

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Gesundheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Abschlussbericht für das Vorhaben:

„Trockenvernebelung von Peroxyessigsäure als aerosolbasiertes Desinfektionsverfahren für Massenverkehrsmittel zur Bekämpfung von hochpathogenen, leicht übertragbaren Erregern mit Pandemiepotenzial, wie SARS-CoV-2“

(Kurzfassung: „DryFog Traffic“)

Berichtszeitraum: 01. Oktober 2020 bis 31.03.2023

Berichtverfasser: Dr. Sven Reiche (FLI)
Dr. Sandro Klafack (FLI)
Jessica Kohs (FLI)
Mathias Streitz (FLI)
Prof. Dr. Uwe Rösler (FUB)
Janina Reißner (FUB)
Marc Thanheiser (RKI)
Dr. Karla Schwenke (RKI)
Prof. Dr. Marjan Arvand (RKI)
Sabine Hölterhoff (LHT)
Stefan Mehler (LHT)
Tim Lübcke (LHT)
Bernd Albert (LHT)
Heiko Barth (LHT)
Dr. Jan Schinköthe (UL)
Marcell Engel (SOS)

Förderkennzeichen: ZMVI1 - 2520COR413

Fördersumme: 1.182.000 € inkl. MwSt.

Derzeitige Laufzeit: 1. Oktober 2020 bis 31. März 2023

Projektkoordinator

Friedrich-Loeffler-Institut (FLI):

Dr. Sven Reiche

Abteilung für experimentelle Tierhaltung und Biosicherheit (ATB) im Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Insel Riems

Friedrich-Loeffler-Institut, ATB, Südufer 10, 17493 Greifswald-Insel Riems

Telefon: 038351-7-1540 oder -1204, sven.reiche@fli.de

Weitere beteiligte Projektpartner/innen/Hauptansprechpartner/innen

Robert Koch-Institut (RKI)

Marc Thanheiser

Robert Koch-Institut, Fachgebiet 14 „Angewandte Infektions- und Krankenhaushygiene“, Nordufer 20, 13353 Berlin

Tel.: 030 18754 2357, ThanheiserM@rki.de

Freie Universität Berlin (FUB)

Prof. Dr. Uwe Rösler

Geschäftsführender Direktor, Professur für Tierhygiene und Infektiologie;

Fachbereich Veterinärmedizin, Institut für Tier- und Umwelthygiene, Robert-von-Ostertag-Str. 7-13, Raum 144, 14163 Berlin

Telefon: +49 30 8385 1830, uwe.roesler@fu-berlin.de

Universität Leipzig (UL)

Dr. Jan Schinköthe

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Institut für Veterinär-Pathologie, An den Tierkliniken 33, D-04103 Leipzig

Telefon: +49 341 9738275, Jan.Schinkoethe@vetmed.uni-leipzig.de

Lufthansa Technik AG (LHT)

Sabine Hölterhoff

Lufthansa Technik AG, Segment Aircraft Maintenance Services (AMS), FRA T/MO7-Q

Tel.: +49 (0) 69 696 20800, Sabine.Hoelterhoff@lht.dlh.de

Stefan Mehler

Lufthansa Technik AG, PD Fleet Services, Innovation & Digitalization, FRA T/FS-Z3, Lufthansa Technik Base Tor 23, D - 60546 Frankfurt

Tel.: +49 (0)69 696 90680, Stefan.Mehler@lht.dlh.de

AKUT SOS CLEAN GmbH (SOS)

