	Literaturhinweise.....	102

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17436:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 436 „Kabinenluftqualität in Verkehrsflugzeugen — Chemische Parameter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Einleitung

Die Luftqualität in Verkehrsflugzeugen unterscheidet sich in vielen wichtigen Punkten von der Luftqualität in anderen Innenräumen.

Die Kabinenumgebung ist definitionsgemäß geschlossen und begrenzt. Die Luftfahrzeugkabine ist eine mit Personen dicht besetzte Umgebung mit nur einer geringen Menge an Verdünnungsvolumen je Person, wodurch das Potenzial für erhöhte Mengen an Bio-Fortluft (Ausdünstungen) in der Kabine, wie zum Beispiel Kohlendioxid, besteht.

Der Partialdruck der Luft und die Sauerstoffmenge werden an Bord reduziert. Luftfahrzeuge sind so gebaut, dass die effektive Kabinendruckhöhe 2 438 m nicht überschritten wird, was einem Partialdruck von 0,74 atm (75,2 kPa) (CS25.841) entspricht.

Die Klimaanlage des Luftfahrzeugs (en: Environmental Control System, ECS) regelt den Luftdruck und die Temperatur in der Luftfahrzeugkabine, um für die Passagiere und die Besatzung eine sichere und angenehme Umgebung zu schaffen. Das ECS sorgt für Frischluft, regelt die Temperatur und die Kabinendruckbeaufschlagung und gewährleistet eine angenehme Zusammensetzung der Luft für Besatzung, Begleitpersonen und Passagiere. Die Bauweise des ECS in zivilen Passagierflugzeugen kann grob in zwei Kategorien unterteilt werden: ECS-Systeme mit Zapfluft und ECS-Systeme ohne Zapfluft. Bei einem herkömmlichen ECS kann die Luftquelle pneumatisch (vom Triebwerk kommend) oder elektrisch sein. Die meisten kommerziellen Passagierflugzeuge, die heute hergestellt werden, und fast alle Passagierflugzeuge, die in Betrieb sind, verwenden ECSs, die Zapfluft aus dem Triebwerk verwenden.

Dieses Dokument enthält Anforderungen, Empfehlungen und verdeutlichende Anhänge, die es dem Bediener ermöglichen, den Schadstoffgehalt in der Kabinenluft zu verringern, einschließlich eines besonderen Schwerpunkts auf Schadstoffe in der Zapfluft, die aus dem Motoröl und der Hydraulikflüssigkeit stammen.

Flüssigkeiten, die in Luftfahrzeug- und Triebwerksölen sowie deren Pyrolyseprodukten verwendet werden, sind komplexe Gemische. Die dauerhafte Belastung durch komplexe Gemische in geringen Mengen, einschließlich Organophosphaten, und die Wechselbeziehung einer dauerhaften Belastung in geringen Mengen zu darauf folgenden Fume Events in höheren Mengen scheint sich negativ auf die Besatzung auszuwirken. Zusätzlich zu den Effekten können ultrafeine Partikel, die in Verbindung mit pyrolysiertem Öl entstehen, das in die Zapfluft gelangt, die Übertragung von Giftstoffen auf das Gehirn erhöhen, wobei bereits bekannt ist, dass sie gesundheitliche Langzeitfolgen haben. Die meisten Chemikalien, die systemische Toxizität verursachen, führen nicht in allen Organen zu einem ähnlichen Grad an Toxizität, sondern wirken in der Regel in nur einem oder zwei Organen toxisch. Diese werden als Zielorgane der Toxizität für diese Chemikalie bezeichnet. Beispiele wären die Hepatotoxizität von Alkohol und die Neurotoxizität von Organophosphorverbindungen. Einer der Hauptgründe, warum das Gehirn von Säugetieren für die Zielorgan-Toxizität anfällig ist, sind die Nervenzellen, die die gesamte Lebensdauer des Organismus überdauern und nicht wie die meisten anderen Gewebe durch Zellproliferation repariert werden können. Nach der Beurteilung der Risiken und der potenziellen Belastung kann man sagen, dass ein Pilot im Laufe seiner beruflichen Laufbahn von insgesamt 20 000 Flugstunden durchschnittlich 9 000 000 l Zapfluft aus dem Triebwerk einatmet.

Dieses Dokument enthält Anforderungen und Empfehlungen, die dem Sektor ermöglichen sollen, ihre gesetzlichen Verpflichtungen zu erfüllen und ein sichereres Arbeitsumfeld für die Besatzung, sowie ein sichereres Reisen für die Passagiere zu schaffen. Im Vordergrund stehen der wachsende Kenntnisstand und ein besseres Verständnis von Problemen bezüglich der Luftqualität in Verkehrsflugzeugen durch einen umfassenderen Einsatz von Prüfungen, Sensortechnologie und der Sammlung von Daten und Informationen von Besatzung und Passagieren.

ANMERKUNG Zahlreiche Flugunfalluntersuchungsbehörden, Aufsichtsbehörden der EU und der USA sowie der Internationalen Zivilluftfahrt-Organisation (ICAO) haben anerkannt, dass die Verunreinigung der Zapfluft eine Gefahr für die Flugsicherheit darstellen kann.

Die Anforderungen, die in diesem Dokument enthalten sind, berücksichtigen die aktuellen und zukünftigen Vorschriften und die Anerkennung des Vorsorgeprinzips auf der Ebene der Europäischen Kommission in Bezug auf das Risikomanagement und die Anwendung von Risikobewertungen in diesem Sektor zum Schutz von Arbeitnehmern und der Umwelt.

Sicherheitsmanagementsysteme (en: Safety Management Systems, SMS) sind ein wichtiges Instrument bei der Betrachtung, Analyse und Problemlösung im Betrieb eines Luftfahrzeugs. Die Verwendung eines SMS ist in Bezug auf die Kabinenluftqualität besonders wichtig und wird in diesem Dokument erwähnt. In diesem Dokument wird anerkannt, dass ein SMS zwar hauptsächlich von Luftfahrtbetreibern verwendet wird, jedoch nicht alle Betreiber ein solches System verwenden, sondern andere Verfahren anwenden, die die gleichen Aufgaben erfüllen wie ein SMS.

In Bezug auf die Kabinenluftqualität in Luftfahrzeugen wurden verschiedene Studien durchgeführt. Die Tabelle in Anhang H enthält eine umfassende Liste von öffentlich zugänglichen Studien zu Chemikalien, die in verschiedenen Luftüberwachungsstudien nachgewiesen wurden. Es handelt sich um Kabinenluft- oder Triebwerks- oder APU-Zapfluftstudien. Die Höchstwerte der Verbindungen, die in jeder spezifischen Studie aufgezeichnet wurden, sind angegeben. Es ist notwendig, sich auf die Originalstudien zu beziehen, um die jeweils angewandte Methodik zu bestimmen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen und Empfehlungen für die Luftqualität in Verkehrsflugzeugen in Bezug auf chemische Parameter fest, die möglicherweise aus der Belüftungsluft stammen, die der Kabine und dem Cockpit zugeführt wird, aber nicht darauf beschränkt sind.

Im Vordergrund stehen Schadstoffe, die aus der Zapfluft des Triebwerks und des Hilfsaggregats (en: Auxiliary Power Unit, APU) stammen, die möglicherweise durch die Klima-, Druck- und Luftversorgungssysteme in die Kabine gelangen.

Das Dokument ist anwendbar für den Zeitraum in dem ein Verkehrsflugzeug in Betrieb ist: Ab dem Zeitpunkt, in dem die erste Person in das Luftfahrzeug einsteigt, bis die letzte Person das Luftfahrzeug verlässt.

Das Dokument definiert Anforderungen und Empfehlungen in Bezug auf das Vorhandensein von chemischen Parametern und die Mittel zur Verhinderung der Exposition gegenüber chemischen Verbindungen, einschließlich solcher, die unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips nachteilige Auswirkungen haben können.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 1822-1, *Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA) — Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung*

EN ISO 16000-1, *Innenraumluftverunreinigungen — Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie (ISO 16000-1)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

nachteilige Auswirkungen

Veränderung der Morphologie, Physiologie, des Wachstums, der Entwicklung oder der Lebensdauer eines Organismus, die zu einer Beeinträchtigung seiner Funktionsfähigkeit oder zu einer Beeinträchtigung seiner Fähigkeit führt, zusätzlichen Stress oder eine erhöhte Anfälligkeit für die schädlichen Auswirkungen anderer Umwelteinflüsse auszugleichen

[QUELLE: ISO 13073-3:2016, 2.1, modifiziert — Der Begriff „nachteilige Auswirkungen“ war in der ursprünglichen Definition im Singular.]

3.2

Aerosol

System aus in Gas gelösten festen oder flüssigen Partikeln

[QUELLE: ISO 15900:2009, 2.1]

3.3

Luftfahrzeugbesatzung

Personen, die in einem Luftfahrzeug in einem bestimmten Zeitraum arbeiten, der definiert ist, ab dem Zeitpunkt, an dem die erste Person an Bord des Luftfahrzeugs geht, bis die letzte Person das Luftfahrzeug verlässt (Piloten und Flugbegleiter)

3.4

Luftzufuhr

Luft, die auf mechanische oder natürliche Weise in ein Gehäuse eingeleitet wird

[QUELLE: ISO 16814:2008, 3.41, modifiziert — Der ursprüngliche Begriff lautete „Zuluft“.]

3.5

Luftfahrtbetreiber

Instanz, die von ihrer nationalen Zivilluftfahrtbehörde durch einen Luftverkehrsbetreiberschein (en: Air Carrier Operator Certificate, AOC) autorisiert wurde, zivile Transportflugzeuge für die kommerzielle Beförderung von Passagieren, Fracht oder Post durchzuführen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Betreiber ist für die Einhaltung der Vorschriften der Zivilluftfahrtbehörden auf seinen Flügen verantwortlich, auch wenn die entsprechenden Aufgaben von Unterauftragnehmern ausgeführt werden.

[QUELLE: ISO 16412:2005, 3.3, modifiziert — Die ursprünglichen Begriffe lauteten „Betreiber“, „Fluggesellschaft“ und „Frachtführer“.]

3.6

Hilfsaggregat

APU (en: Auxiliary Power Unit)

gasturbinenbetriebene Einheit, die Drehwellenleistung, durch die Triebwerke geleitete Luft oder beides liefert und nicht für den direkten Antrieb eines Luftfahrzeugs vorgesehen ist

[QUELLE: EASA CS Definitionen]

3.7

Zapfluft

Luft, die von den Luftfahrzeugtriebwerken oder der APU, vor dem Eintreten in die Brennkammer, entnommen wird und aus der die heiße und komprimierte Luft für die Flugzeugkabine gewonnen wird

3.8

Kabinenluft

Luft innerhalb des Bereichs eines Luftfahrzeugs, in dem Passagiere und/oder Besatzungsmitglieder reisen

3.9

Kabinenausstattung

Innenraum der Kabine; darunter Sitze, Bodenbeläge und Verkleidungen

3.10

chemische Parameter

jedes chemische Element oder jede chemische Verbindung für sich oder beigemischt, wie es in natürlichem Zustand vorliegt oder wie es hergestellt, verwendet oder freigesetzt wird, einschließlich der Freisetzung als Abfall, durch irgendeine Arbeitstätigkeit, unabhängig davon, ob es absichtlich hergestellt/auf den Markt gebracht wurde oder nicht

[QUELLE: Richtlinie 98/24/EG Art. 2(A) des Rates]

3.11

Schadstoffe

alle Materialien oder Materialkombinationen (fest, flüssig oder gasförmig), die das System beeinträchtigen können

[QUELLE: ISO/TR 15640:2011, 3.1, geändert — Der Begriff „Schadstoff“ war in der ursprünglichen Definition im Singular.]

3.12

Verunreinigung der Leitungen durch Reststoffe

Verunreinigung der Leitungen durch Materialabbau oder chemische Parameter, die sich in den Leitungen ablagern und in die Belüftungsluft zurückgeführt werden können

3.13

Frühwarnsystem

System oder Verfahren zum Erkennen von durch das Treibwerk verursachten Schadstoffen, die möglicherweise ein Eingreifen erfordern

3.14

Klimaanlage des Luftfahrzeugs (en: Environmental Control System, ECS)

System eines Luftfahrzeugs, das die Luftversorgung, die Temperaturregelung und die Druckbeaufschlagung der Kabine für die Besatzung und die Passagiere gewährleistet

3.15

Frischluf

Außenluft

[QUELLE: EASA CS 25.831]

3.16

Dämpfe

geruchsintensive, gasförmige Verbindungen, die normalerweise aus den Luftzufuhröffnungen der Kabine/des Cockpits stammen

3.17

gefährlich

Stoff oder Gemisch, der die Kriterien für physikalische Gefahren, Gesundheitsgefahren oder Umweltgefahren erfüllt

[QUELLE: Richtlinie (EG) Nr. 1272/2008 „CLP“, Artikel 3 des Rates]

3.18

Markierungsverbindung

chemische Parameter, die eine Verunreinigung der Kabinenluft darstellen/anzeigen

3.19

Überwachung

Erfassung und Bewertung von Statusdaten für einen Prozess oder ein System

[QUELLE: CEN ISO/TS 17444-2:2017, 3.17]

3.20

Außenluft

Luft, die von außerhalb des Fahrzeugs stammt

[QUELLE: ISO 19659-1:2017, 3.4.1, geändert — Die ursprünglichen Begriffe lauteten „Frischlufte“ zusammen mit „Außenluft“.]

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Dokument ist das Fahrzeug das Luftfahrzeug.

3.21

Feinstaub

feste und flüssige Stoffe, die klein genug sind, um in Gas suspendiert zu werden

[QUELLE: ISO 19867-1:2018, 3.46]

3.22

Vorsorgeprinzip

PP (en: Precautionary Principle)

Ansatz des Risikomanagements, der besagt, dass wenn bei einer bestimmten Richtlinie oder Maßnahme die Möglichkeit besteht, dass sie der Öffentlichkeit oder der Umwelt schadet, und zu diesem Thema noch kein wissenschaftlicher Konsens besteht, die betreffende Richtlinie oder Maßnahme nicht weiter verfolgt werden sollte

[QUELLE: Gesetz der Europäischen Union]

3.23

Risikoanalyse

systematische Nutzung verfügbarer Informationen, um Gefährdungen zu identifizieren und Risiken einzuschätzen

[QUELLE: ISO/IEC Leitfaden 51:1999, 3.10]

3.24

Sensor

elektronisches Gerät, das einen physikalischen Zustand oder chemische Parameter erkennt und ein elektronisches Signal abgibt, das proportional zur beobachteten Eigenschaft ist

[QUELLE: ISO/IEC TR 29181-9:2017, 3.14]

3.25

Rußbildung

Feinstaub, der während oder nach der Verbrennung erzeugt wird und sich ablagert

[QUELLE: EN ISO 472:2013, 2.1278, geändert — Der ursprüngliche Begriff lautete „Ruß“.]

3.26

vorübergehende Leistungseinstellungen

kurzzeitige Einstellung der Triebwerksleistung, gekennzeichnet durch instabile Temperatur und/oder instabilen Druck

BEISPIEL Beispiele sind Triebwerksanlassen, Starten (take-off) und Sinkflug, Änderungen im Triebwerksbetrieb, einschließlich der Änderung der Leistungseinstellung vom Leerlauf zum Starten (take-off) und zurück.

3.27

ultrafeine Partikel

ultrafeine Partikel (UFP) oder ultrafeiner Staub sind die am häufigsten verwendeten Definitionen von luftgetragenen Partikeln mit einem Durchmesser zwischen 1 und 100 Nanometern (nm)

[QUELLE: ISO 2007]

4 Kabinenluftqualität — chemische Parameter

4.1 Vorhandensein chemischer Parameter in der Kabinenluft

Das Vorhandensein chemischer Parameter in der Kabinenluft wird in vielen Studien gemessen und liefert einen umfangreichen Grundbestand chemischer Verbindungen. Eine umfassende Liste der in der Kabinenluft und/oder Luftversorgungsanlage nachgewiesenen chemischen Parameter ist in Anhang B, Tabelle B.2 „Liste der zusätzlichen chemischen Parameter, die in der Kabine und in der Zuluft gefunden wurden“ enthalten.

Die Kabinenluftqualität in Luftfahrzeugen kann durch chemische Markierungsverbindungen angezeigt werden. Die Identifizierung dieser chemischen Markierungsverbindungen berücksichtigt die verschiedenen Quellen der Verunreinigung, die Messbarkeit und das Vorhandensein in der Kabinenluft.

