

5.4.10 Reinigung und Desinfektion von Luftfahrzeugen

Anmerkung:

Für die erleichterte Kommunikation auch mit ausländischen Fluggesellschaften werden Begrifflichkeiten der Luftfahrtterminologie in Klammern angegeben.

Checkliste:

- Welche Teile des Luftfahrzeugs müssen desinfiziert werden?
 - Beschränkung auf den Laderaum?
 - Beschränkung auf die Transportboxen?
- Welche Teile/Bereiche müssen außerhalb des Luftfahrzeugs desinfiziert werden?

Allgemeines

Bei der Entwesung bzw. Desinfektion von Luftfahrzeugen stehen sich grundlegende Aspekte, wie die Wirksamkeit des Desinfektionsmittels und die Materialverträglichkeit, also die Biosicherheit und die Lufttüchtigkeit, diametral gegenüber. Dieser Dualismus spiegelt sich auch in der benötigten Freigabe durch die zuständige Behörde und anschließend durch den verantwortlichen Techniker der Fluggesellschaft wider. Erschwerend kommen ein enormer Kostendruck und die organisatorischen Eigenheiten des Lufttransportwesens hinzu. So werden üblicherweise Tiere im Frachtraum (s. g. Belly) von Passagiermaschinen transportiert. Bei zoonotischen Erregern und hochkontagiösen Seuchenerregern ist eine unmittelbare Kommunikation zwischen den zuständigen Behörden (öffentliches Gesundheits- und Veterinärwesen) entscheidend. Kurze Standzeiten sind in der Luftfahrt ein bedeutender Kostenfaktor, so dass die Ent- und Beladung sehr schnell erfolgt und das betroffene Luftfahrzeug bei Verdacht oder Feststellung einer Seuche bereits wieder in der Luft oder auf einem anderen Flughafen gelandet sein kann.

Bauliche Besonderheiten

Luftströmungen und Aerosole in einer Verkehrsmaschine:

Die verschiedenen Decks und Sektionen der Luftfahrzeuge sind so konstruiert, dass ein Druckausgleich und ein Gasaustausch erfolgen kann. Zwar kann während des normalen Flugbetriebs der gerichtete und zumeist gefilterte Luftstrom von der Decke des Passagierbereichs zum Frachtraum hin bis zu einem bestimmten Grade die Passagiere, entsprechend der Filterklassifizierung, vor Krankheitserregern aus dem Frachtdeck schützen, jedoch ist bei Unterbrechung der gerichteten Umwälzströmung von einer

Kontamination der gesamten Maschine durch Aerosole auszugehen^{1, 2}. Dabei verlieren Teilchen <10 µm ab einer Luftbewegung von einigen cm pro s ihre Fähigkeit zur Sedimentation, diese Luftbewegungen treten insbesondere bei Be- und Entladevorgängen, Ein- und Ausstieg der Passagiere sowie bei Konvektionsströmungen hervorgerufen durch Temperaturunterschiede zwischen Innen- und Außentemperatur auf. Ferner wird die Abluft der Passagiere ungefiltert zum Frachtraum geleitet, was ebenfalls bei vorliegenden Zoonosen relevant werden kann. Es bleibt abzuwägen inwieweit die ebenfalls *nicht* gasdicht eingehauste Elektronik (Line Replaceable Units [LRUs]) aus der Techniksektion (Electrical/Electronics [E/E] Compartment) sowie das Cockpit kontaminiert wurde. Eine technische Freigabe ausgetauschter Elektronik ist sehr zeitintensiv.

Isolations- und Dämmmaterial:

Das thermische Isolationsmaterial der Luftfahrzeughülle (Insulation blankets) besteht aus einem Materialverbund der äußerlich eine Plastikabdeckung besitzt. Es ist hierbei darauf zu achten, wie qualitativ die Verarbeitung ausgeführt worden ist. Es gilt dann abzuwägen, ob auch das Innenmaterial als potentiell kontaminiert anzusehen ist.

Organisatorische Maßnahmen:

Bei ausgeschlossener Übertragung auf den Menschen kann, entsprechend der Tenazität des jeweiligen Erregers, eine zeitlich limitierte Transportsperre für (empfindliche) Tiere nach den Desinfektionsmaßnahmen sinnvoll sein. Somit könnten Standzeiten des Luftfahrzeugs erheblich verkürzt werden.