Marcell Engel

Bettinastraße 30, 60325 Frankfurt am Main

Telefon: +49 (0) 6196 50249612, 1@akut-service24.de

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | Zusammenfassung | 4 |
| 2. | Einleitung | 4 |
| 2.1 | Problem | 4 |
| 2.2 | Zielsetzung | 6 |
| 2.3 | Methode | 7 |
| 3. | Angepasster Zeitplan | 8 |
| 4. | Ergebnisse und Diskussion | 9 |
| 4.1 | Arbeitspaket 1: Mikrobiologische Validierung innerhalb einer MSW (1 m ³) | 9 |
| 4.2 | Arbeitspaket 2 | 11 |
| 4.2.1 | Mikrobiologische Validierung in größeren Räumen (bis 164 m ³) | 11 |
| 4.2.2 | Materialverträglichkeitsuntersuchungen (MVU) | 12 |
| 4.2.3 | Erste Vortestungen | 13 |
| 4.2.4 | Standard Sandwich Corrosion Test | 14 |
| 4.2.5 | Erste Materialverträglichkeitsuntersuchung mit 0,0313% PAA am FLI | 15 |
| 4.2.6 | Weiterführende Tests nach Auffälligkeiten | 18 |
| 4.2.7 | Materialverträglichkeitstests bei höheren Konzentrationen | 19 |
| 4.3 | Arbeitspaket 3 | 21 |
| 4.3.1 | Erste Testläufe im Flugzeug | 21 |
| 4.3.2 | Weitere Optimierung des Protokolls (2x 90 min anstatt 1x 180 min) | 23 |
| 4.3.3 | Validierungsläufe im Flugzeug | 24 |
| 4.3.4 | Materialverträglichkeitsuntersuchung mit hoher Konzentration am FLI (1,3% PAA) | 24 |
| 4.4 | Arbeitspaket 4 | 26 |
| 4.4.1 | Publikation und Integration in Verfahrensanweisungen der Lufthansa | 26 |
| 5. | Gesamtbeurteilung und Verwertung/Translation der Projektergebnisse | 26 |
| 6. | Gender Mainstreaming Aspekte | 28 |
| 7. | Referenzen | 28 |
| 8. | Anhang | 30 |
| 8.1 | Extract from "LHT Engineering Bulletin Simplified Aircraft/Engine Change" (EB-SC) | 30 |

1. Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Projektes konnte ein Protokoll zur Durchführung einer Abschlussdesinfektion in einem Flugzeug mittels aerosolierter Peressigsäure entwickelt und mikrobiologisch sowohl im Labormaßstab als auch in einem Testflugzeug validiert werden. Darüber hinaus wurde die Materialverträglichkeit der Ausbringmethode in Verbindung mit der eingesetzten Wirkstoffkonzentration von 0,125 % PAA in umfangreichen zulassungsrelevanten standardisierten Materialverträglichkeitsprüfungen durch zugelassene Testlabore belegt. Erste Auffälligkeiten wurden erst bei einer mehr als zehnfach höheren Konzentration nachgewiesen. Somit steht erstmals ein geeignetes wirksames, reproduzierbares halbautomatisiertes Raumesinfektionsverfahren zur Verfügung, welches ergänzend in Kombination mit der bereits etablierten nass-chemischen Reinigung und Desinfektion im Bedarfsfall eingesetzt werden kann. Gleichzeitig zeigt sich, dass bei dem entwickelten Protokoll und der eingesetzten Wirkstoffkonzentration eine vergleichbar gute Inaktivierung für die am schwersten zu inaktivierenden Erreger, wie unbehüllte Viren und sogar bakterielle Sporen, erzielt werden konnte.

2. Einleitung

2.1 Problem

Der Transport von Personen, Tieren und Waren ist im Zuge der fortschreitenden Globalisierung weiterhin weltweit ansteigend. Diese Zunahme betrifft gleichermaßen den Transport auf der Schiene, der Straße, der Luft oder dem Wasser. Wie sich in den vergangenen Jahren und insbesondere im derzeit noch andauernden Pandemiegeschehen durch das Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) zeigt, ist damit ein erhöhtes Risiko für die Verbreitung von zoonotischen und nicht-zoonotischen Infektionserregern für Mensch und Tier sowie deren Vektoren verbunden.¹⁻³ Weitere Erreger mit derartigem Potenzial aus den letzten Jahren sind z.B. das Severe acute respiratory syndrome coronavirus,¹ das Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV), Noro-, Influenza- und Zika-Virus sowie das Virus der Afrikanischen Schweinepest (ASPV), aber z.B. auch Bakterien wie multiresistente Erreger der Tuberkulose.⁴⁻¹¹ Insbesondere bergen Massenverkehrsmittel wie Züge, Kreuzfahrtschiffe und Flugzeuge dafür ein erhöhtes Risiko, welches während einer Epidemie oder Pandemie um ein Vielfaches gesteigert wird.¹²⁻¹⁵ So werden zum Beispiel allein im Luftverkehr durch die Lufthansa Gruppe neben 106 Millionen Passagieren auch jährlich über 110 Millionen Tiere transportiert. Neben dem unbeabsichtigten Transport infizierter Personen oder Tieren sowie