4.2 Quellen von Verunreinigungen in der Luft

Quellen für chemische Stoffe, jedoch nicht begrenzt darauf, sind:

- Motoröl;
- Hydraulikflüssigkeit;
- Triebwerksabgase;
- Treibstoff (unverbrannt);
- Enteisungsmittel;
- Passagiere;
- Kabinenausstattung;
- Material der Zapflußsysteme und Klimatisierungsanlagen;
- Verunreinigung der Leitungen durch Reststoffe.

Eine Übersicht über chemische Parameter, die von der Außenluft über verschiedene Wege in die Kabine eingeleitet werden, ist in Anhang F, Tabelle F.1 enthalten. Chemische Parameter, die aus dem Innenraum der Kabine stammen und die Kabinenluft verunreinigen können, sind in Anhang F Tabelle F.2 aufgeführt.

4.3 Ursachen für Motorölleakage im Zapfluftsysteem

Mit Druck beaufschlagte Luft aus den Triebwerken wird zum Abdichten der Lager der Triebwerkskammern verwendet und reagiert auf Schwankungen der Betriebsbedingungen. Alle dynamischen Dichtungen sind so konstruiert, dass sie Undichtheiten erlauben, wobei der Umfang der Leakage von vielen Faktoren abhängt, einschließlich Dichtungsdesign, Gleichgewicht, Schmierung, Betriebsbedingungen, Zustand der Kammern, Nutzungsdauer und Verformung. Es wird geduldet, dass bei Öldichtungen, die üblicherweise verwendet werden, im normalen Betrieb eine sehr kleine Menge Öldampf austritt. Labyrinthdichtungen verfügen über einen Zwischenraum, während mechanische Gleitringdichtungen über eine geschmierte Fläche verfügen, wobei beide Arten von Dichtungen so ausgelegt sind, dass sie die Migration des abzudichtenden Produkts und damit die Emissionen begrenzen, anstatt dies zu verhindern. Über die Dichtungen im Bereich des Triebwerks strömendes Öl gelangt in die Luftversorgungsanlage der Kabine, wenn die Leakage oder Emissionen vor der Luftabnahme des Triebwerks auftreten. Weitere Informationen sind in Anhang G enthalten.

4.4 Fume Event

Das Vorhandensein von Dämpfen und/oder Aerosolen, die zu den Luftzufuhröffnungen strömt, kann bei Anwesenheit von Luftfahrzeuginsassen auf das Vorhandensein einer Art von Verunreinigung in der Zuluft (z. B. Öl, Hydraulikflüssigkeit, Enteisungsmittel usw.) hinweisen, die entweder im Triebwerk oder in der APU erwärmt wurde, oder auf einen elektrischen Brand zurückzuführen sind.

4.5 Markierungsverbindungen

Basierend auf diesen Daten wird eine Untergruppe von Markierungsverbindungen, die in der Kabinenluft vorhanden sein können, identifiziert und aufgelistet. Die Markierungsverbindungen umfassen alle vorher erwähnten Verunreinigungsquellen. Basierend auf gutachterlichen Stellungnahmen und der Unterstützung von Sachverständigen und interessierten Parteien werden Markierungsverbindungen ausgewählt. Eine Übersicht der ausgewählten Markierungsverbindungen ist in Anhang B, Tabelle B.1 „Chemische Markierungsverbindungen“ aufgeführt. Die Markierungsverbindungen gelten als nützliche Marker für relevante Luftverunreinigungsquellen in der Klimaanlage des Luftfahrzeugs.

In Tabelle B.2 sind die „Zuverlässigkeitsbewertungen“ (A bis C) für jede Markierungsverbindung aufgeführt, um den Benutzer bei der Bestimmung der zu überwachenden Kombination von Parametern für jede Verunreinigungsquelle zu unterstützen.

Der Ansatz soll nicht die Toxizität der Kabinenluft definieren.

4.6 Klimaanlage des Luftfahrzeugs (en: Environmental Control System, ECS)

In der Luft vorhandene chemische Stoffe können über die Luftversorgungsanlage des Luftfahrzeugs in die Kabine und das Cockpit gelangen. Die meisten kommerziellen Passagierflugzeuge sind mit einem Zapfluftsysteem ausgestattet, wobei einige ein Luftversorgungssystem ohne Zapfluft verwenden. Weitere Einzelheiten zu diesen beiden Arten von Klimatisierungssystemen in Luftfahrzeugen sind in Anhang A enthalten.

5 Anforderungen an die Kabinenluftqualität

5.1 Allgemeines

Durch die Anwendung der in Anhang E aufgeführten Konstruktions-, Wartungs- und Betriebsmaßnahmen kann die Belastung durch Zuluftverunreinigungen (z. B. Motoröl, Hydraulikflüssigkeit, Enteisungsflüssigkeit und Abgase) verhindert/vermindert werden.

Die Listen der chemischen Parameter in Anhang B ergeben sich aus den Quellen der chemischen Parameter, die von Triebwerken oder APU-Zapfluft, Kabinenluft und Außenluft kommen, wie in 4.1 angegeben, die aus Triebwerken oder APU-Zapfluft, Kabinenluft und Außenluft stammen. Der Weg, über den die chemischen Parameter in die Kabine und das Cockpit gelangen, führt über Entlüftungs-, Klima-, Druck- und Lüftungssysteme. Chemische Parameter können auch durch Diffusion im Innenraum der Kabine oder durch Passagiere, Lebensmittel und Getränke, Lüftungssysteme und offene Luftfahrzeugtüren freigesetzt werden. Die Tabelle der chemischen Markierungsverbindungen in Anhang B gilt als zuverlässigster Marker zum Nachweis von Luftverunreinigung im Luftfahrzeug. Es wird anerkannt, dass es alternative Verfahren geben kann, um das Vorhandensein einer bestimmten Quelle anzuzeigen (z. B. durch Identifizierung einer Strukturerkennung (siehe Abschnitt 6 und Tabelle B.2).

Diese Anforderungen dienen Folgendem:

- a) Minimierung der Verunreinigung der Luftzufuhr durch Erleichterung von Eingriffen durch den Pilot und Wartungsmaßnahmen;
- b) Messung der Konzentrationen der einzelnen chemischen Markierungsverbindungen gemäß Anhang B während des Flugbetriebs, nach Belüftungsquelle und Flugphase, einschließlich Übergangsvorgänge;
- c) Förderung der Entwicklung eines „Bordüberwachungssystems“, das zum frühestmöglichen Zeitpunkt einen Hinweis auf einen abnormalen Zustand oder eine Änderung der Kabinenluftqualität gibt. Auf diese Weise kann der Luftfahrtbetreiber rechtzeitig geeignete Betriebs- und/oder Wartungsmaßnahmen ergreifen, um die Flugsicherheit zu verbessern und die Gesundheit von Besatzung und Passagieren zu schützen;
- d) Konstruktions-, Betriebs- und Wartungsmaßnahmen ergreifen, um Fume Events zu vermeiden und die Belastung durch Verunreinigungen in der Luftzufuhr während des normalen Betriebs zu verringern.

Es ist nicht beabsichtigt, die Annehmbarkeit/Tauglichkeit, Gesundheit, Annehmlichkeit, Sicherheit oder Lufttuchtigkeit der Kabinenluftqualität zu definieren.

Ziel ist es, die Ursache und Quelle einer möglichen Verunreinigung der Kabinenluft zu identifizieren und Maßnahmen zu deren Behebung abzuleiten.

5.2 Anforderungen an das Vorsorgeprinzip und die Kontrollhierarchie

5.2.1 Vorsorgeprinzip

Der Luftfahrtbetreiber muss das Vorsorgeprinzip in Bezug auf die Verhinderung der Belastung durch chemische Verbindungen anwenden, einschließlich solcher, die nachteilige Auswirkungen haben könnten. Weitere Informationen zum Vorsorgeprinzip können Anhang C entnommen werden.

Die Luftfahrtbetreiber müssen die Risiken für die Gesundheit von Piloten, Besatzung und Passagieren identifizieren und potenzielle Risikoquellen für die Luftversorgung des Luftfahrzeugs mindern.

5.2.2 Kontrollhierarchie

5.2.2.1 Allgemeines

Der Luftfahrtbetreiber muss die Kontrollhierarchie zur Vermeidung von Verunreinigungen und zum Schutz der Besatzungsmitglieder anwenden:

- Risiken vermeiden
- Risiken beurteilen, die nicht vermieden werden können
- Risiken an der Quelle bekämpfen
- Anpassung an den technischen Fortschritt
- Ersetzen des Gefährlichen durch das Ungefährliche oder weniger Gefährliche
- Entwicklung einer kohärenten allgemeinen Präventionspolitik, die Technologie, Arbeitsorganisation, Arbeitsbedingungen und den Einfluss von Faktoren im Zusammenhang mit dem Arbeitsumfeld abdeckt
- kollektiven Schutzmaßnahmen Vorrang vor individuellen Schutzmaßnahmen geben
- den Arbeitnehmern entsprechende Anweisungen erteilen
- Eliminieren oder Minimieren der Belastung durch gefährliche Chemikalien durch das Design und die Organisation des Systems.

ANMERKUNG 1 Die beste verfügbare Technologie (en: Best Available Technology, BAT) wurde erfolgreich eingesetzt, um die Belastung durch Chemikalien zu verringern.

ANMERKUNG 2 Beispiele für die Beseitigung an der Quelle und den technischen Fortschritt könnten ein Luftversorgungssystem ohne Zapfluft und/oder ölfreie Lagersysteme sein.

5.2.2.2 Beseitigung — Gestaltung — Design des Luftversorgungssystems

Das Atemluftversorgungssystem muss Konstruktionsmerkmale aufweisen, die die Passagiere vor Gefahren von innen und außerhalb des Luftfahrzeugs schützen.

Die Konstruktion des Atemluftversorgungssystems muss die Gefährdung der Insassen durch Verunreinigungen, die innerhalb und außerhalb des Luftfahrzeugs auftreten, verhindern/minimieren.

Luftversorgungssysteme müssen die Anforderungen an die Lufttuchtigkeit erfüllen, die das Risiko einer Leistungsminderung oder Beeinträchtigung der Besatzung oder einer Betriebsunfähigkeit aufgrund der Verschmutzung der Luftversorgung durch Öl und andere Luftfahrzeugflüssigkeiten durch Anwendung eines SMS unter Berücksichtigung aller Betriebsbedingungen, ausschließen.

Luftversorgungssysteme müssen so ausgelegt sein, dass eine regelmäßige Wartung des Systems durch Reinigung oder Austausch von Teilen erleichtert wird.

Die Luftfahrzeuge müssen Technologien verwenden, die die Zufuhr von durch den Antrieb, die Systeme und die Ausrüstung erzeugten Verunreinigungen in die Luftzufuhr verhindern.

5.2.2.3 Schutzmaßnahmen

Das Vorsorgeprinzip und die Kontrollhierarchie müssen wie in 5.2 beschrieben angewendet werden, um eine Belastung durch chemische Verbindungen, insbesondere solche, die aus dem Luftversorgungssystem des Luftfahrzeugs stammen, zu verhindern. Die in Anhang E aufgeführten Kontrollmaßnahmen müssen vom Luftfahrzeughersteller und vom Luftfahrtbetreiber angewendet werden, da sie sich auf Design, Wartung und Betrieb auswirken.

Die Luftfahrtbetreiber müssen eine Risikobeurteilung/-analyse durchführen. Die Hauptquelle zur Identifizierung und Minderung der Kabinenluftverschmutzung ist das Luftfahrzeug-Wartungshandbuch (en: Aircraft Maintenance Manual, AMM). Die Luftfahrtbetreiber müssen Risiken beurteilen, die nicht vermieden werden können.

ANMERKUNG 1 Verfahren zur Behebung und Minderung der Kabinenluftverschmutzung im Luftfahrzeug sind im Wartungshandbuch (AMM) und im Handbuch zur Fehlerbehebung (en: Troubleshooting Manual, TSM) zu finden.

Die Luftfahrtbetreiber müssen Risiken an der Quelle durch die Anwendung von Technologien (en: Best Available Technology, BAT), wie Filter im Luftversorgungssystem, bekämpfen, um die Verunreinigungen, die von der Außenluft in die Kabine gelangen und die Verunreinigungen, die durch Triebwerke/APUs in die Luftversorgung gelangen, zu minimieren.

Die Luftfahrtbetreiber müssen Überwachungs- und Frühwarnsysteme bereitstellen, um festzustellen, wann Wartungs- oder Betriebsmaßnahmen erforderlich sind.

Die Luftfahrtbetreiber müssen dieses Risiko durch Anwendung von Verfahren und Lösungen beseitigen, um sicherzustellen, dass die betreffenden Leitungen und Luftauslässe während der Wartungsphase des Luftfahrzeugs gereinigt werden, um dieses potenzielle Risiko für die Besatzung und die Passagiere zu beseitigen. Die Luftversorgung der Passagiere und der Besatzung eines Verkehrsflugzeugs mit Außenluft erfolgt über Leitungen und Auslässe. Es ist bekannt, dass die Luftzufuhrleitungen innerhalb des Luftfahrzeugumpfes zur Ansammlung von Ruß oder Feinstaub neigen. Dieser Ruß oder Feinstaub wird nicht immer vom Filtersystem des Luftfahrzeugs aufgefangen, was dazu führen kann, dass sich über einen bestimmten Zeitraum Ruß oder Feinstaub in diesen Auslässen und Leitungen ansammelt. Während des Betriebs des Luftversorgungssystems des Luftfahrzeugs besteht die Gefahr, dass sich Ruß oder Feinstaub aus den Leitungen löst und in die Luftversorgung gelangt.

Die Luftfahrtbetreiber müssen das Substitutionsprinzip anwenden, um die Gefahren in Bezug auf Chemikalien, die in der Luftfahrt und bei technischen Lösungen verwendet werden, zu verringern. Die Luftfahrtbetreiber müssen das Gefährliche durch das Ungefährliche oder weniger Gefährliche ersetzen. Die Luftfahrtbetreiber müssen das Substitutionsprinzip anwenden, um die Gefahren in Bezug auf Chemikalien, die in der Luftfahrt und bei technischen Lösungen verwendet werden, zu verringern.

Die Luftfahrtbetreiber müssen kollektiven Schutzmaßnahmen Vorrang vor individuellen Schutzmaßnahmen geben.

ANMERKUNG 2 Zu diesen Maßnahmen gehören die Bereitstellung von Zuluft ohne Verunreinigungen durch Antrieb, System oder Ausrüstung, Filtration der Zuluft, Mess- und Warnsysteme, Checklisten für Zuluftverunreinigungen, geeignete Schulungen und Ausbildung, entsprechende Risikobeurteilungen, Ursachenanalyse usw.

5.2.3 Filtration

5.2.3.1 Allgemeines

Ein Filtersystem kann aus mehreren Komponenten bestehen, die sowohl die Außenluft als auch die Umluft filtern. Das Filtrationssystem muss nach den Anforderungen für Filtersysteme so ausgelegt, installiert und gewartet werden, dass die Abgabe von Verunreinigungen in die mit Passagieren besetzten Bereiche verhindert/minimiert wird.

Die Luftfahrtbetreiber müssen das Filtersystem betreiben und warten.

5.2.3.2 Filterung der Außenluft

Filtersysteme müssen die Konzentration von Partikeln, Aerosolen und gasförmigen Verbindungen verringern, die die Belüftungsluftzufuhr verunreinigen können, einschließlich, aber nicht beschränkt auf, Luftzufuhrverunreinigungen wie in Anhang B definiert. Insbesondere muss das Filtersystem in der Lage sein, die Ozonkonzentration unterhalb der Belastungsgrenzen zu halten.

ANMERKUNG Weitere Informationen zu diesen Belastungsgrenzwerten sind in EASA CS 25.832 zu finden.

5.2.3.3 Filterung der Umluft in der Kabine

Filtersysteme müssen die Konzentration von Partikeln, Aerosolen und gasförmigen Verbindungen verringern, die die Belüftungsluftzufuhr verunreinigen können, einschließlich der Luftzufuhrverunreinigungen, die durch die Außenluft in die Mischanlage eingeleitet, wie in Anhang B definiert, und zusätzlich in der Kabine erzeugt werden.

Die Filterung der Umluft muss der Klasse E12 in Übereinstimmung mit EN 1822-1 entsprechen.