Vorläufige Desinfektion

Generell ist die nass-chemische Desinfektion für Luftfahrzeuge weniger gut geeignet. Die insbesondere für poröse Oberflächen erforderlichen 0,4 l Desinfektionsmittel pro m² würden die Elektronik erheblich in Mitleidenschaft ziehen. Die vollständige Benetzung mit einem Flüssigkeitsfilm eines für Luftfahrzeuge zugelassenen Desinfektionsmittels erscheint eine gangbare Alternative zur nass-chemischen Desinfektion. Poröse Oberflächen wie Sitze und Teppich müssen dabei entfernt werden. Bei der Verwendung von Präparaten, die auf Alkoholen basieren, ist, neben der notwendigen Atemschutztechnik, stets die untere Explosionsgrenze (UEG) zu überwachen.

Reinigung und Rückbau

Nach erfolgter Grobreinigung durch Aufsammeln oder durch HEPA-gefilterte Staubsauger können die passiven Roll-Systeme (Omni Panel Assembly) sowie die aktiven Rollsysteme (Power Drive Units [PDUs]) der Frachträume entfernt werden. Es gilt zu

beachten, dass auch HEPA-gefilterte Staubsauger erhebliche Luftverwirbelungen im kontaminierten Raum erzeugen. Ein Abluftschlauch ist empfehlenswert. Die Roll-Systeme werden erneut mit Desinfektionsmittel benetzt, sogleich umverpackt, erneut desinfiziert und können dann außerhalb der Maschine in entsprechenden Räumlichkeiten, Zelten oder Fahrzeugen auch mit regulären (außerhalb der Luftfahrt üblichen) Mitteln gereinigt und desinfiziert werden. Die PDUs überstehen diese nasschemische Reinigung nicht und müssen entsorgt werden. Die auf dem Boden des Luftfahrzeugs zurückbleibenden Schienen (Seat tracks / Floor fittings) sind sehr gründlich z. B. mit Bürsten zu reinigen.

Desinfektion

Für die Reinigung und Desinfektion von Luftfahrzeugen können nur Mittel und Methoden verwendet werden, die für das Betreiben des Luftfahrzeugs kurzfristig und langfristig nicht nachteilig sind. Auch sollten nach Möglichkeit Verfahren angewendet werden, welche die Standzeit des Luftfahrzeugs nicht unnötig verlängern³. Eine Aerosol-desinfektion oder Begasung ist als Abschlussdesinfektion vorteilhaft. Diese bieten neben der schnellen Ausbringung auch den Vorteil, dass keine Flüssigkeit unter die Verkleidung oder in die Elektronik gelangen kann.

Wirkstoffgruppen, die im Flugzeug angewendet werden können, sind Alkohole und Formaldehyde. Dabei führen Mittel, die auf Formaldehyd basieren, zu einer erhöhten Abtragung von Magnesium in den Aluminiumlegierungen, so dass formaldehydhaltige Mittel nur für Einmalanwendungen zur Verfügung stehen. Bei den Sauerstoff-freisetzenden Mitteln kann es ebenfalls zur Korrosion/Versprödung von magnesiumhaltigen Aluminiumlegierungen und insbesondere von Gummidichtungen kommen. Auf Alkohol basierende Mittel können bei ausreichender Berücksichtigung ihrer leichten Entflammbarkeit angewendet werden⁴, jedoch nicht auf den in der Luftfahrt üblichen Scheiben, Fenstern etc. - diese bekommen sichtbare oder nicht sichtbare Risse und gefährden somit die Lufttuchtigkeit. Folglich sind die jeweiligen Desinfektionsmittel entsprechend der Seuche und dem zu desinfizierenden Material zu wählen.

Von der Lufthansa Technik AG sind folgende Oberflächendesinfektionsmittel auf Materialverträglichkeit geprüft:

Aldasan 2000:

Formaldehyd-basierte Lösung zur Eintauch- oder Oberflächendesinfektion mit Mechanik (Wischen, Scheuern). Bakterizid und viruzid.

Dismozon Pur/ Dismozon Plus:

Peroxid-basierte Lösung zur Oberflächendesinfektion mit Mechanik. Wirkung gegen Bakterien, Hefen, Sporen, Viren.