von kontaminiertem Material ist in der heutigen Zeit auch die Möglichkeit eines bioterroristischen Anschlags, z. B. mit *Bacillus anthracis* gegeben. Derzeit gibt es in Europa weder ein validiertes, noch ein zugelassenes validierbares aerosolbasiertes Verfahren zur Abschlussdesinfektion, das an Bord eines Massenverkehrsmittels im Falle einer hoch ansteckenden Krankheit mit hochpathogenen Erregern durchgeführt werden kann. Insbesondere besitzen derartige Erreger, wenn sie aerogen übertragen werden können, das Potential, sich innerhalb weniger Tage über verschiedene Kontinente zu verbreiten [z.B. SARS-CoV-1⁹⁻¹¹ und 2¹⁶, pandemische Influenzaviren (HPAIV),¹⁷⁻²⁰ Maul- und Klauenseuche-Virus (MKSUV),²¹ Virus der Afrikanischen Schweinepest,⁵⁻⁶ Ebolavirus,²² Masernvirus]. Zudem fehlen derzeit – auch aufgrund nicht vorhandener Erkenntnisse und Erfahrungen – auch in Deutschland entsprechende detaillierte Empfehlungen oder Hinweise in der vom Friedrich-Loeffler-Institut aktualisierten Richtlinie des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über Mittel und Verfahren für die Durchführung einer tierseuchenrechtlich vorgeschriebenen Desinfektion (Desinfektionsmittelrichtlinie) in Massenverkehrsmitteln. Auch die Liste der geprüften und anerkannten Verfahren gemäß §18 Infektionsschutzgesetz des Robert Koch-Instituts enthält keine Begasungs- oder aerosolbasierte Verfahren, die für die Anwendung in einem Flugzeug erprobt wurden und sicherstellen, dass alle möglicherweise kontaminierten, mit mannigfaltigster, sicherheitsrelevanter Technik ausgestatteten Bereiche eines Flugzeuges hinreichend dekontaminiert werden. Dies gilt gleichermaßen für die Richtlinien der World Health Organisation (WHO)²³ sowie für die der World Organisation for Animal Health (OIE). Eine solche effektive Abschlussdesinfektion ist erforderlich, da die Oberflächen in Transportmitteln sehr komplex sind und nicht in allen wesentlichen Bereichen einer Wischdesinfektion zugänglich sind. Ohne eine aerosolbasierte Desinfektion kann eine weitere Verbreitung des Infektionserregers und damit eine Gefährdung der Bevölkerung und der Umwelt nicht sicher ausgeschlossen werden. In Deutschland würde daher die zuständige Behörde, vertreten durch den Amtsarzt oder Amtstierarzt, den weiteren Betrieb des Massenverkehrsmittels für einen bestimmten Zeitraum untersagen müssen.

Wenn ein Passagier Krankheitssymptome mit Verdacht auf eine hochansteckende Krankheit zeigt, werden diese mit einer an Bord vorhandenen Checkliste der Lufthansa Passage Airline abgeglichen, die auf den Vorgaben der International Air Transport Association (IATA) beruht,²⁴ und ggf. besondere Maßnahmen eingeleitet. In der Lufthansa Gruppe sind diese Abläufe für das Cockpit- und Kabinenpersonal in einer Standard Operating Procedure (SOP, „High Infectious Diseases Form“)²⁵ beschrieben und somit