5.3 Anforderungen

5.3.1 Allgemeines

Das Luftversorgungssystem im Luftfahrzeug muss:

- a) Atemluft für Besatzung und Passagiere in allen Flugphasen sicherstellen;
- b) körperliche Schäden, Krankheit, nachteilige Auswirkungen, verminderte oder beeinträchtigte Leistungsfähigkeit der Besatzung verhindern;
- c) Handlungsunfähigkeit der Besatzung oder der Passagiere verhindern;
- d) Passagiere vor körperlichen Schäden, Krankheit oder nachteiligen Auswirkungen schützen;
- e) mit Hilfe von Sensoren und Warnsystemen, wie in Abschnitt 6 beschrieben, überwacht werden und die Ziele der EASA CS 25.1309 unterstützen, um so früh wie möglich auf einen abnormalen Zustand oder eine Änderung der Kabinenluftqualität nach Abschnitt 5.1 hinzuweisen;
- f) anhand einer Risikoanalyse beurteilt werden, die normale und unbeabsichtigte Leckagen, Flüssigkeitsverunreinigungen, Auslaufen, Überfüllungen und die Auswirkungen auf die Passagiere umfasst und muss zusätzlich eine Beurteilung des Schadstoffgemisches beinhalten;
- g) Konstruktionsmerkmale aufweisen, die sich erfahrungsgemäß als nicht gefährlich erweisen.

Luftfahrzeugtriebwerke und APUs müssen:

- h) einer laufenden Reinheitsprüfung der Zapfluft unterliegen, wenn Zapfluft zur Druckbeaufschlagung der Kabine verwendet wird;
- i) so ausgelegt sein, dass die Flüssigkeitsemissionen während des gesamten normalen Betriebs minimiert werden.

Die Reinheitsprüfung der Zapfluft im Zusammenhang mit der Triebwerkszulassung muss unter Bedingungen durchgeführt werden, die für die im Betrieb zu erwartenden Bedingungen repräsentativ sind. Dies umfasst vorübergehende Leistungseinstellungen. Servicedaten von Luftfahrtbetreibern und Datenaufzeichnungen von Meldesystemen sind zu berücksichtigen, um die Häufigkeit der Kabinenluftverschmutzung zu bewerten.

Luftfahrzeugbetreiber müssen in ihren Sicherheitsmanagementsystemen (SMS) Prüfverfahren nach einem Vorfall und entsprechende Gegenmaßnahmen in Bezug auf die Verunreinigung der Zapfluft beschreiben.

ANMERKUNG Ein SMS ist ein systematischer Ansatz für das Sicherheitsmanagement, einschließlich der erforderlichen Organisationsstrukturen, Verantwortlichkeiten, Richtlinien und Verfahren.

Triebwerksprüfungen im Zusammenhang mit der Zertifizierung der Zapfluft müssen unter Bedingungen durchgeführt werden, die für die im Betrieb zu erwartenden Bedingungen repräsentativ sind. Dies umfasst spezifische Leistungseinstellungen und Prüfungen während des Betriebs. Servicedaten von Luftfahrtbetreibern und Datenaufzeichnungen von Meldesystemen sind zu berücksichtigen, um die Häufigkeit der Kabinenluftverschmutzung zu bewerten.

5.3.2 Anforderungen an die Luftüberwachung

Die Luftqualität wird durch Überwachung der Luft bewertet, die in die Kabine zugeführt wird oder der Luft, die in der Kabine ist, um die Schadstoffquellen quantitativ oder qualitativ zu bestimmen.

Das ausgewählte Verfahren muss die folgenden Verunreinigungsquellen identifizieren können (siehe Anhang B):

- Motoröl;
- Hydraulikflüssigkeit;
- Triebwerksabgase;
- Treibstoff;
- Enteisungsmittel.

Die Luftüberwachung erfolgt entweder online (Echtzeitüberwachung durch instrumentelle Analysegeräten mit Sensoren) oder offline (passive oder aktive Probenahme am Luftfahrzeug, gefolgt von einer Analyse dieser Probe in einem speziellen Labor).

Die Luftüberwachung ist in Übereinstimmung mit der Strategie nach 6.1 durchzuführen, um entweder:

- ein Signal auszuarbeiten, damit die Besatzung auf einen abnormalen Zustand aufmerksam wird;
- die Entwicklung der Luftqualität während des Fluges zu verfolgen;
- die Konzentration der Luftverunreinigung zu bestimmen;
- die Luftqualität aufzuzeichnen (zum Beispiel zu Wartungszwecken);
- eine Situation an Bord eines Luftfahrzeugs nach einem gemeldeten Ereignis, das vermutlich die Luftqualität beeinträchtigt, zu bestätigen.

5.4 Luftüberwachungsstrategie

5.4.1 Allgemeines

Es muss eine Überwachungsstrategie nach EN ISO 16000-1 festgelegt werden, um das am besten geeignete Verfahren anzuwenden und zu gewährleisten, dass die Messungen vollständig sind.

Die Geräte zur Probenahme müssen sicher angebracht sein und dürfen weder den Betrieb des Luftfahrzeugs stören noch die Luft verändern. Die Überwachung muss Teil eines geplanten Ansatzes sein, der auf die Minderung der Belastung und Präventionsbeurteilung beruht.

Kompetente Personen mit den Fähigkeiten, Kenntnissen, praktischen Erfahrungen und Schulungen müssen die Überwachung planen und beaufsichtigen. Geschulte Flugbesatzung kann flugzeugintegrierte Überwachungsgeräte bedienen.

5.4.2 Planung

Der erste Planungsschritt besteht in der Erstellung eines Überblicks über die Umgebung, aus der die Probe entnommen werden soll, den laufenden Betrieb, die in dieser Umgebung verwendeten Materialien/Produkte und die Schadstoffe, die aus diesen Materialien ausströmen können.

Tabelle 1 ist als Referenz für die allgemeinen Flugphasen mit oder ohne Passagiere zu verwenden, während derer Messungen durchgeführt werden sollten.

Tests mit dem ECS oder E-ECS bei sehr hohen oder sehr niedrigen Temperaturen sind aus Komfortgründen mit Passagieren an Bord möglicherweise nicht durchführbar. Unter allen möglichen Luftfahrzeugsystemkonfigurationen sind in Tabelle 1 Luftfahrzeugsystemkonfigurationen als Verweis aufgeführt, die bei den Messungen zu berücksichtigen sind. Bei Offline-Messungen ist (sind) die Luftfahrzeugkonfiguration(en) entsprechend den Überwachungszielen auszuwählen. In der folgenden Tabelle 1 sind die aufzuzeichnenden Parameter aufgeführt.

Tabelle 1 — Messplan je nach Flugphase und zugehörige Luftfahrzeugsystemkonfiguration

Flugphase	Luftfahrzeugsystemkonfiguration und Steuerungseinstellungen				
	ECS oder E-ECS ^b	Luftbefeuch- tungsanlage	Zapfluft aus der APU	Zapfluft aus dem Triebwerk	Bodenluft- versor- gungs- einheit
Start des Triebwerks ^a	AUS	AUS	AUS	AUS bis AN	
Start der APU ^a	AUS	AUS	AUS bis AN	AUS	
Rampe	MAX. HITZE MAX. KÄLTE 20 °C bis 25 °C oder gegenwärtig ^c	AN AUS ^c	AN AUS ^c	AUS	AN AUS ^c
Rampe — Enteisung ^a	AUS	AUS	AUS	AUS bis AN	
Hinrollen auf das Vorfeld	20 °C bis 25 °C oder gegenwärtig	AN AUS ^c	AN AUS ^c	AN AUS ^c	
Starten	20 °C bis 25 °C oder gegenwärtig	AN AUS	AUS	ON	
Steigflug	20 °C bis 25 °C oder gegenwärtig	AN AUS	AUS	ON	
Reiseflug	20 °C bis 25 °C oder gegenwärtig	AN oder AUS	AUS	ON	
Sinkflug	20 °C bis 25 °C oder gegenwärtig	AN oder AUS	AUS	ON	
Wegrollen vom Vorfeld	20 °C bis 25 °C oder gegenwärtig	ON	20 °C bis 25 °C oder gegenwärtig	ON	

^a Während der Startphase der APU und der Startphase des Triebwerks kann es sein, dass die APU oder das Triebwerks-Zapfluftsystem (falls im Luftfahrzeug installiert) der Luftfahrzeugkabine keine Luft zuführen. Infolgedessen sollte die Messung innerhalb von 5 s nach dem Starten der Triebwerke oder der APU beginnen und muss für die jeweilige Instrumentierung erforderliche Zeitspanne (z. B. bis zu 10 min) andauern. In diesem Zeitraum werden Probenahmen oder Aufzeichnungen während der Übergangsphase durchgeführt, in der Luft aus den Triebwerken oder der APU in die Kabine strömt.

^b Bei ECS oder E-ECS in MAX. HITZE oder MAX. KÄLTE wird empfohlen, die Messung ohne Passagiere an Bord und mit geschlossenen Luftauslässen durchzuführen

^c Die ausgewählten ECS- oder E-ECS-Einstellungen oder die Luftfahrzeugsystemkonfiguration sind exklusiv und müssen kompatibel sein

5.4.3 Probenahmeverfahren

Es stehen verschiedene Probenahmeverfahren zur Verfügung: Dieses Dokument befasst sich mit der Probenahme in Luftversorgungssystemen und der Probenahme an Leitungen/Kabinenoberflächen.

a) Probenahme im Luftversorgungssystem:

Der zuverlässigste Ort für die Probenahme von Verunreinigungen, die aus dem Luftversorgungssystem stammen, befindet sich in der Kabinenluftzufuhrleitung. Es kann sich als nicht sinnvoll erweisen, Luft vor der Mischanlage zu entnehmen. Daher ist zu berücksichtigen, dass die Entnahme der Mischluft, nachdem diese durch die Mischanlage geströmt ist, Verunreinigungen enthalten kann, die in der Kabine erzeugt wurden.

ANMERKUNG 1 Einige tragbare Geräte, die von den Flugbegleitern an Bord mitgeführt werden können, könnten auch zur regelmäßigen Überwachung der Luftqualität verwendet werden.

ANMERKUNG 2 Motoröl, Hydraulikflüssigkeit, Motorabgase, Treibstoff und Enteisungsprodukte sind die wichtigsten Verunreinigungsquellen, die berücksichtigt werden müssen.

b) Probenahme an Leitungen/Kabinenoberflächen:

Probenahme durch Abwischen der Oberflächen kann Informationen über abgelagerte Verunreinigungen liefern.

5.5 Luftüberwachungsverfahren

5.5.1 Allgemeines

Es können verschiedene Verfahren angewendet werden. Dieses Dokument spezifiziert und erfordert eine konsequente und kontinuierliche Überwachung der Verunreinigungsquellen. Sofern verfügbar, werden Online-Überwachungsverfahren bevorzugt. Die in 6.2.1.1 beschriebenen Verfahren erläutern die verschiedenen Online-Überwachungsverfahren, und mindestens eines dieser Verfahren muss angewendet werden. Wenn keine Online-Überwachungsverfahren verfügbar sind, müssen die Anforderungen aus 6.2.2 angewendet werden. Die Position des Sensors muss je nach der möglichen Verunreinigungsquelle oder der Markierungsverbindung und der potenziellen Messbedingungen für den Sensor selbst (Temperatur, Druck und Luftfeuchtigkeit) festgelegt werden.

Die Überwachungsgeräte müssen kalibriert sein. Luftüberwachungsverfahren müssen in den SMS-Handbüchern berücksichtigt werden.

5.5.2 Echtzeit- oder Online-Überwachung

5.5.2.1 Allgemeines

Direkt ablesbare Monitore und spezifische Detektoren können in Echtzeit Informationen zur Luftverunreinigung liefern (abhängig vom Zeitverhalten des Sensors), um:

- zwischen normalen Bedingungen und Systemverschlechterung oder abnormalen Bedingungen, z. B. Fume Events, zu unterscheiden, und Informationen an die Bordüberwachungssysteme des Luftfahrzeugs weiterzuleiten. In diesem Fall muss die Nachweisgrenze so niedrig wie möglich sein;
- Konzentrationshöchststände oder Änderungen der Luftqualität mit Hilfe von Sensoren und Umformern aufzuzeichnen oder anzuzeigen;

- Alarme auszulösen, wenn eine bestimmte Schadstoffkonzentration überschritten wird. Dies kann eine frühzeitige Warnung vor einem Problem sein und dazu beitragen, die Sicherheit und die Gesundheit der Besatzung zu gewährleisten. Es verhindert nicht das Auftreten von Leckagen und gibt nicht an, welche Maßnahmen ergriffen werden sollten.

Die Online-Überwachung ist zu verwenden, um:

- a) den Besatzungsmitgliedern dabei zu helfen, eine Quelle abnormaler Verunreinigungen so früh wie möglich zu isolieren (z. B. könnten die Besatzungsmitglieder in der Zapfluftanlage eine Motor- oder APU-Zapfluftquelle isolieren);
- b) bei der Behebung von Wartungsproblemen in Echtzeit oder nach der Landung zu helfen;
- c) Datentrends der Zapfluftanlage über einen längeren Zeitraum zu liefern, die auf eine erforderliche Wartung des Triebwerks/der APU hinweisen können.

ANMERKUNG Online-Überwachung kann den Verschleiß von APU-Dichtungen anzeigen, die Vorbeugemaßnahmen erfordern, oder alternativ einen Vorbeugeplan für Wartungsarbeiten für Motordichtungen im AMM vorsehen, der abnormale Leckagen aufgrund von Verschleiß verhindert.

Die Online-Überwachung sollte auch verwendet werden, um:

- d) nützliche Informationen über die Effizienz des Filtersystems bereitzustellen (siehe 5.4.4);
- e) darauf hinzuweisen, dass das Filtersystem die beabsichtigte Leistung erbringt und ob neben der planmäßigen Wartung eine zusätzliche Wartung/Ersatz von Teilen erforderlich ist;
- f) bei der Erfassung von Rückmeldungen hinsichtlich der Leistung der Luftversorgungsanlage in Bezug auf Luftqualität (z. B. Vorkühler, Lufttaucher, ECS, Filtersysteme, Ozon-/VOC-Konverter, Leitungen oder andere Geräte, die die Kabinenluftqualität beeinflussen können) zu unterstützen.

5.5.2.2 Online-Überwachungsverfahren

Dieser Abschnitt dient dazu die folgenden Verunreinigungsquellen eindeutig identifizieren und unterscheiden zu können:

- Motoröl;
- Hydraulikflüssigkeit;
- Triebwerksabgase, Treibstoff;
- Enteisungsmittel.

Zusätzlich zur Durchführung einer Überwachung zur Minderung/Verhinderung der Belastung durch die in Tabelle B.1 und Tabelle B.2 aufgeführten Verunreinigungsquellen muss die Online-Überwachung auch kontinuierlich die Konzentrationen von Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO₂) gemäß den Lufttüchtigkeitsanforderungen messen.

ANMERKUNG Diese Anforderungen beziehen sich auf die Planungsnormen EASA CS 25.831 und EASA CS 25.832 (Ozonkonzentration in der Kabine).

Die folgenden Verfahren können einzeln oder kombiniert angewendet werden, um die gleichen Anforderungen an die Erkennung von Verunreinigungsquellen zu erfüllen:

a) Indikative chemische Markierungsverbindungen:

Ziel dieser Verfahren ist, einzelne chemische Markierungsverbindungen zu identifizieren, die zuverlässig mit den in Tabelle B.1 aufgeführten Verunreinigungsquellen in Zusammenhang stehen. Bei der Auswahl des Probenahmeverfahrens (a) müssen Verkehrsflugzeuge mit Sensorgeräten in der Kabine oder der Zuluftanlage ausgestattet sein, die in der Lage sind, gleichzeitig die Konzentrationen von mindestens einer Markierungsverbindung mit einer zugewiesenen „Zuverlässigkeitsbewertung“ von A zu überwachen (siehe Tabelle B.2). Alternativ können Luftfahrtbetreiber diese Anforderung erfüllen, indem sie für jede Verunreinigungsquelle mindestens zwei Markierungsverbindungen mit einer zugewiesenen „Zuverlässigkeitsbewertung“ von B (siehe Tabelle B.2) überwachen.