Mikrozyd AF Liquid:

Alkohol-basierte Lösung für kleine Flächen unter 1 m² aufgrund der Entzündlichkeit; Sprühdendesinfektion für alle festen Materialien einschließlich Textilien und poröse Oberflächen, aber nicht für Acrylglas (keine Anwendung auf den inneren und äußeren Flugzeugfenstern). Bakterizid und viruzid.

“High Consequence Infectious Disease Form” und “Animal Disease Measure Form”

Die Formblätter der Fa. Lufthansa geben wichtige Handlungshilfen, für die Dokumentation der Maßnahmen und die Desinfektion an sich ⁵. Die Sammlung ist auf dem [Informationsportal](#) des Gesundheitsamts Frankfurt am Main mit dem Zugangs-Code 4N56GC4J bzw. EDRT6X91 erhältlich. Bei Luftfahrzeugen der Lufthansa AG befindet sich das Original im entsprechenden Bord-Ordner der Maschine.

Bitte besuchen Sie / Please visit:
<https://poe-portal.frankfurt.de/>

Zugangs-Code: **EDRT6X91**
Access Code:



ID: 41

Sonstige Mittel und Verfahren

Eine sehr wirksame aber auch zeitintensive Methode der US-Airforce stellt die feuchte Heißluftbehandlung dar. Hierbei wird über sieben Tage eine heiße (75 - 80 °C) und feuchte (70 - 90 %) Luftphase im Flugzeug aufrechterhalten. Dieses Verfahren entfaltet eine sporozide Wirkung in Höhe der Reduktion keimfähiger Sporen um >6 log₁₀-Stufen /m² ⁶. Es ist jedoch zu beachten, dass die getestete Maschine nach Militärstandard „gehärtet“ war, d. h. elektronische Platinen etc. besser eingehaust und zusätzlich Kunststoff-beschichtet sind. Es ist zu erwarten, dass das Verfahren deutlich verkürzt werden könnte, wenn Mikroorganismen geringerer Tenazität bekämpft werden müssen.

Die OIE schlägt eine Vernebelung von 4 % Natriumcarbonat mit 0,1 % Natriumsilikat oder 0,2 % Zitronensäure vor. Alles ausbaubare Equipment, Container, Rampen, Absperrgitter sollen entfernt und separat desinfiziert werden (OIE, 2010) ⁷.

Entwesung

Die von der WHO empfohlenen Insektizide zur Anwendung in Flugzeugen basieren auf zwei Wirkstoffen, d-Phenothrin und Permethrin mit einem cis/trans Verhältnis von 25/75, sowie natürlichen Pyrethrinen. Permethrin ist ein Pyrethroid mit Langzeitwirkung und Repellenteffekt. D-Phenothrin ist ein Pyrethroid ohne Langzeitwirkung. Resistenzen sind zu beachten. Eine einfachere Identifizierung der behandelten Flächen kann durch fluoreszierende Färbung im Mittel erfolgen ^{8, 9, 10}.

In Ausbruch-/Notfall-Situationen sind drastische und sofortige Maßnahmen zur Entwesung erforderlich, um die Seuche zu stoppen. Es ist ein Umkreis von 400 m um das Luftfahrzeug einzubeziehen.

Thermische oder Kalt-Begasung sind hier zu bevorzugen, um eine schnelle Wirkung zu erzielen. Thermische Begasung ist sicherer und hat eine höhere Durchdringungskraft ¹¹. Der Einsatz von Antikoagulantien ist wegen der langsam einsetzenden Wirkung wenig geeignet.

Maßnahmen zum Personenschutz sind in Anhang 1 nachzulesen ¹¹. Eine Beschreibung der Toxizität der Pyrethroide findet sich in der entsprechenden WHO-Veröffentlichung ¹².

Für die Desinsektion können

- 1,25 % Naturpyrethrum (25 %iger Extrakt) und Synergist Piperonylbutoxid (PBO)
- 2 %ig Resmethrin, Bioresmethrin oder
- d-Phenothrin verwendet werden.

Es müssen 35 g der Formulierung pro 100 m³ mit einer Standardsprayrate von 1 g/s versprüht werden. Die Tröpfchengröße sollte 8 µm mit einer Tröpfchengrößenstreuung 3 bis 10 µm betragen. Bei der Verwendung von Spraydosen muss das Treibmittel bei der zuständigen Behörde für den Einsatz als Treibmittel in der Entwesung von Flugzeugkabinen zugelassen sein ^{8, 9, 10, 11}.

Das Luftfahrzeug wird anschließend für 5 min verschlossen.