geregelt, welche an Bord eines jeden Flugzeuges vorhanden ist. Hier wird u.a. beschrieben, wie die Crew mit dem Passagier weiter verfahren wird. Dabei wird eine besonders intensive Betreuung durch einen Flugbegleiter(in) sichergestellt. Wenn möglich, wird der Passagier in eine leere Reihe umgesetzt, hierbei muss er sich in der Kabine bewegen. Nach einem derartigen Transport schreiben die Richtlinien der WHO²³ eine Desinfektion mit dem Scheuer-Wisch-Verfahren in einem Umkreis von zwei Metern um den Sitzplatz des „Index Passagiers“ (bzw. Patienten) vor. Des Weiteren, werden die Toiletten vor und hinter dem Sitzplatz des „Index Passagiers“, sowie die Galley (Bordküche), aus der er versorgt wurde, desinfiziert. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass der „Index Passagier“ auf dem Weg zu seinem Sitzplatz, beim Umsetzen oder bei Beladen der Bins (Staufächer über dem Sitzplatz) oder beim Gang zur Toilette infektiöse Erreger in der Kabine verteilt hat. Eine Verschleppung des Erregers durch die natürlichen Bewegungen des „Index Passagiers“, des Kabinenpersonals und/oder anderer Passagiere kann nicht ausgeschlossen werden. Es muss somit davon ausgegangen werden, dass die beschriebenen bisher geltenden Vorgaben zur Desinfektion nicht ausreichen, um eine Verschleppung von Erregern zu verhindern. Damit kann durch den Betreiber des Massenverkehrsmittels anschließend nicht ausgeschlossen werden, dass eine Gefährdung von nachfolgenden Passagieren (z.B. nachfolgende Flüge des gleichen Flugzeuges), sowie des Reinigungs- und Wartungspersonals besteht. Dies gilt sowohl für die Beförderung von Menschen, die sich in der Passagierkabine befinden, als auch für Tiere, die im Frachtraum befördert werden.

Vor dem Hintergrund des Bevölkerungs- und Infektionsschutzes einerseits und des wirtschaftlichen Schadens, der sich aus einer möglichen Verbreitung des Infektionserregers und dem Ausfall des Massenverkehrsmittels für den Betreiber ergeben würde, erschien eine zeitnah verfügbare und für alle Beteiligten praktikable Lösung unbedingt erforderlich.

2.2 Zielsetzung

Ziel dieses Vorhabens war es daher, ein automatisierbares Verfahren für eine wirksame aerosolbasierte Abschlussdesinfektion zu entwickeln, welche im Anschluss an eine Reinigung und eine nass-chemische Desinfektion durchgeführt und sowohl im human- als auch im veterinärmedizinischen Fall angewendet werden kann. Dabei müssen die eingesetzten Desinfektionsmittel nicht nur bezüglich ihrer Wirksamkeit (angestrebt wird hier eine Mindestreduktion von 4Log-Stufen für alle getesteten Erreger),²⁶ sondern insbesondere hinsichtlich ihrer Materialverträglichkeit validiert werden, so dass das Massenver-

kehrsmittel im Anschluss wieder ohne Bedenken betrieben werden kann. Dies stellt insbesondere im Falle von Luftverkehrsmitteln eine sehr hohe Hürde dar. Daher sollte die grundsätzliche Eignung des Verfahrens, nach dem Bestehen der biologischen Wirksamkeitstestungen sowie der Materialverträglichkeitsuntersuchungen, final anhand eines Flugzeugtyps erprobt und für diesen hinsichtlich der notwendigen einzuhaltenden Parameter validiert werden. Anschließend sollte das entwickelte Protokoll aus Reinigung, nass-chemischer Desinfektion und der aerogenen Abschlussdesinfektion als Empfehlung sowohl in die nationalen Rechtsvorschriften gemäß §18 Infektionsschutzgesetz (IfSG) (Liste der geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren, RKI-Desinfektionsmittel-Liste) und in die entsprechenden Kapitel zur Desinfektion von Schiffen und Flugzeugen der Desinfektionsmittelrichtlinie des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft aufgenommen, als auch der International Air Transport Association (IATA) vorgelegt werden. Um eine generelle Einsetzbarkeit des Verfahrens weltweit zu gewährleisten, muss dafür jedes für das Verfahren eingesetzte Desinfektionsmittel als Biozidprodukt zugelassen sein.²⁷ Nur durch eine internationale Implementierung und enge Zusammenarbeit mit den lokalen Gesundheitsbehörden kann im Ereignisfall der internationale Transportverkehr ohne größere Unterbrechungen/Ausfälle sichergestellt werden.