ANMERKUNG Definitionen der Zuverlässigkeitsbewertung: 1) A: Die Markierungsverbindung ist ein Bestandteil des zu messenden Produkts. 2) B: Die Markierungsverbindung ist entweder ein Pyrolyseprodukt des zu messenden Produkts oder Abgase aus einer Stichprobe des Produkts. 3) C: Die Markierungsverbindung erfüllt die Kriterien von „B“ mit einigen Einschränkungen, z. B. wenn das Pyrolyseprodukt über einen begrenzten Temperaturbereich erzeugt wird, es entweder in sehr geringen Mengen oder in Mengen unterhalb der Umgebungswerte vorhanden ist, oder begrenzte Daten vorliegen.

b) Mustererkennung:

Die Mustererkennung kann bei der Identifizierung einer Verunreinigungsquelle zuverlässiger sein. Es werden mehrere Sensorgruppen verwendet, von denen jede für einen anderen Bereich chemischer Verbindungen empfindlich ist und für jede chemische Quelle eine eindeutige „Fingerabdruck“-Reaktion erzeugen kann. Diese Geräte überwachen kontinuierlich die Kabinenluft und reagieren auf die gasförmige Zusammensetzung der Luft. Die chemischen Quellen, die sie identifizieren können, werden durch die Sammlung von Verbindungen, für deren Erkennung sie in der Lage sind, begrenzt.

c) Differenzmessung:

Dieses Verfahren identifiziert auch Verunreinigungsquellen durch einzelne chemische Markierungsverbindungen, wie Verfahren a). Es werden jedoch Differenzmessungen chemischer Verbindungen vor und nach der Verunreinigungsquelle durchgeführt. Der Hauptvorteil von Differenzmessungen besteht darin, dass sie eine Änderung im System anzeigen, die für eine bestimmte Verunreinigungsquelle relevant sein kann. Dieses Verfahren ist auf die in B.1 aufgeführten Markierungsverbindungen beschränkt.

Dieses Verfahren ist geeignet als ergänzend zu Verfahren a) oder Verfahren b) angewendet zu werden, da die Probenahme vor und nach einer Verunreinigungsquelle komplex ist.

5.5.3 Offline-Überwachung

Die Online-Überwachung der in Tabelle B.1 aufgeführten Verbindungen wird gegenüber Offline-Probenahmeverfahren mit einer anschließenden Laboranalyse der Probenahmemedien stark bevorzugt.

Offline-Probenahmesysteme bestehen normalerweise aus einer Pumpe, die über einen Schlauch mit dem Probennehmer verbunden ist (Sammel- oder Adsorptionsmedium). Die Pumpe saugt aktiv Luft durch das Probenahmemedium. Vor und nach der Probenahme sind die Durchflussmengen mit einem kalibrierten Durchflussmessgerät zu überprüfen.

Zwei Faktoren sind zu berücksichtigen:

- die Probenahme während des Fluges wird in einer Umgebung mit reduziertem Druck durchgeführt, in der sich der Druck mit der Flughöhe ändert;
- die Durchflussrate kann abnehmen, wenn das Sammel-/Adsorptionsmedium mit dem Schadstoff (chemischer Wirkstoff) in Berührung kommt.

Die Probenahme muss dann mit Massendurchflussreglern durchgeführt werden, die Druckänderungen korrigieren, oder mit Pumpen, die automatisch für einen konstanten Durchfluss sorgen und sicherstellen, dass die Probenahme innerhalb von $\pm 5\%$ des anfänglichen Sollwerts liegt und während des gesamten Flugs eine konstante Durchflussgeschwindigkeit aufrecht erhält.

Passive Stichproben, wie in EN 838 beschrieben, sollten als Alternative zu Offline-Verfahren betrachtet werden, vorausgesetzt, dass die Einschränkungen beachtet und verstanden werden.

Luftproben sind an ein akkreditiertes analytisches Labor zurückzusenden, das nachweislich in der Lage ist, genaue und präzise Test- und Kalibrierungsdaten für Standardverfahren, nicht standardisierte Verfahren und von Laboratorien entwickelte Verfahren zu erstellen.

Es gibt einige Anwendungen für Offline-Verfahren. Beispielsweise können Daten, die mit Offline-Verfahren gesammelt wurden, die am Boden durchgeführte Fehlersuche unterstützen, wenn Online-Probenahmedaten die Verunreinigungsquelle nicht eindeutig identifizieren können.

Offline-Verfahren können verwendet werden, um die durchschnittlichen Konzentrationen bestimmter Verunreinigungen während des normalen Betriebs zu bestimmen. Offline-Verfahren eignen sich zur Prüfung des chemischen Inhalts eines in einem Luftfahrzeug installierten Filters oder von an Bord gesammelten Wischproben. Die Einschränkungen von Offline-Verfahren sind jedoch beachtlich. Insbesondere liefern die Daten keine frühzeitige Benachrichtigung über eine Belastung, was die wichtigste Aufgabe eines Überwachungssystems an Bord ist.

Offline-Probenahmedaten sollten mit Vorsicht interpretiert werden, da die Daten nur die durchschnittliche Konzentration eines Schadstoffs über den Probenahmezeitraum definieren und nicht die Variabilität der Verunreinigungskonzentrationen über einen bestimmten Zeitraum anzeigen. Die Variabilität der Konzentration über einen gewissen Zeitraum kann einen Einblick in die Verunreinigungsquelle geben, wenn diese beispielsweise in Abhängigkeit von der Flugphase und der Einstellung der Triebwerksleistung interpretiert wird.

Der Anwender muss auch sicherstellen, dass die Probenahmeverfahren mit den Umgebungsfaktoren an Bord kompatibel sind (z. B. Änderungen der Temperatur, des Feuchtigkeitsgehalts oder des Drucks). Der Anwender muss sicherstellen, dass das Analyseverfahren für die angenommene Verunreinigungsquelle, die aus einem komplexen Gemisch von Verbindungen bestehen kann, geeignet ist. Beispielsweise können die Anforderungen des Analyseverfahrens möglicherweise nicht die Bestimmung einer Verbindung in Gegenwart einer anderen zulassen oder Nachweisgrenzen aufweisen, für die eine längere Probenahmezeit als verfügbar erforderlich ist. Es ist erforderlich, dass die Person, die die Proben entnimmt, sich klar mit der Person, die die Proben analysiert, verständigt.

Wenn kein standardisiertes Verfahren existiert, sind angepasste oder neuartige Verfahren zulässig.

Wenn Offline-Verfahren anstelle des Online-Verfahrens ausgewählt werden, um eine oder mehrere der in Tabelle B.1 aufgeführten Verunreinigungen zu messen, so sind die Gründe für die Nichtverwendung der Online-Verfahren einschließlich der entsprechenden Einschränkungen zu dokumentieren und die Normen aufzulisten, die die allgemeinen Anforderungen an die Kompetenz zur Durchführung von Prüfungen und/oder Kalibrierungen und zur Anwendung von Laborverfahren festlegen (EN 482, EN ISO 22065, EN 838, EN 13890 und EN ISO/IEC 17025).

Die Ergebnisse der Offline-Messungen sind durchschnittliche Konzentrationen eines bestimmten Zeitraums, die normalerweise für jede der in Tabelle 1 definierten Flugphasen gemessen wurden. Bei der Festlegung der Probenahmeverfahren und der Interpretation der Ergebnisse sollten die Flugdauer, die Möglichkeit von Konzentrationsschwankungen innerhalb und zwischen den Flugphasen und die Herausforderungen bei der Reproduktion der Flugbedingungen während des Bodenbetriebs berücksichtigt werden.

5.5.4 Überwachung der Kabinenbesatzung (Piloten/innen und Flugbegleiter/innen)

Die Luftfahrtbetreiber müssen den Gesundheitszustand der Besatzung überwachen. Die Überwachung der Besatzung muss auch andere Anforderungen in Abschnitt 5 bis Abschnitt 9 berücksichtigen. Die Überwachung der Besatzung liefert den Luftfahrtbetreibern die erforderlichen Informationen in Bezug auf die Kabinenluftqualität.

Die Besatzung ist zu überwachen:

- bei Beginn der Arbeit;
- nach allen kontaminierenden Fume Events mit der zu diesem Zeitpunkt besten verfügbaren Technologie.

Bei der Überwachung des Gesundheitszustandes wird das medizinische Best-Practice-Protokoll angewendet, das speziell für die Belastung durch Luftverunreinigungen in Luftfahrzeugen gilt. Das Protokoll muss für alle Besatzungsmitglieder und ihre Ärzte verfügbar sein.

Nach einem Fume Event sind in den folgenden Phasen mindestens 3 aufeinanderfolgende Urinproben (mindestens 100 ml) zu entnehmen:

- 1) unmittelbar nach der Belastung;
- 2) 24 h nach einem Fume Event;
- 3) 48 h nach einem Fume Event.

Es ist dafür Sorge zu tragen, dass geeignete sterile Behälter mit Etiketten zur Verfügung stehen. Ein Dokumentationssystem für die Sorgfaltskette muss vorhanden sein. Die Lagerung muss in speziellen Gefriergeräten bei mindestens -20°C , vorzugsweise jedoch bei -80°C erfolgen.

Jedes medizinische Protokoll muss vorgeschriebene Prüfungen und Verfahren enthalten für:

- a) sofort nach dem Flug;
- b) eine spätere Folgeuntersuchung, falls sie für das einzelne Besatzungsmitglied erforderlich ist.

Die Anforderungen aus a) und b) müssen eine vollständige Berufslaufbahn, einschließlich der bisherigen Belastung, der gemeldeten Ereignisberichte, der Wartungsverpflichtungen und der Befunde umfassen. Die gesammelten Informationen müssen mindestens eine vollständige Liste der Symptome enthalten, die in akute, subakute oder chronische Symptome, Geschlecht, Alter, frühere Auswirkungen durch die Belastung, Befunde und Diagnosen, Flugstunden oder -jahre und die Angabe, ob andere Besatzungsmitglieder oder Fluggäste während des Fluges betroffen waren, unterteilt ist.

Die Überwachung der Gesundheit muss in Übereinstimmung mit den nationalen Vorschriften erfolgen.

5.5.5 Überwachung der Passagiere

Passagiere sind ein wesentlicher Bestandteil bei der Beurteilung der Kabinenluftqualität im Luftfahrzeug. Die Luftfahrtbetreiber müssen die folgenden Anforderungen einführen, um ihr Verständnis der Luftqualität in Luftfahrzeugen zu verbessern.

Diese Anforderungen müssen die in 6.2.3 und in Abschnitt 7, Abschnitt 8 und Abschnitt 9 dieses Dokuments aufgeführten Anforderungen unterstützen und Folgendes umfassen:

- a) wenn die Besatzung angibt, dass sie von der Kabinenluftqualität beeinträchtigt wurde, ist bei den Passagieren zu prüfen, ob sie ebenfalls betroffen sind;
- b) meldet ein Passagier, dass er durch die Kabinenluftqualität beeinträchtigt wurde, muss der Luftfahrtbetreiber sicherstellen, dass die Angaben des Passagiers zusammen mit etwaigen nachteiligen Auswirkungen auf die Gesundheit aufgezeichnet werden;
- c) wurden Passagiere beeinträchtigt, so muss der Luftfahrtbetreiber dem/den Passagier(en) unverzüglich wichtige Informationen zu den in der Kabine des Luftfahrzeugs vorhandenen potenziellen toxischen Stoffen sowie gegebenenfalls weitere nützliche Hinweise zu medizinischer Beratung für Passagiere, einschließlich Informationen zu toxikologischen Tests, übermitteln;
- d) wenn der Luftfahrtbetreiber dem Passagier gegen Entgelt Zugang zu ärztlichen Beurteilungen und Tests anbietet, so muss der Luftfahrtbetreiber uneingeschränkten Zugang zu diesen ärztlichen Beurteilungen und den durchgeführten Tests gewähren.

Zur Unterstützung des Luftfahrtbetreibers müssen sie Zugang zu allen relevanten Passagierdaten (vorbehaltlich aller erforderlichen Genehmigungen) haben, damit der Luftfahrtbetreiber Probleme mit der Kabinenluftqualität und etwaige nachteilige Auswirkungen auf die Gesundheit beurteilen kann.

6 Anforderungen an die Analyse und Berichterstattung

6.1 Analyseberichterstattung

6.1.1 Allgemeines

Luftfahrtbetreiber müssen alle verfügbaren Überwachungsdaten und -informationen bezüglich der Kabinenluft aus den Meldeformularen der Besatzung überprüfen, um die Verunreinigungsquelle zu ermitteln und zu beseitigen.

6.1.2 Verwendung von aus Überwachungsdaten abgeleiteten Angaben

Luftfahrtbetreiber müssen die Daten aus den Berichten der Besatzung mit den Daten aus (kontinuierlichen) Online-Messungen auf Flügen vereinbaren, und diese Daten an die Flugsicherheitsbehörden gemäß der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt weiterleiten.

Luftfahrtbetreiber müssen Daten von Offline- (periodischen) und Online- (kontinuierlichen) Messungen gemäß den Angaben aus 6.3.2 und 6.3.3 an die Sicherheitsbehörden weiterleiten, wenn Verunreinigungen in der Kabinenluft aufgezeichnet werden.

Die Luftfahrtbetreiber müssen Servicedaten aus Offline- (periodischen) und Online- (kontinuierlichen) Überwachungen in ihr SMS-System integrieren. Darüber hinaus müssen die Luftfahrtbetreiber diese Servicedaten den Triebwerks- und Flugzeugherstellern zur Verfügung stellen, um nachzuweisen, dass Mindestzielvorgaben für die Triebwerks- und Flugzeugsicherheit zu Zertifizierungszwecken unter tatsächlichen Betriebsbedingungen erreicht werden können.

6.2 Berichterstattung und Aufzeichnung von Vorkommnissen in Bezug auf Kabinenluftqualität

6.2.1 Allgemeines

Die Luftfahrtbetreiber müssen Korrektur- und Vorbeugungsrichtlinien und -verfahren entwickeln, um zu verhindern, dass die Zuluft verunreinigt wird. Dazu gehören Bereiche wie Technologie, Arbeitsorganisation, Arbeitsbedingungen und der Einfluss von Faktoren, die mit dem Arbeitsumfeld zusammenhängen.

Tritt eine tatsächliche oder vermutete Verunreinigung der Kabinenluft/Fume Event auf, muss dies gemeldet und im Flugsicherheitsbericht (en: Air Safety Report, ASR) des Betreibers aufgezeichnet werden, um den Flugbetrieb, die Technik und die Sicherheitsbehörde zu informieren.

ANMERKUNG 1 Piloten übermitteln ausgefüllte ASRs an die entsprechende Sicherheitsbehörde gemäß der Verordnung zur Erfassung meldepflichtiger Ereignisse.

Die Einträge für den ASR müssen enthalten:

- kontaminierte Belüftungsluft (d. h. aus dem Luftversorgungssystem stammende Dämpfe), die dem Cockpit oder der Kabine zugeführt wird und von einem oder mehreren Besatzungsmitgliedern vermutet oder bestätigt wird und mit einer oder mehreren der in Tabelle B.1 aufgeführten Verunreinigungsquellen in Verbindung gebracht werden können;
- Ereignisse, wie Brand, Schmelzen, Rauch, Dämpfe, Funkenbildung, Überhitzung, Feuer oder Explosion;
- Leckagen von Flüssigkeiten, die zu einer möglichen gefährlichen Verunreinigung des Luftfahrzeugs geführt haben oder die das Luftfahrzeug, seine Insassen oder andere Personen gefährdet haben oder hätten gefährden können. Diese Beurteilung muss nach dem Vorsorgeprinzip erfolgen;
- jegliche Verwendung des Sauerstoffsystems der Besatzung durch die Besatzung;
- Beeinträchtigung oder Unfähigkeit eines Besatzungsmitglieds aufgrund einer bestätigten oder vermuteten Verunreinigung der Kabinenluft.

ANMERKUNG 2 Weitere Informationen sind in den Literaturhinweisen zur Verordnung des ASR zu finden.

6.2.2 Meldesysteme für die Kabinenluftqualität

Luftfahrtbetreiber müssen den Piloten und der Besatzung ein Meldeformular für Fume Events zur Verfügung stellen.

Das Meldesystem muss außerdem sicherstellen, dass jeder Berichterstatter eine Kopie seines eingereichten Formulars für seine Aufzeichnungen erhält. Jedes Formular muss mindestens die folgenden Informationen enthalten:

- Datum des Fume Events;
- Flugzeugtyp;
- Flugzeugkennzeichen;
- Flugnummer und Strecke;
- scheinbare Quelle der Dämpfe (d. h. Luftzufuhröffnungen oder Luft in der Kabine);
- Beschreibung und Intensität des Geruchs;

- Ort der Dämpfe (Cockpit, Vorderkabine, mittlere Kabine, Achterkabine, gesamtes Luftfahrzeug);
- Flugphase(n) bei Auftreten von Dämpfen und Dauer des Ereignisses;
- ob Besatzung/Passagiere Symptome haben und welche Art von Symptomen;
- Wartungs- und Informationskontrolle (falls bekannt);
- Auswirkungen auf den Betrieb (falls bekannt).