Eine Beeinträchtigung der Sofortwirkung des Mittels kann erfolgen durch:

- **Flugzeugbelüftung:** Die Folge starker Luftströmungen ist eine ungleichmäßige Verteilung, es kommt zum Absaugen des Aerosols aus bestimmten Raumbereichen.
- **Temperatur:** Bei Mitteln mit negativem Temperaturkoeffizienten sollte die Temperatur möglichst 20 °C nicht übersteigen. Die Temperatur sollte aber auch 14 °C nicht unterschreiten, damit Schädlinge ihre Bewegungsaktivitäten nicht einstellen, (bei kältetoleranten Stämmen 10 °C).
- **Elektrostatische Anziehung.**
- **Kondensatorischer Niederschlag der Tröpfchen auf bestimmten Materialien.**
- **Sprühbehältnismechanik:** gerätedüsentechische Probleme wie Gefrieren oder extreme Streuung, aber auch durch zu niedrigen Kannendruck, falschen Steigrohrzuschnitt nach Lumen, Zuschnitt und Länge in Sprühbomben, Kanisterinnenlackablösung, Flockenbildung in der Sprühflüssigkeit oder Entmischung derselben.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Wirksamkeit des Desinfektionsmittels durch die Restwirkung der Entwesungsmittelbeläge unvermeidbar beeinträchtigt oder gar aufgehoben wird ¹⁰.

Das einzige Mittel, welches für die Luftfahrzeugdesinsektion in der Liste des BVL zu geprüften und anerkannten Mitteln und Verfahren zur Bekämpfung von tierischen Schädlingen angegeben wird, ist d-Phenothrin mit einer Aufwandmenge von 0,5 g Aerosol/m³. Es ist getestet für Mücken und Fliegen ¹³.

Literatur

1. Jarnych V.: **Aerosole in der Veterinaermedizin.** VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin 1976, 74.
2. Gregory P.H.: **The microbiology of the atmosphere.** London: Leonard Hill; 1961.
3. Hildebrandt K.: **Desinfektionsprobleme bei Lufttransporten von Tieren.** *Dtsch Tierarztl Wochenschr* 1975, **82**(4):150-152.
4. Klaus J., Gnirs P., Hölterhoff S., Wirtz A., Jeglitza M., Gaber W., Gottschalk R.: **Disinfection of aircraft: Appropriate disinfectants and standard operating procedures for highly infectious diseases.** *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 2016, **59**(12):1544-1548.
5. Lufthansa, Technik: **High Infectious Diseases Form on Lufthansa Aircraft.** Edited by Hölterhoff S. G., Peter; 2015.

6. Buhr T.L., Young A.A., Bensman M., Minter Z.A., Kennihan N.L., Johnson C.A., Bohmke M.D., Borgers-Klonkowski E., Osborn E.B., Avila S.D.: **Hot, humid air decontamination of a C-130 aircraft contaminated with spores of two acrySTALLIFEROUS *Bacillus thuringiensis* strains, surrogates for *Bacillus anthracis*.** *J Appl Microbiol* 2016.
7. Smither S., Phelps A., Eastaugh L., Ngugi S., O'Brien L., Dutch A., Lever M.S.: **Effectiveness of Four Disinfectants against Ebola Virus on Different Materials.** *Viruses* 2016, 8(7).
8. WHO: **Report of the informal consultation on aircraft disinsection.** 1995
9. IATA: **Medical Manual.** 2017.
10. Hoffmann G.: **Gesundheitsschädlinge im internationalen Verkehr und deren Bekämpfung.** . *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 2000, 43(12):923.
11. WHO: **Vector Surveillance and Control at Ports, Airports and Ground Crossings.** 2016.
12. WHO: **Safety of Pyrethroids for public health use.** 2005
13. BVL: **Bekanntmachung der geprüften und anerkannten Mittel und Verfahren zur Bekämpfung von tierischen Schädlingen nach § 18 Infektionsschutzgesetz.** *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 2016, 59(5):690-701.

Autorenkollektiv

Dr. Hendrik Scheinemann, Dr. Sven Reiche

Friedrich-Loeffler-Institut, Abteilung für experimentelle Tierhaltung und Biosicherheit,
Greifswald - Insel Riems

Dr. Inga Michels, Prof. Dr. Christian Menge

Friedrich-Loeffler-Institut, Institut für molekulare Pathogenese, Jena