Sonstige Informationen, die angegeben werden dürfen, wenn sie relevant sind:

- frühere Probleme mit demselben Luftfahrzeug;
- letzter Flug des Luftfahrzeugs;
- Enteisen vor dem Abflug;
- Triebwerkswäsche vor Abflug.

Der Bericht eines Fume Events muss Anweisungen für die Besatzung enthalten, wie sie dem Luftfahrtbetreiber in Form eines ASR und den Luftfahrtbehörden einen Bericht vorlegen müssen, letzterer in Übereinstimmung mit:

- freiwillige Meldung im Zusammenhang mit der Verordnung (EU) Nr. 376/2014 über die Meldung, Analyse und Nachverfolgung von Ereignissen in der Zivilluftfahrt [39];
- Meldepflicht im Zusammenhang mit der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt [40].

ANMERKUNG 1 Als Vorlage für die Meldeformulare kann das im Anhang zu Kapitel 4 des ICAO-Rundschreibens 344 (2015) dokumentierte Meldeformular für Fume Events dienen.

Die Luftfahrtbetreiber müssen sicherstellen, dass die Besatzung das Meldeformular ausfüllen und an die Piloten und das Wartungspersonal weiterleiten kann. Genauso müssen den Piloten die gleichen Möglichkeiten zur Verfügung gestellt werden, damit sie das Meldeformular ausfüllen und dem Wartungspersonal vorlegen können. Das Meldesystem muss sicherstellen, dass jeder Berichterstatter eine Kopie seines eingereichten Formulars für seine Aufzeichnungen erhält.

ANMERKUNG 2 Andere Personen können im Namen einer Organisation oder als Einzelperson über das Europäische Meldesystem für Flugsicherheit eine Ereignismeldung einreichen.

7 Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen

7.1 Allgemeines

7.1.1 Maßnahmen zur Identifizierung und Beseitigung von Verunreinigungsquellen nach dem Flug

Es müssen Systeme für Korrekturmaßnahmen vorhanden sein, die auf das Vorhandensein von chemischen Parametern in der Luft (chemische Markierungsverbindungen) reagieren.

Diese Anforderungen müssen in die Instandhaltungshandbücher der Fluggesellschaften aufgenommen und umgesetzt werden, wenn (bekannte oder vermutete) Dämpfe an Bord vorhanden sind, unabhängig davon, ob die Dämpfe während eines Fluges oder am Flugsteig gemeldet werden.

7.1.2 Anforderungen

Die Betreiber müssen:

- a) genehmigte Checklistenverfahren für Rauch/Dämpfe entwickeln, damit die Piloten versuchen können, die Verunreinigungsquelle der Zuluft im Flug zu isolieren, wenn die Bedingungen dies zulassen;
- b) Hinweisaufkleber entwickeln, mit denen das Wartungspersonal nach dem Flug Verunreinigungsquellen auf der Grundlage des Standorts und der Art der Sensordaten und der Beschreibung der Bedingungen an Bord durch die Besatzung zuverlässig identifizieren und beseitigen kann;
- c) zugelassene Verfahren entwickeln, bei denen Piloten bei Verdacht auf Dämpfe Notsauerstoff (100 %) verwenden müssen.

Die Luftfahrtbetreiber müssen sicherstellen, dass potenzielle Luftverunreinigungen oder tatsächliche Ereignisse unter Berücksichtigung der Ursachen untersucht und analysiert werden, um aus diesen Ereignissen zu lernen und Korrekturmaßnahmen anzuwenden, um zukünftige Verbesserungen sicherzustellen.

Die Luftfahrtbetreiber müssen strukturierte Hinweisaufkleber entwickeln und implementieren, mit denen das Wartungspersonal die Fehlersuche in Luftfahrzeugsystemen durchführen kann, um das Vorhandensein von Verunreinigungen der Luft gemäß den einzelnen Zuluftquellen für die Luftversorgung (in der Regel APU, Triebwerk 1, Triebwerk 2 usw.) zu lokalisieren.

Die Wartungsaufgaben müssen einen systematischen Ansatz zur Identifizierung der Verunreinigungsquelle anwenden. Hinweisaufkleber sollten die Mitarbeiter ausdrücklich darauf hinweisen, dass aus der APU stammende Dämpfe während des Flugs auftreten können, auch wenn das APU bereits ausgeschaltet wurde. Die Hinweisaufkleber sollten die Mitarbeiter auch anweisen, die Aufzeichnungen zur Öl-/Hydraulikbefüllung zu überprüfen und die Systeme auf Anzeichen einer Überfüllung zu überprüfen, insbesondere wenn ein mechanischer Defekt/Ausfall nicht erkennbar ist.

Die Luftfahrtbetreiber müssen Hinweisaufkleber entwickeln und implementieren, mit denen das Wartungspersonal die Systeme nach einer identifizierten Verunreinigungsquelle systematisch inspizieren und reinigen kann, einschließlich ECS-Komponenten und druckausgleichende Luftverteilung/Ausgleichsluftleitung.

Die Luftfahrtbetreiber müssen speziell bei Verfahren bei denen heiße Luft zum Reinigen der Leitungen verwendet wird, Hinweisaufkleber für das Wartungspersonal entwickeln und implementieren, damit diese:

- 1) geeignete Schutzausrüstung tragen;
- 2) die Ausgleichsluftverteilung der Klimaanlage isolieren, indem die heiße Luft zum Reinigen der Leitungen nach außen geleitet wird, oder falls dies nicht möglich ist, sicherstellen, dass das Luftfahrzeug während dem Ausbrennen der Leitungen nicht besetzt ist;
- 3) verschmutzte Bauteile des Ausgleichluftsystems entfernen, reinigen oder ersetzen.

ANMERKUNG 1 Siehe ANSI/ASHRAE Standard 161-2018, Abschnitt 8.2, Abhilfemaßnahmen (b) und A3.1.

Um ein Überfüllen der Ölbehälter zu verhindern, müssen die Luftfahrtbetreiber auf jedem Ölbehälter ein Hinweisschild anbringen, auf dem der entsprechende Füllstand eindeutig angegeben ist, und einen Hinweisaufkleber entwickeln/implementieren, mit der Wartungspersonal geschult wird, um:

- d) beim Befüllen des Behälters das Hinweisschild zu beachten;

- e) das Triebwerk/APU nach einer angemessenen Abschaltsequenz (falls zutreffend) und innerhalb eines festgelegten Zeitraums zu warten;
- f) Verfahren anzuwenden, die ein genaues Ablesen und Aufzeichnen des Ölstands/der Ölzugaben gewährleisten sollen.

ANMERKUNG 2 Weitere Hinweise sind in ASHRAE (2018) *Luftqualität in Verkehrsflugzeugen*, ANSI/ASHRAE Norm 161-2018, ISSN 1041-2336, Abschnitt 8.7 — Motoröl zu finden.

Um ein Überfüllen der Hydraulikflüssigkeitsbehälter zu verhindern, müssen die Luftfahrtbetreiber ein Hinweisschild am Hydraulikflüssigkeitsbehälter anbringen, auf dem der entsprechende Füllstand deutlich angegeben ist, und einen Hinweisaufkleber entwickeln/implementieren, mit der Wartungspersonal geschult wird, um:

- g) beim Befüllen des Behälters das Hinweisschild zu beachten;
- h) (falls zutreffend) innerhalb eines festgelegten Zeitraums zu warten;
- i) Verfahren anzuwenden, die ein genaues Ablesen und Aufzeichnen des Hydraulikflüssigkeitsstands/der Zugabe von Hydraulikflüssigkeit gewährleisten sollen.

ANMERKUNG 3 Weitere Hinweise sind in ASHRAE (2018) *Luftqualität in Verkehrsflugzeugen*, ANSI/ASHRAE Norm 161-2018, ISSN 1041-2336, Abschnitt 8.6 — Hydraulikflüssigkeit zu finden.

7.2 Luftfahrzeugwartungshandbuch (en: Aircraft Maintenance Manual, AMM)

Die im Luftfahrzeug-Wartungshandbuch (en: Aircraft Maintenance Manual, AMM) beschriebenen Maßnahmen sollten der Besatzung zur Verfügung gestellt werden, um sie bei ihrer Entscheidung zu unterstützen, das Luftfahrzeug wieder in Betrieb zu nehmen (AA).

8 Aus- und Weiterbildung von Flugpersonal

8.1 Allgemeines

Die Luftfahrtbetreiber müssen Schulungs-/Ausbildungsprogramme für Cockpitbesatzung, Flugbegleiter und Wartungspersonal entwickeln und durchführen, damit diese das Vorhandensein von vorübergehenden/anhaltenden Verunreinigungen im Luftversorgungssystem erkennen, darauf reagieren und dokumentieren können. Diese Schulungen und Ausbildung müssen in regelmäßigen Abständen, einschließlich bei der Einarbeitung, und mindestens einmal jährlich durchgeführt werden.

Die Schulung und Ausbildung muss Informationen über Verunreinigungen der Zuluft, Boden- und Flugprotokolle, Checklisten, Meldesysteme, medizinische Protokolle sowie Überwachungs- und Wartungsdaten zu den Ergebnissen der gemeldeten Ereignisse und nachfolgenden Untersuchungen enthalten.

Die Luftfahrtbetreiber müssen dafür sorgen, dass das Wartungspersonal geschult wird, damit diese:

- 1) die von Cockpit- und Kabinenpersonal gemeldeten Daten auf den Meldeformularen zu Fume Events (Abschnitt 7) überprüfen und interpretieren können;
- 2) die Hinweisaufkleber zur Fehlerbehebung im Luftversorgungssystems (Abschnitt 7) ausführen können.

Aufzeichnungen über die Ausbildung aller Arbeitnehmer sind zu führen.

Es müssen regelmäßige Überprüfungen durchgeführt, um die Wirksamkeit der vorhandenen Schulungsprogramme festzustellen.

ANMERKUNG Die Ausbildungs-/Schulungsprogramme können die im ICAO-Rundschreiben 344 (2015) definierten Programme berücksichtigen.

8.2 Anforderungen

8.2.1 Allgemeines

Die Luftfahrtbetreiber müssen ihren Arbeitnehmern eine geeignete Ausbildung bieten, damit diese ein Fume Event identifizieren, erkennen und darauf reagieren können.

Diese muss mindestens eine Schulung beinhalten, die es den Piloten und der Besatzung ermöglicht, zwischen einem Fume Event, d. h. Abgasen, die aus Luftzufuhröffnungen stammen, und dem Vorhandensein von Gerüchen, die entweder aus Kabinenartikeln oder einer externen/vorübergehenden Quelle stammen, zu unterscheiden und darauf zu reagieren und das Fume Event den entsprechenden Personen zu melden.

Die Luftfahrtbetreiber müssen Schulungen in Bezug auf alle Online-Überwachungssysteme, die im Luftfahrzeug durchgeführt werden, anbieten, einschließlich der erforderlichen Maßnahmen/Reaktionen in Bezug auf Frühwarnsysteme für Fume Events.

Luftfahrtbetreiber müssen regelmäßig sicherstellen, dass die durchgeführten Schulungen effektiv waren, und bei Bedarf für regelmäßige Aktualisierungen sorgen.

ANMERKUNG Diese Anforderungen werden von den Leitlinien des ICAO-Rundschreibens 344 (2015) unterstützt.

Bei einem Fume Event muss die Besatzung so geschult sein, damit sie den Piloten wichtige Details auf einem Meldeformular mitteilen kann, mit der Bestätigung, dass die Verunreinigungsquelle nicht aus der Kabine stammt.

8.2.2 Aus- und Weiterbildung von Piloten

Zusätzlich zu den oben genannten Anforderungen müssen die Piloten geschult sein, um zwischen einem Fume Event (d. h. Abgasen, die aus Luftzufuhröffnungen stammen; dies erfordert eine dokumentierte Beurteilung und Berichterstattung) und dem Vorhandensein von Gerüchen, die entweder aus Kabinenartikeln oder einer externen/vorübergehenden Quelle stammen, zu unterscheiden. Die Piloten müssen geschult werden, um bei einem Fume Event die Kommunikation mit der Besatzung herzustellen und sicherzustellen, dass die in Abschnitt 8 aufgeführten wichtigen Angaben von der Besatzung empfangen und für das Cockpit dokumentiert werden. Zusätzlich zu einem Logbucheintrag müssen die Piloten das in Abschnitt 7 beschriebene Meldeformular ausfüllen.

8.2.3 Aus- und Weiterbildung für Flugbegleiter

Zusätzlich zu den Anforderungen aus 9.2.1 muss die Besatzung in der Lage sein, zwischen einem Fume Event (d. h. Abgasen, die aus Luftzufuhröffnungen stammen; dies erfordert eine dokumentierte Beurteilung und Berichterstattung) und dem Vorhandensein von Gerüchen, die entweder aus Kabinenartikeln oder einer externen/vorübergehenden Quelle stammen, unterscheiden zu können. Bei einem Fume Event muss die Besatzung so geschult sein, damit sie den Piloten wichtige Details auf einem dokumentierten Meldeformular (Unterabschnitt 8.2) mitteilen können, mit der Bestätigung, dass die Verunreinigungsquelle nicht aus der Kabine stammt.

8.2.4 Aus- und Weiterbildung für Wartungsarbeiter

Darüber hinaus müssen die Luftfahrtbetreiber das Wartungspersonal schulen, um:

- a) sicherzustellen, dass diese geeignete Schutzausrüstung tragen, wenn die Gefahr besteht, dass Öl oder Hydraulikflüssigkeit eingeatmet/über die Haut in den Körper gelangen kann, insbesondere während der Wartung der Triebwerke/bei der Fehlersuche;
- b) sicherzustellen, dass die Besatzung während der Probeläufe der Triebwerke nicht an Bord ist;
- c) Kopien der Meldeformulare für Fume Events im Cockpit und in der Kabine anfordern und zu überprüfen, um bei der Fehlerbehebung bei Wartungsarbeiten behilflich zu sein; und
- d) relevante Wartungsaufgaben durchzuführen, um die primäre Verunreinigungsquelle und alle sekundären Verunreinigungen identifizieren/beseitigen zu können.

8.2.5 Schulung der Wartungsarbeiter

Die Luftfahrtbetreiber müssen das Wartungspersonal schulen/ausbilden, damit diese ein Fume Event erkennen und darauf reagieren können.

Das Wartungspersonal muss geschult werden, um:

- a) sicherzustellen, dass diese geeignete Schutzausrüstung tragen, wenn die Gefahr besteht, dass Öl oder Hydraulikflüssigkeit eingeatmet/über die Haut in den Körper gelangen kann, insbesondere während der Probeläufe der Triebwerke;
- b) sicherzustellen, dass die Besatzung während der Probeläufe der Triebwerke nicht an Bord ist;
- c) Kopien der Meldeformulare für Fume Events im Cockpit und in der Kabine anfordern und zu überprüfen, um bei der Fehlerbehebung bei Wartungsarbeiten behilflich zu sein;
- d) relevante Wartungsaufgaben durchzuführen, um die primäre Verunreinigungsquelle und alle sekundären Verunreinigungen identifizieren/beseitigen zu können.

8.2.6 Checklisten und Handbücher der Besatzung

In Übereinstimmung mit den geltenden Vorschriften zur Erstellung und Anpassung von Checklisten für Piloten muss der Luftfahrtbetreiber sicherstellen, dass den Piloten eine Checkliste zur Verfügung gestellt wird, in der die Verfahren aufgeführt sind, die explizit für das Vorhandensein von vermuteten oder bestätigten Dämpfen aus dem Luftversorgungssystem ohne Verdacht auf Brand vorgesehen sind, und speziell für Bedingungen ohne sichtbare Luftverunreinigungen bestimmt sind.

Die Checkliste der Piloten muss sicherstellen, dass die Piloten die Sauerstoffversorgung (100 %) benutzen, wenn der Verdacht besteht, dass Dämpfe vorhanden sind.

In Übereinstimmung mit den geltenden Vorschriften für die Erstellung/Anpassung von Handbüchern für Piloten und die Besatzung muss der Luftfahrtbetreiber eine unmissverständliche und wirksame Handbuchsprache für die Besatzung entwickeln und implementieren, mit der alle Besatzungsmitglieder die Anwesenheit von Dämpfen im Luftversorgungssystemen erkennen und darauf reagieren können, einschließlich Berichterstattungsverfahren (Abschnitt 7) und Erste Hilfe (wo erforderlich).

Anhang A (informativ)

Klimaanlage des Luftfahrzeugs (en: Environmental Control System, ECS)

A.1 Allgemeines

Der Hauptzweck der Klimaanlage des Luftfahrzeugs (en: Environmental Control System, ECS) ist es den Luftdruck und die Temperatur in der Luftfahrzeugkabine zu regeln, um für die Passagiere und die Besatzung eine sichere und angenehme Umgebung zu schaffen. Das ECS muss eine geeignete Zusammensetzung der Luft schaffen, um eine sichere Umgebung zu gewährleisten.

Die Bauweise des ECS in Verkehrsflugzeugen kann grob in zwei Kategorien unterteilt werden: ECS-Systeme mit Zapfluft und ECS-Systeme ohne Zapfluft.

Das ECS des Luftfahrzeugs ist für die Frischluftversorgung, die Wärmekontrolle und die Druckbeaufschlagung der Kabine für die Besatzung und die Passagiere verantwortlich.

Bei einem herkömmlichen ECS wird die Luft aus den Entlüftungsöffnungen des Triebwerks entnommen und die Klimaanlage wird durch die pneumatische Energie der durchströmenden Zapfluft bewegt. Die meisten kommerziellen Passagierflugzeuge, die heute hergestellt werden, und fast alle Passagierflugzeuge, die in Betrieb sind, verwenden ECSs, die Zapfluft aus dem Triebwerk verwenden (siehe A.2).

Bei ECS (E-ECS) ohne Zapfluft wird das E-ECS elektrisch bewegt und die Luft wird dank eines speziellen Einlasses direkt aus der Außenluft entnommen und nicht aus den Entlüftungsöffnungen der Triebwerke (siehe A.3).

A.2 Klimaanlage des Luftfahrzeugs mit Zapfluft (ECS)

A.2.1 Allgemeines

Bild A.1 zeigt eine schematische Zeichnung eines ECS mit Zapfluft.

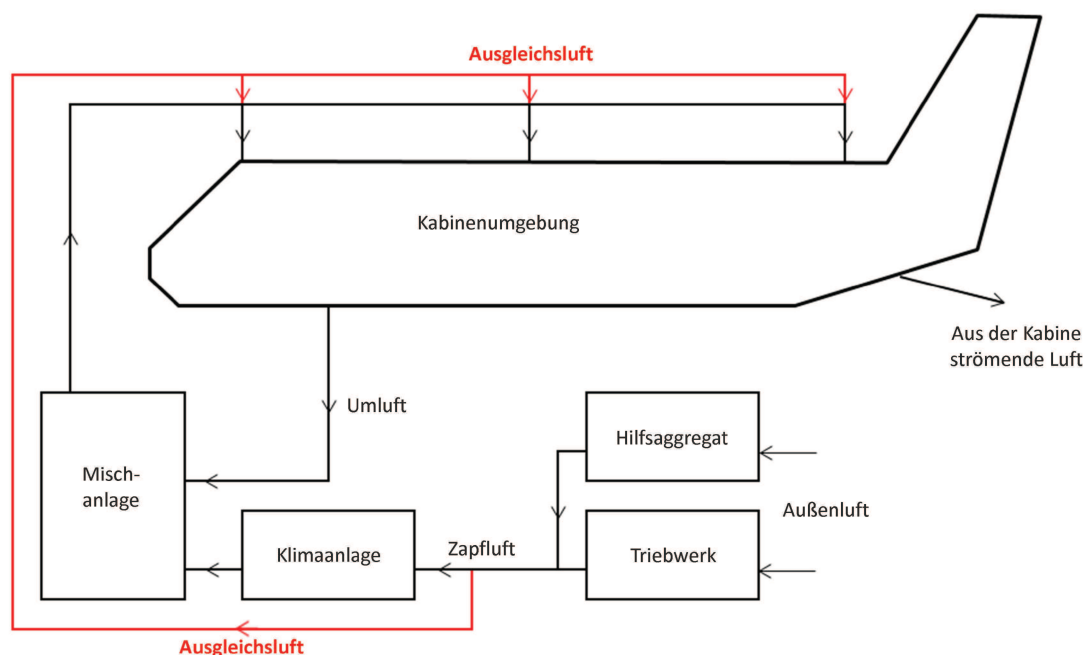


Bild A.1 — Schematische Zeichnung eines ECS mit Zapfluft

Bei einem ECS mit Zapfluft wird Außenluft über die Triebwerke oder das APU vor der Verbrennungsstufe aufgenommen und der Klimaanlage zugeführt. Diese Luft hat normalerweise einen erhöhten Druck und eine erhöhte Temperatur. Der Zweck der Klimaanlage besteht darin, die Zapfluft auf eine geeignete Temperatur und einen geeigneten Druck zu bringen, um die gewünschten Bedingungen in der Kabine aufrechtzuerhalten. Die aufbereitete Außenluft wird in der Mischanlage mit Umluft vermischt. Der Zweck der Luftumwälzung besteht darin, den Außenluftstrom zur Treibstoffersparnis zu reduzieren und gleichzeitig die gewünschten Luftbedingungen in der Kabine aufrechtzuerhalten, um eine gleichmäßige Temperaturverteilung, einen geeigneten Kohlendioxidgehalt (CO₂) und eine erhöhte Luftfeuchtigkeit zu gewährleisten. Die vermischte Luft wird in die Kabine geleitet. Der Kabinendruck wird durch Regulierung des Auslassventils im hinteren Bereich des Luftfahrzeugs aufrechterhalten. Normalerweise werden 50 % bis 60 % der Kabinenluft durch das Auslassventil abgelassen und die verbleibende Luft wird aufbereitet.

Die Erwärmung in einzelnen Bereichen der Kabine erfolgt durch Einführen von Zapfluft bevor diese durch die Klimaanlage strömt. Dies nennt man Ausgleichluft.

A.2.2 Klimaanlage des Luftfahrzeugs ohne Zapfluft

Bild A.2 zeigt eine schematische Zeichnung eines ECS ohne Zapfluft.

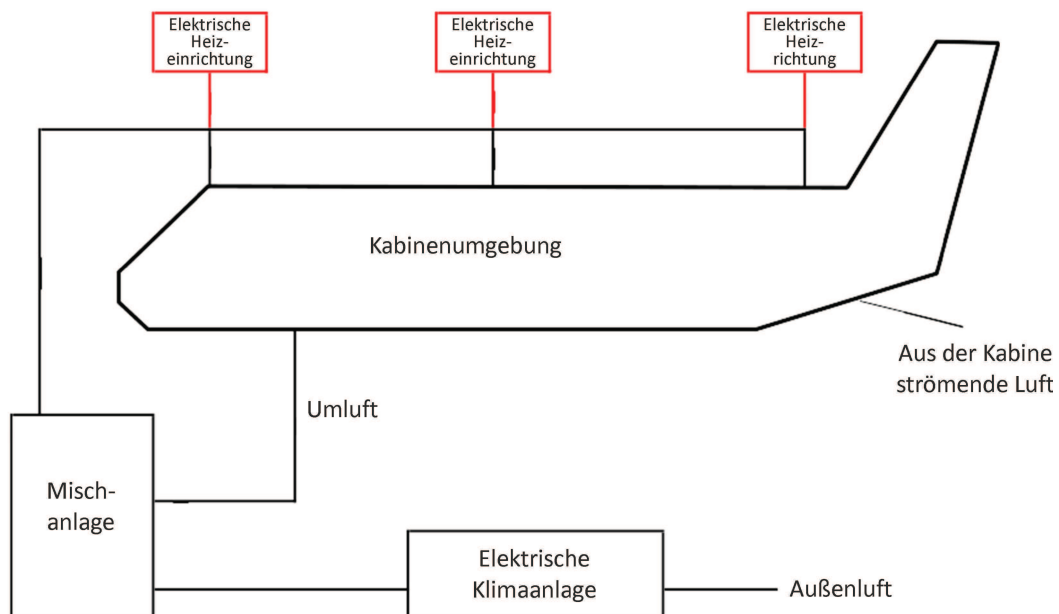


Bild A.2 — Schematische Zeichnung eines ECS ohne Zapfluft

Das ECS-System ohne Zapfluft unterscheidet sich von einem ECS mit Zapfluft nur dadurch, dass der Außenluftstrom durch einen Kompressor angesaugt wird, der von der vom Triebwerk oder der APU erzeugten Elektrizität angetrieben wird. Dieses System vermeidet, dass die Außenluft mit den im Triebwerk enthaltenen Flüssigkeiten in Kontakt kommt. Bei beiden Systemen besteht die Möglichkeit, dass chemische Parameter aus der Außenumgebung aufgenommen werden.

Anhang B (normativ)

Chemische Markierungsverbindungen

In Tabelle B.1 sind chemische Markierungsverbindungen und deren Zugehörigkeit zu relevanten Verunreinigungsquellen der Luft aufgeführt. Informationen dazu, wie eine Markierungsverbindung in der entsprechenden Verunreinigungsquelle vorhanden ist, sind in Tabelle B.2 aufgeführt.

Tabelle B.1 — Verunreinigungsquellen in der Luft mit den dazugehörigen chemischen Markierungsverbindungen

Chemische Parameter	CAS-Nummer	Gruppe	RELEVANTE QUELLE						
			Motoröl	Hydraulikflüssigkeit	Triebwerksabgase ^m	Treibstoff (unverbrannt)	Enteisungsmittel	Passagiere ^d	Kabinenausstattung ^d
Ozon	10028-15-6	Anorganisch			x ^a				
Distickstoffoxid (NO _x)	—	Anorganisch			x				
CO ₂	124-38-9	Anorganisch	j	j	x			x ^b	
CO	630-08-0	Anorganisch	x ^c	x	x		x ^c		
Akrolein	107-02-8	Aldehyd	x ^m	x ^m	x ^m				
Formaldehyd ^k	50-00-0	Aldehyd	x	x	x				x
Acetaldehyd ^l	75-07-0	Aldehyd	x	x	x			x	
Benzol	71-43-2	Aromatische flüchtige organische Verbindungen			x	X ^e			
Toluol	108-88-3	Aromatische flüchtige organische Verbindungen	x		x	x ^e			
Trikresylphosphat (TCP-Mix-Isomer) ⁱ	1330-78-5	Aromatische Verbindungen/ Organophosphate	x ^f						
Tributylphosphat (TBP) ⁱ	126-73-8	Aromatische Verbindungen/ Organophosphate		x					
C5-C10 Carbonsäuren	—	Organisch	x						
Ethylenglykol ⁱ	107-21-1	Alkohol					x ^g		
Propylenglykol ⁱ	57-55-6	Alkohol					x ^g		

Chemische Parameter	CAS-Nummer	Gruppe	RELEVANTE QUELLE						
			Motoröl	Hydraulikflüssigkeit	Triebwerksabgase ^m	Treibstoff (unverbrannt)	Enteisungsmittel	Passagiere ^d	Kabinenausstattung ^d
Ultrafeine Partikel (< 100 nm) ^h	—	Feinstaub	x		x				
TVOC (Summe der flüchtigen organischen Verbindungen)	—	Flüchtige organische Verbindung	Marker für organische Emissionen						

^a Die primäre Ozonquelle ist die Außenluft, die den Luftfahrzeugsystemen zugeführt wird, wenn das Luftfahrzeug durch die Stratosphäre fliegt, insbesondere bei Flügen in hohen geographischen Breiten/in großer Höhe.

^b Trockeneis, das zur Konservierung von Lebensmitteln verwendet wird, ist auch eine CO₂-Quelle.

^c Für diese Quelle möglicherweise nicht geeignet, solange nicht alle Bedingungen erfüllt sind (das Vorhandensein ist temperaturabhängig).

^d Verunreinigungsquelle in der Kabine.

^e Kerosin enthält Toluol, Spuren von Benzol und viele andere flüchtige organische Verbindungen.

^f Die meisten Triebwerksöle der Luftfahrzeuge enthalten TCPs (CAS 1330-78-5). Mindestens ein Triebwerksöl enthält kein TCP; stattdessen enthält es Isopropylphenylphosphat (CAS 68937-41-7). Den Triebwerksölen können auch andere Organophosphate zugesetzt werden. Der Nutzer sollte anhand des Sicherheitsdatenblatts für das betreffende Triebwerksöl ermitteln können, welches Organophosphat eine geeignete Markierungsverbindung darstellt.

^g Die meisten Enteisungsflüssigkeiten enthalten einen hohen Anteil an Propylenglykol und kein Ethylenglykol. Die wenigsten Enteisungsflüssigkeiten und -produkte enthalten Ethylenglykol. Der Nutzer sollte anhand des Sicherheitsdatenblatts für das betreffende Produkt ermitteln können, welches glykolhaltige Produkt eine geeignete Markierungsverbindung darstellt.

^h Ultrafeine Partikel werden normalerweise auch vorgefunden, wenn Ozon vorhanden ist.

ⁱ Da diese Verbindungen schwerflüchtig sind, können sie in Geräten oder Leitungen kondensieren und in die Belüftungsluft zurückgeführt werden.

^j Der relative CO₂-Gehalt von Öl- oder Hydraulikflüssigkeitsdämpfen ist im Vergleich zum CO₂-Gehalt in der Umgebungsluft sehr gering. Aus diesem Grund ist CO₂ keine relevante Markierungsverbindung für Öl oder Hydraulikflüssigkeit.

^k Formaldehyd ist eine relevante Markierungsverbindung für Öl, Hydraulikflüssigkeit und Abgase, wenn es in der Zapfluft gemessen wird. Es ist kein zuverlässiger Indikator für diese Dämpfe, wenn sie in der Kabine gemessen werden, da es potenzielle Quellen dafür in der Kabine gibt, einschließlich Teppiche und Polster.

^l Acetaldehyd ist eine relevante Markierungsverbindung für Öl, Hydraulikflüssigkeit und Abgase, wenn es in der Zapfluft gemessen wird. Es ist kein zuverlässiger Indikator für Öl-Dämpfe, wenn sie in der Kabine gemessen werden, da es potenzielle Quellen dafür in der Kabine gibt, einschließlich Bio-Fortluft (Ausdünstungen).

^m Akrolein ist ein Verbrennungsmarker und sollte in Abgasen vorhanden sein. Es ist jedoch nicht spezifisch für Abgase und kann auch in Öl und Hydraulikflüssigkeiten enthalten sein, wenn diese bei hohen Temperaturen zersetzt werden. Die Temperatur, bei der Akrolein gebildet wird, variiert je nach Produkt. Es ist nicht zu erwarten, dass Akrolein vorhanden ist, wenn Öle und Hydraulikflüssigkeiten auf gemäßigte Temperaturen erhitzt werden, und es ist nicht zu erwarten, dass es sich im Temperaturbereich einer APU in Betrieb bildet. Akrolein ist in der Kabine schwer zu messen. Formaldehyd ist der dominierende Marker für Triebwerksabgase, gefolgt von Acetaldehyd, Akrolein und dann Toluol/Xylol.

Tabelle B.2 — Zuverlässigkeitsbewertungen für das Vorhandensein von chemischen Markierungsverbindungen, je nach Verunreinigungsquelle

Nummer der Quelle in Tabelle B.1	Quelle ^a	Markierungsverbindung ^b	Zuverlässigkeitsbewertung der Markierungsverbindung ^c	CAS-Nummer
1	MOTORÖL	Tricresylphosphate ^d	A	1330-78-5
		Acetaldehyd	B	75-07-0
		C ₅ -C ₁₀ Carbonsäuren	B	nicht zutreffend
		Formaldehyd	B	50-00-0
		Toluol	B	108-88-3
		Ultrafeine Partikel (PM _{0,1})	B	nicht zutreffend
		Akrolein (nur bei hohen Temperaturen für ausgewählte Produkte) ^e	C	107-02-8
		Kohlenmonoxid (CO) (CO) (Bildung beginnt voraussichtlich bei Temperatur > 230 °C; je nach Produkt)	C	630-08-0
		TVOC (nur begrenzte Daten verfügbar, speziell für Öl)	C	nicht zutreffend
2	HYDRAULIK-FLÜSSIGKEIT	Tributylphosphat	A	126-73-8
		Acetaldehyd	B	75-07-0
		Formaldehyd	B	50-00-0
		Akrolein (nur bei hohen Temperaturen für ausgewählte Produkte) ^e	C	107-02-8
		Kohlenmonoxid (CO) (CO) (Bildung beginnt voraussichtlich bei Temperatur > 230 °C; je nach Produkt)	C	630-08-0
		TVOC (nur begrenzte Daten verfügbar, speziell für Hydraulikflüssigkeit)	C	nicht zutreffend
3	TRIEBWERKS-ABGASE	Distickstoffoxide	A	nicht zutreffend
		Formaldehyd	B	50-00-0
		Acetaldehyd	C	75-07-7
		Akrolein ^e	C	107-02-8
		Benzol	C	71-43-2
		Kohlendioxid (CO ₂)	C	124-38-9
		Kohlenmonoxid (CO) (CO)	C	630-08-0
		Ozon	C	
		Toluol	C	108-88-3
		TVOC (en: Total Volatile Organic Compounds)	C	nicht zutreffend
		Ultrafeine Partikel (PM _{0,1})	C	nicht zutreffend
4	TREIBSTOFF (UNVERBRANNT)	TVOC (en: Total Volatile Organic Compounds)	B	nicht zutreffend
		Benzol	C ^f	71-43-2
		Toluol	C ^f	108-88-3

Nummer der Quelle in Tabelle B.1	Quelle ^a	Markierungsverbindung ^b	Zuverlässigkeitsbewertung der Markierungsverbindung ^c	CAS-Nummer
5	ENTEISUNGS-FLÜSSIGKEIT	Ethylenglykol (in ausgewählten Enteisungsflüssigkeiten enthalten; siehe Produktdatenblatt) ^g	A	107-21-1
		Propylenglykol (in den meisten Enteisungsflüssigkeiten enthalten; siehe Produktdatenblatt) ^g	A	57-55-6
		Kohlenmonoxid (CO) (CO) (Bildung beginnt voraussichtlich bei Temperatur > 230 °C; je nach Produkt)	C	630-08-0
6	PASSAGIERE	Kohlendioxid (CO ₂)	B	124-38-9
		Acetaldehyd	C	75-07-0
		TVOC (en: Total Volatile Organic Compounds)	C	nicht zutreffend
7	KABINENAUSSTATTUNG	Formaldehyd	B	50-00-0
8	STRATOSPHERISCHES OZON	Ozon ^h	A	10028-15-6

- ^a Die in dieser Tabelle aufgeführten Quellen entsprechen den in Tabelle B.1 aufgeführten Quellen.
- ^b Diese Markierungsverbindungen sind im Allgemeinen nicht spezifisch für eine einzelne Quelle. Um die Verunreinigungsquelle zu identifizieren, ist es normalerweise erforderlich, mehr als eine Markierungsverbindung mit analytischen Mitteln zu messen oder alternative Verfahren wie die Mustererkennung anzuwenden. Auch die Relevanz und Interpretation des Vorhandenseins von Markierungsverbindungen kann je nach Probenahmeort variieren. Beispielsweise könnte Formaldehyd im Entlüftungssystem mit Zapfluß aus Öldämpfen stammen, obwohl Formaldehyd in der Kabinenluft aus Verunreinigungen in der Zuluft oder aus Gegenständen in der Kabine, wie Teppiche und Polster, stammen könnte.
- ^c Definitionen der Zuverlässigkeitsbewertung (A, B oder C): A: Die Markierungsverbindung ist ein Bestandteil des zu messenden Produkts. B: Die Markierungsverbindung ist entweder ein Pyrolyseprodukt des zu messenden Produkts oder Abgase aus einer Stichprobe des Produkts. C: Die Markierungsverbindung erfüllt die Kriterien von „B“ mit einigen Einschränkungen, z. B. wenn das Pyrolyseprodukt über einen begrenzten Temperaturbereich erzeugt wird, es entweder in sehr geringen Mengen oder in Mengen unterhalb der Umgebungswerte vorhanden ist, oder begrenzte Daten vorliegen.
- ^d Die meisten Triebwerksöle der Luftfahrzeuge enthalten TCPs (CAS 1330-78-5). Mindestens ein Triebwerksöl enthält kein TCP; stattdessen enthält es Isopropylphenylphosphat (CAS 68937-41-7). Den Triebwerksölen können auch andere Organophosphate zugesetzt werden. Der Nutzer sollte anhand des Sicherheitsdatenblatts für das betreffende Triebwerksöl ermitteln können, welches Organophosphat eine geeignete Markierungsverbindung darstellt.
- ^e Akrolein ist ein Verbrennungsmarker und sollte in Abgasen vorhanden sein. Es ist jedoch nicht spezifisch für Abgase und kann auch in Öl und Hydraulikflüssigkeiten enthalten sein, wenn diese bei hohen Temperaturen zersetzt werden. Die Temperatur, bei der Akrolein gebildet wird, variiert je nach Produkt. Es ist nicht zu erwarten, dass Akrolein vorhanden ist, wenn Öle und Hydraulikflüssigkeiten auf gemäßigte Temperaturen erhitzt werden, und es ist nicht zu erwarten, dass es sich im Temperaturbereich einer APU in Betrieb bildet. Akrolein ist in der Kabine schwer zu messen. Formaldehyd ist der dominierende Marker für Triebwerksabgase, gefolgt von Acetaldehyd, Akrolein und dann Toluol/Xylol.
- ^f Benzol und Toluol sind Bestandteile des Kerosins, jedoch nur in sehr geringen Konzentrationen. Als solche sind sie wahrscheinlich keine nützlichen Markierungsverbindungen für Treibstoffdämpfe. TVOCs können für die kontinuierliche Überwachung von Kraftstoffdämpfen geeignet sein. Es kann jedoch schwierig sein zu bestimmen, ob die VOCs aus dem Treibstoff stammen, da Treibstoff keine eindeutige Quelle von VOCs ist. Alternativ können Treibstoffdämpfe durch eine Zusammenstellung bekannter Markierungsverbindungen, die handelsübliches Kerosin zugesetzt werden, oder durch alternative Verfahren wie Mustererkennung identifiziert werden.
- ^g Die meisten Enteisungsflüssigkeiten enthalten einen hohen Anteil an Propylenglykol und kein Ethylenglykol. Die wenigsten Enteisungsflüssigkeiten und -produkte enthalten Ethylenglykol. Der Nutzer sollte anhand des Sicherheitsdatenblatts für das betreffende Produkt ermitteln können, welches glykohlhaltige Produkt eine geeignete Markierungsverbindung darstellt.
- ^h Die primäre Ozonquelle ist die Außenluft, die den Luftfahrzeugsystemen zugeführt wird, wenn das Luftfahrzeug durch die Stratosphäre fliegt, insbesondere bei Flügen in hohen geographischen Breiten/in großer Höhe. Ultrafeine Partikel können auch in Gegenwart von Ozon freigesetzt werden.

ANMERKUNG Suche nach zusätzlichen Informationen über den Temperaturbereich, ab dem sich CO bildet und wie stark dies je nach Produkt variiert.

Tabelle B.3 — Liste der zusätzlichen chemischen Parameter, die in der Kabine und in der Zuluft gefunden wurden

Chemische Parameter		CAS-Nr.	Gruppe
IUPAC Bezeichnung	Allgemeine Bezeichnung		
(1E)-1,3-Dichlor-1-propen	(1E)-1,3-Dichlor-1-propen	10061-02-6	Halogenkohlenwasserstoffe
(1S)-2,2-Dimethyl-3-methylenbicyclo[2.2.1]heptan	(1S)-2,2-Dimethyl-3-methylenbicyclo[2.2.1]heptan	5794-04-7	Carbonsäuren
(1S,5S)-6,6-Dimethyl-2-methylenbicyclo[3.1.1]heptan	Pin-2(10)-en	127-91-3	Carbonsäuren
(1Z)-1,3-Dichlor-1-propen	(Z)-1,3-Dichlorpropen	10061-01-5	Halogenkohlenwasserstoffe
(2E)-But-2-enal	Crotonaldehyde	4170-30-3	Aldehyde
(2E)-But-2-en	(E)-But-2-en	624-64-6	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
(2E)-Non-2-enal	Non-2-enal	18829-56-6	Aldehyde
(2E)-Oct-2-enal	(E)-Oct-2-enal	2548-87-0	Aldehyde
(2R,5S)-5-Methyl-2-(propan-2-yl)cyclohexan-1-on	Trans-Menthon	89-80-5	Alizyklische Kohlenwasserstoffe
(3-Phenoxyphenyl)methyl (1R,3S)-3-(2,2-dichlorethenyl)-2,2-dimethylcyclopropan-1-carboxylat	m-Phenoxybenzyl trans-3-(2,2-dichlorvinyl)-2,2-dimethylcyclopropan-1-carboxylat	61949-77-7	Aromatische Kohlenwasserstoffe
(3-Phenoxyphenyl)methyl 2,2-dimethyl-3-(2-methylprop-1-en-1-yl)cyclopropan-1-carboxylat	3-Phenoxybenzyl 2-dimethyl-3-(methylpropenyl)cyclopropan-1-carboxylat	26002-80-2	Aromatische Kohlenwasserstoffe
(4R)-1-Methyl-4-(prop-1-en-2-yl)cyclohex-1-en	(R)-p-Mentha-1,8-dien	5989-27-5	Alizyklische Kohlenwasserstoffe
(5E)-6,10-Dimethylundeca-5,9-dien-2-on	6,10-Dimethylundeca-5,9-dien-2-on	689-67-8	Terpene
(Chlormethyl)benzol	α-Chlortoluol	100-44-7	Halogenkohlenwasserstoffe
(E)-1,2-Dichlorethen	Trans-Dichlorethylen	156-60-5	Halogenkohlenwasserstoffe
(Methyldisulfanyl)methan	Dimethylsulfid	624-92-0	Organische Schwefelverbindungen
(Methylsulfanyl)methan	Dimethylsulfid	75-18-3	Organische Schwefelverbindungen
(Z)-1,2-Dichlorethen	Cis-Dichlorethylen	156-59-2	Halogenkohlenwasserstoffe
1-(Octyloxy)octan	Diocylether	629-82-3	Alkane
1,1,1-Trichlorethan	1,1,1-Trichlorethan	71-55-6	Halogenkohlenwasserstoffe

Chemische Parameter		CAS-Nr.	Gruppe
IUPAC Bezeichnung	Allgemeine Bezeichnung		
1,1,2,2-Tetrachlorethan	1,1,2,2-Tetrachlorethan	79-34-5	Halogenkohlenwasserstoffe
1,1,2-Trichlor-1,2,2-trifluorethan	1,1,2-Trichlortrifluorethan	76-13-1	Halogenkohlenwasserstoffe
1,1,2-Trichlorethan	1,1,2-Trichlorethan	79-00-5	Halogenkohlenwasserstoffe
1,1,2-Trichlorethen	Trichlorethylen	79-01-6	Halogenkohlenwasserstoffe
1,1-Dichlorethen	1,1-Dichlorethylen	75-35-4	Halogenkohlenwasserstoffe
1,1-Dimethylcyclohexan	1,1-Dimethylcyclohexan	590-66-9	Alizyklische Kohlenwasserstoffe
1,2 Dimethylbenzol	Xylol	1330-20-7	Aromatische Kohlenwasserstoffe
1,2,3,4,5,6-Hexachlorbenzol	Hexachlorbenzol	118-74-1	Halogenkohlenwasserstoffe
1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin	1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin	119-64-2	Aromatische Kohlenwasserstoffe
1,2,3-Trimethylbenzol	Trimethylbenzol	25551-13-7	Aromatische Kohlenwasserstoffe
1,2,3-Tris(propan-2-ol)benzol; 1,2,4-Tris(propan-2-ol)benzol; 1,2-Bis(propan-2-ol)benzol; 1,3,5-Tris(propan-2-ol)benzol; 1,3-Bis(propan-2-ol)benzol; 1,4-Bis(propan-2-ol)benzol; 1-Methyl-4-(propan-2-ol)benzol; Prop-1-en-2-ylbenzol; Propan-2-olbenzol	Benzol, (1-Methylethyl)-, Destillationsrückstände	68936-98-1	Aromatische Kohlenwasserstoffe
1,2,4- Trimethylbenzol	1,2,4-Trimethylbenzol	95-63-6	Aromatische Kohlenwasserstoffe
1,2,4-Trichlorbenzol	1,2,4-Trichlorbenzol	120-82-1	Halogenkohlenwasserstoffe
1,2-Bis(2-methylpropyl)benzol-1,2-dicarboxylat	Diisobutylphthalat	84-69-5	Aromatische Kohlenwasserstoffe
1,2-Dibromethan	1,2-Dibromethan	106-93-4	Halogenkohlenwasserstoffe
1,2-Dibutylbenzol-1,2-dicarboxylat	Dibutylphthalat	84-74-2	Aromatische Kohlenwasserstoffe
1,2-Dichlorbenzol	1,2-Dichlorbenzol	95-50-1	Halogenkohlenwasserstoffe

Chemische Parameter		CAS-Nr.	Gruppe
IUPAC Bezeichnung	Allgemeine Bezeichnung		
1,2-Dichlorethan	1,2-Dichlorethan	107-06-2	Halogenkohlenwasserstoffe
1,2-Dichlorpropan	1,2-Dichlorpropan	78-87-5	Halogenkohlenwasserstoffe
1,2-Diethylbenzol-1,2-dicarboxylat	Diethylphthalat	84-66-2	Aromatische Kohlenwasserstoffe
1,2-Dihydroacenaphthylen	Acenaphthen	83-32-9	Amine
1,2-Dimethylbenzol-1,2-dicarboxylat	Dimethylphthalat	131-11-3	Aromatische Kohlenwasserstoffe
1,3,3-Trimethyl-2-oxabicyclo[2.2.2]octan	Cineol	470-82-6	Alkane
1,3,5,2,4,6-Trioxatrisilinan	Cyclotrisiloxan	291-50-9	Silizium
1,3,5,7,2,4,6,8-Tetraoxatetrasilocan	Cyclotetrasiloxane	293-51-6	Silizium
1,3,5,7,9,11,13-Heptaoxa-2,4,6,8,10,12,14-heptasilacyclotetradecan	Cycloheptasiloxan	12396-02-0	Silizium
1,3,5,7,9,11-Hexaoxa-2,4,6,8,10,12-hexasilacyclododecan	Cyclohexasiloxan	295-01-2	Silizium
1,3,5-Trimethylbenzol	Mesitylen	108-67-8	Halogenkohlenwasserstoffe
1,3-Benzothiazol	Benzothiazol	95-16-9	Organische Schwefelverbindungen
1,3-Dichlorbenzol	1,3-Dichlorbenzol	541-73-1	Halogenkohlenwasserstoffe
1,3-Dihydro-2-benzofuran-1,3-dion	Phthalsäureanhydrid	85-44-9	Aromatische Kohlenwasserstoffe
1,3-Xylen	m-Xylen	108-38-3	Aromatische Kohlenwasserstoffe
1,4-Dichlorbenzol	1,4-Dichlorbenzol	106-46-7	Halogenkohlenwasserstoffe
1-Butoxybutan	Dibutylether	142-96-1	Alkohole
1-Chlor-1-fluorethan	1-Chlor-1-fluorethan	1615-75-4	Halogenkohlenwasserstoffe
1-Ethyl-4-methylbenzol	4-Ethyltoluol	622-96-8	Aromatische Kohlenwasserstoffe
1-Hydroxyaceton	Hydroxyaceton	116-09-6	Aldehyde
1-Methoxypropan-2-olazetat	2-Methoxy-1-methylethylazetat	108-65-6	Organische Säuren
1-Methyl-4-(prop-1-en-2-yl)cyclohex-1-en	Dipenten	138-86-3	Alizyklische Kohlenwasserstoffe

Chemische Parameter		CAS-Nr.	Gruppe
IUPAC Bezeichnung	Allgemeine Bezeichnung		
1-Methyl-4-(propan-2-ol)benzol	p-Cymol	99-87-6	Aromatische Kohlenwasserstoffe
1-Methyl-7-(propan-2-ol)phenanthren	7-Isopropyl-1-methylphenanthren	483-65-8	Aromatische Kohlenwasserstoffe
1-Phenylethan-1-on	Acetophenon	98-86-2	Aromatische Kohlenwasserstoffe
2- Propanol	Propan-2-ol	67-63-0	Alkohole
2-(Chlormethyl)-1,3-difluorbenzol	2-(Chlormethyl)-1,3-difluorbenzol	697-73-4	Aromatische Kohlenwasserstoffe
2-(Ethyldisulfanyl)propan	Ethylisopropyldisulfid	53966-36-2	Gase
2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan	Kohlenwasserstoffe, C ₄ , 1,3-Butadien-frei, polymerisiert, Pentaisobutylen-Fraktion, hydriert	4390-04-9	Alizyklische Kohlenwasserstoffe
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	13475-82-6	Alizyklische Kohlenwasserstoffe
2,2,4-Trimethyl-1-[(2-methylpropionyl)oxy]pentan-3-yl 2-methylpropanoat	1-Isopropyl-2,2-dimethyltrimethylendiisobutyrat	6846-50-0	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
2,2,4-Trimethylpentan	2,2,4-Trimethylpentan	540-84-1	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
2,3-Dimethylbutan	2,3-Dimethylbutan	79-29-8	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
2,3-Dimethylpentan	2,3-Dimethylpentan	565-59-3	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
2,4,6,8,10-Pentamethyl-1,3,5,7,9,2,4,6,8,10-pentaoxapentasiloxan	2,4,6,8,10-Pentamethylcyclopentasiloxan	6166-86-5	Silizium
2,6,6-Trimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-en	Pin-2(3)-en	80-56-8	Alkane
2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol	2,6-Di-tert-butyl-p-kresol	128-37-0	Aromatische Kohlenwasserstoffe
2-[(2-Hydroxy-5-methyl-3-nonylphenyl)methyl]-4-methyl-6-nonylphenol	2,2'-Methylenbis(6-nonyl-p-kresol)	7786-17-6	Carbonsäuren
2-Butoxyethan-1-ol	2-Butoxyethanol	111-76-2	Alkohole
2-Ethylhexan-1-ol	2-Ethylhexan-1-ol	104-76-7	Alkohole
2-Ethylhexanal	2-Ethylhexanal	123-05-7	Aldehyde
2-Ethylhexyl 2-hydroxybenzoat	2-Ethylhexylsalicylat	118-60-5	Aldehyde

Chemische Parameter		CAS-Nr.	Gruppe
IUPAC Bezeichnung	Allgemeine Bezeichnung		
2-Ethylhexyldiphenylphosphat	2-Ethylhexyldiphenylphosphat	1241-94-7	Organische Phosphate
2-Hexanon	Hexan-2-on	591-78-6	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
2-Hydroxybenzaldehyd	Salicylaldehyd	90-02-8	Aldehyde
2-Methoxy-2-methylpropan	Tert-butylmethylether	1634-04-4	Alkohole
2-Methylbenzaldehyd	2-Tolualdehyd	529-20-4	Aldehyde
2-Methylbuta-1,3-dien	Isopren	78-79-5	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
2-Methylbutan	2-Methylbutan	78-78-4	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
2-Methylheptan	2-Methylheptan	592-27-8	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
2-Methylhexan	2-Methylhexan	591-76-4	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
2-Methylnaphthalin	2-Methylnaphthalin	91-57-6	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
2-Methylpentan	2-Methylpentan	107-83-5	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
2-Methylphenol	O-Kresol	95-48-7	Aromatische Kohlenwasserstoffe
2-Methylprop-1-en	2-Methylpropen	115-11-7	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
2-Methylprop-2-enal	Methacrylaldehyd	78-85-3	Aldehyde
2-Methylpropan-2-ol	2-Methylpropan-2-ol	75-65-0	Alkohole
2-Methylpropanal	Isobutyraldehyd	78-84-2	Aldehyde
2-Methylpropan	Isobutan	75-28-5	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
2-Phenoxyethan-1-ol	2-Phenoxyethanol	122-99-6	Alkohole
2-Tert-butyl-4-[1-(5-tert-butyl-4-hydroxy-2-methylphenyl)butyl]-5-methylphenol	6,6'-Di-tert-butyl-4,4'-butylidenedi-m-kresol	85-60-9	Aromatische Kohlenwasserstoffe
*2λ ⁴ -Trioxida-1,2-dien	Ozon	10028-15-6	Gase
3,3,5-Trimethylcyclohexyl 2-hydroxybenzoat	Homosalat	118-56-9	Aldehyde

Chemische Parameter		CAS-Nr.	Gruppe
IUPAC Bezeichnung	Allgemeine Bezeichnung		
3,4-Xylen	O-Xylen	95-4-76	Aromatische Kohlenwasserstoffe
3,7,7-Trimethylbicyclo[4.1.0]hept-3-en	3,7,7-Trimethylbicyclo[4.1.0]hept-3-en	13466-78-9	Alkane
3-Heptanon	Heptan-3-on	106-35-4	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
3-Methylbutan-1-ol	3-Methylbutan-1-ol	123-51-3	Alkohole
3-Methylbutanal	Isovaleraldehyd	590-86-3	Aldehyde
3-Methylheptan	3-Methylheptan	589-81-1	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
3-Methylhexan	3-Methylhexan	589-34-4	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
3-Methylpentan	3-Methylpentan	96-14-0	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
3-Phenyl-2,5-dihydrofuran-2,5-dion	3-Phenylfuran-2,5-dion	36122-35-7	Aromatische Kohlenwasserstoffe
4-Methylbenzaldehyd	P-Tolualdehyd	104-87-0	Aldehyde
4-Methylpentan-2-on	4-Methylpentan-2-on	108-10-1	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
4-Octyl-N-(4-octylphenyl)anilin	Bis(4-octylphenyl)amin	101-67-7	Amine
4-Tert-butylphenol	4-Tert-butylphenol	98-54-4	Aromatische Kohlenwasserstoffe
5-Methyl-2-(propan-2-yl)cyclohexan-1-ol	Menthol	89-78-1	Alkohole
6,7,8,9-Tetrahydro-5H-tetrazol[1,5-a]azepin	Pentetrazol	54-95-5	Amine
6-Methylhept-5-en-2-on	6-Methylhept-5-en-2-on	110-93-0	Alizyklische Kohlenwasserstoffe
9H-Fluoren	Fluoren	86-73-7	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
Acenaphthylen	Acenaphthylen	208-96-8	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
*Acetaldehyd	Acetaldehyd	75-07-0	Aldehyde

Chemische Parameter		CAS-Nr.	Gruppe
IUPAC Bezeichnung	Allgemeine Bezeichnung		
Essigsäure	Essigsäure	64-19-7	Carbonsäuren
Acetonitril	Acetonitril	75-05-8	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
Acetylen	Acetylen	74-86-2	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
Ammoniak	Ammoniak, wasserfrei	7664-41-7	Gase
Anthracen	Anthracen	120-12-7	Aromatische Kohlenwasserstoffe
Azepan-2-on	ϵ -Caprolactam	105-60-2	Amine
Benzaldehyd	Benzaldehyd	100-52-7	Aldehyde
Benzolamin, N-Phenyl-, Reaktionsprodukte mit Styrol und 2,4,4-Trimethylpenten	Benzolamin, N-Phenyl-, Reaktionsprodukte mit Styrol und 2,4,4-Trimethylpenten	68921-45-9	Amine
*Benzol	Benzol	71-43-2	Aromatische Kohlenwasserstoffe
Benzo(a)pyren	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)	50-32-8	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
Benzoessäure	Benzoessäure	65-85-0	Aromatische Kohlenwasserstoffe
Bis(2-ethylhexyl)benzol-1,2-dicarboxylat	Bis(2-ethylhexyl)phthalat	117-81-17	Aromatische Kohlenwasserstoffe
Bromdichlormethan	Bromdichlormethan	75-27-4	Halogenkohlenwasserstoffe
Bromoform	Bromoform	75-25-2	Halogenkohlenwasserstoffe
But-1-en	But-1-en	106-98-9	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
Butan-1-ol	Butan-1-ol	71-36-3	Alkohole
Butan-2-on	Butanon	78-93-3	Aldehyde
Butanal	Butyraldehyd	123-72-8	Aldehyde
Butan	Butan	106-97-8	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
Butan-1,3-diol	Butan-1,3-diol	107-88-0	Alkohole
Butylacetat	N-Butylacetat	123-86-4	Organische Säuren
Butylformiat	Butylformiat	592-84-7	Organische Säuren

Chemische Parameter		CAS-Nr.	Gruppe
IUPAC Bezeichnung	Allgemeine Bezeichnung		
^a C ₅ -C ₁₀ Carbonsäuren			Carbonsäuren
Carbonylsulfid	Carbonylsulfid	463-58-1	Gase
Chlorbenzol	Chlorbenzol	108-90-7	Halogenkohlenwasserstoffe
Chlorethan	Chlorethan	75-00-3	Halogenkohlenwasserstoffe
Chlormethan	Chlormethan	74-87-3	Halogenkohlenwasserstoffe
Chlortrifluormethan	Chlortrifluormethan	75-72-9	Halogenkohlenwasserstoffe
Cis-permethrin	m-Phenoxybenzyl cis-3-(2,2-dichlorvinyl)-2,2-dimethyl- cyclopropanecarboxylat	61949-76-6	Carbonsäuren
Cyclohexan	Cyclohexan	110-82-7	Alizyklische Kohlenwasserstoffe
Cyclopenta-1,3-dien	Cyclopentadien	542-92-7	Alizyklische Kohlenwasserstoffe
Decamethyl-1,3,5,7,9,2,4,6,8,10-penta-oxapentasiloxan	Decamethylcyclopentasiloxan	541-02-6	Silizium
Decanal	Decanal	112-31-2	Alizyklische Kohlenwasserstoffe
Decan	Decan	124-18-5	Alizyklische Kohlenwasserstoffe
Decansäure	Decansäure	334-48-5	Organische Säuren
Dibrom(chlor)methan	Dibromchlormethan	124-48-1	Halogenkohlenwasserstoffe
Dibutoxyphosphinsäure	Dibutylhydrogenphosphat	107-66-4	Organophosphatester
Dibutylphenylphosphat	Dibutylphenylphosphat	2528-36-1	Aromatische Kohlenwasserstoffe
Dichlordifluormethan	Dichlordifluormethan	75-71-8	Halogenkohlenwasserstoffe
Dichlormethan	Dichlormethan	75-09-2	Halogenkohlenwasserstoffe
^a Dioxomethan	Kohlendioxid (CO ₂)	124-38-9	Gase
Dodecan	Dodecan	112-40-3	Alizyklische Kohlenwasserstoffe

Chemische Parameter		CAS-Nr.	Gruppe
IUPAC Bezeichnung	Allgemeine Bezeichnung		
Ethan	Ethan	74-84-0	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
^a Ethan-1,2-diol	Ethylenglykol	107-21-1	Alkohole
Ethanthiol	Ethanthiol	75-08-1	Organische Schwefelverbindungen
Ethanol	Ethanol	64-17-5	Alkohole
Ethen	Ethylen	74-85-1	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
Ethenylacetat	Vinylacetat	108-05-4	Organische Säuren
Ethenylbenzol	Styrol	100-42-5	Aromatische Kohlenwasserstoffe
Ethoxybenzol	Phenetol	103-73-1	Alkohole
Ethoxyethan	Diethylether	60-29-7	Alkohole
Ethylacetat	Ethylacetat	141-78-6	Organische Säuren
Ethylbenzol	Ethylbenzol	100-41-4	Aromatische Kohlenwasserstoffe
Fluoranthren	Fluoranthren	206-44-0	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
^a Formaldehyd	Formaldehyd	50-00-0	Aldehyde
Ameisensäure	Ameisensäure	64-18-6	Carbonsäuren
Heptadecan	N-Heptadecan	629-78-7	Alkane
Heptan-2-on	Heptan-2-on	110-43-0	Alkohole
Heptanal	Heptanal	111-71-7	Aldehyde
Heptan	Heptan	142-82-5	Alkane
Heptansäure	Heptansäure	111-14-8	Carbonsäuren
Hexachlorbuta-1,3-dien	Hexachlorbuta-1,3-dien	87-68-3	Halogenkohlenwasserstoffe
Hexadecan	Hexadecan	544-76-3	Alkane
Hexamethyl-1,3,5,2,4,6-trioxatrisilinan	Hexamethylcyclotrisiloxan	541-05-9	Silizium
Hexanal	Hexanal	66-25-1	Aldehyde
Hexan	N-Hexan	110-54-3	Alkane
Hexansäure	Hexansäure	142-62-1	Carbonsäuren

Chemische Parameter		CAS-Nr.	Gruppe
IUPAC Bezeichnung	Allgemeine Bezeichnung		
Methan	Methan	74-82-8	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
Methandithion	Schwefelkohlenstoff	75-15-0	Gase
^a Methanidylidinoxidan	Kohlenmonoxid (CO) (CO)	630-08-0	Gase
Methanol	Methanol	67-56-1	Alkohole
Methylcyclohexan	Methylcyclohexan	108-87-2	Alizyklische Kohlenwasserstoffe
Methylcyclopentan	Methylcyclopentan	96-37-7	Alkane
N,N-Diethyl-m-toluamid	DEET	134-62-3	Carbonsäuren
N,N-Dimethylformamid	N,N-Dimethylformamid	68-12-2	Amine
Naphthalen	Naphthalen	91-20-3	Aromatische Kohlenwasserstoffe
Nonanal	Nonanal	124-19-6	Aldehyde
Nonan	Nonan	111-84-2	Aldehyde
Nonansäure	Nonansäure	112-05-0	Organische Säuren
N-phenylnaphthalen-1-amin	N-1-naphthylanilin	90-30-2	Amine
Octadecansäure	Stearinsäure	57-11-4	Carbonsäuren
Octanal	Octanal	124-13-0	Aldehyde
Octan	Octan	111-65-9	Alkane
Octansäure	Octansäure	124-07-2	Organische Säuren
Oxolan	Tetrahydrofuran	109-99-9	Alkohole
Partikel	ultrafeine Partikel	Partikel	Schwebstoffteilchen
Pentadecan	Pentadecan	629-62-9	Alkane
Pentan-2-on	Pentan-2-on	107-87-9	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
Pentanal	Valeraldehyd	110-62-3	Aldehyde
Pentan	Pentan	109-66-0	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
Pentansäure	Valeriansäure	109-52-4	Carbonsäuren
Phenanthren	Phenanthren	85-01-8	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
Phenol	Phenol	108-95-2	Phenole
Phenol, Dimethyl-, Phosphat (3:1), 2-Alkylphenol-low	Phenol, Dimethyl-, Phosphat (3:1), 2-Alkylphenol-low	84989-42-4	Organo-phosphatester

Chemische Parameter		CAS-Nr.	Gruppe
IUPAC Bezeichnung	Allgemeine Bezeichnung		
Phenylmethanol	Benzylalkohol	100-51-6	Alkohole
Prop-1-en	Propen	115-07-1	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
^a Prop-2-enal	Acrolein oder Acrylaldehyd	107-02-8	Aldehyde
Propan-1-ol	Propan-1-ol	71-23-8	Alkohole
Propan-2-on	Aceton	67-64-1	Aldehyde
Propan-2-ylhexadecanoat	Isopropylpalmitat	142-91-6	Isopropylester
Propan-2-yltetradecanoat	Isopropylmyristat	110-27-0	Isopropylester
Propanal	Propionaldehyd	123-38-6	Aldehyde
^a Propan	Propan	74-98-6	Aliphatische Kohlenwasserstoffe
Propan-1,2,3-triol	Glycerin	56-81-5	Alkohole
Propan-1,2-diol	Propylenglykol	57-55-6	Alkohole
Propan-1-thiol	Propan-1-thiol	107-03-9	Alkohole
Pyren	Pyren	129-00-0	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
^a Reaktionsmasse von 3-Methylphenylbis(4-methylphenyl) phosphat und Bis(3-methylphenyl) 4-methylphenylphosphat und Tris(3-methylphenyl) phosphat	Tris(methylphenyl) phosphat oder Tricresylphosphat	1330-78-5	Organo-phosphatester
Schwefeldioxid	Schwefeldioxid	7446-09-5	Gase
Tetrachlorethen	Tetrachlorethylen	127-18-4	Halogenkohlenwasserstoffe
Tetrachlormethan	Tetrachlorkohlenstoff	56-23-5	Halogenkohlenwasserstoffe
Tetradecan	Tetradecan	629-59-4	Alkane
Tetrafluormethan	Tetrafluorkohlenstoff	75-73-0	Gase
Thiophen	Thiophen	110-02-1	Organische Schwefelverbindungen
^a Toluol	Toluol	108-88-3	Aromatische Kohlenwasserstoffe
Summe der flüchtigen organischen Verbindungen	TVOC (en: Total Volatile Organic Compounds)		
Tribrommethan	Bromoform-13C	72802-81-4	Halogenkohlenwasserstoffe