Das Ziel war es also, die technischen und biologischen Voraussetzungen zu schaffen, mit denen eine Validierung für eine Abschlussdesinfektion durchgeführt werden kann, ohne dass das zu desinfizierende Massenverkehrsmittel strukturellen oder (allgemeinen) technischen Schaden nimmt. Dieses Ziel konnte nur durch eine enge und intensive Zusammenarbeit von Bundes- und Landesforschungsinstituten mit Erfahrungen in der Anwendung, Testung und Zulassung von Desinfektionsmitteln [Robert-Koch-Institut (RKI), Friedrich-Loeffler-Institut (FLI) und Freie Universität Berlin (FU Berlin)] und Partnern aus der Wirtschaft [Lufthansa Technik AG (LHT) und deren Zentrallabor sowie dem Dienstleister Akut SOS Clean] erreicht werden.

2.3 Methode

Das vorrangige Ziel einer Abschlussdesinfektion ist die Behandlung schwer zugänglicher Stellen, welche durch die notwendigen vorangehenden Reinigungs- und nass-chemischen Desinfektionsschritte nicht erreicht werden können. Als Methode für eine derartige Abschlussdesinfektion sollte das vergleichsweise neue aerosolbasierte Desinfektionsverfahren "Dry Fog", welches auf der Trockenvernebelung von Desinfektionsmitteln mittels Druckluft beruht, eingesetzt und getestet werden. Dabei entstehen ultrafeine Tröpfchen

DryFogTraffic

(7,5 µm im Durchmesser), die bewirken, dass sich der „Trockennebel“ sehr lange in der Schwebephase hält und nicht auf Oberflächen sedimentiert, kondensiert und somit konzentriert. Dadurch und durch die niedrigen notwendigen Wirkstoffkonzentrationen ist insbesondere die Materialverträglichkeit des Verfahrens gut. Allerdings muss die Materialverträglichkeit von in Massenverkehrsmitteln verbauten Materialien und Geräten, insbesondere von Flugzeugmaterialien und Geräten, für jedes Desinfektionsmittel und -verfahren explizit nachgewiesen werden. Als System kam dabei das Dry Fog 2-System der Firma Cantel Medical Corp. (Mar Cor Purification), welches für Räume bis 1000 m³ geeignet ist, in Kombination mit der Verwendung von Peroxyessigsäure (mit hohem Wasserstoffperoxid-Gehalt) zum Einsatz.

Proben von in Flugzeugen verbauten Materialien und technischen Geräten wurden durch den Projektpartner Lufthansa Technik AG (LHT) bereitgestellt. Nach mehrfachen Desinfektionen mittels Trockenvernebelung sollten diese Materialien und Geräte dann durch das chemische und metallographische Zentrallabor der LHT sowie weitere zugelassene offizielle Testlabore analysiert werden. Darüber hinaus standen ausreichende Proben relevanter Oberflächenmaterialien für die ebenfalls bereits etablierten und erprobten Materialverträglichkeitsuntersuchungen durch die zentralen Labore für Werkstofftechnik (Materials Technologies & Central Lab Services) der Lufthansa Technik AG zur Verfügung.

3. Angepasster Zeitplan

| Arbeiten gem. Arbeitsprogramm | 2020 | | | 2021 | | | | | | | | | | | | 2022 | | | | | | | | | | | | 2023 | | | |
|-------------------------------|---------|----------|----------|--------|---------|------|-------|-----|------|------|--------|-----------|---------|----------|----------|--------|---------|------|-------|-----|------|------|--------|-----------|---------|----------|----------|--------|---------|------|--|
| | Oktober | November | Dezember | Januar | Februar | März | April | Mai | Juni | Juli | August | September | Oktober | November | Dezember | Januar | Februar | März | April | Mai | Juni | Juli | August | September | Oktober | November | Dezember | Januar | Februar | März | |
| AP 1 | | | | x | x | x | x | X | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| MS 1 | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MS 2 | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AP 2 | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | |
| MS 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | |
| MS 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | |
| AP 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | | |
| MS 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | |
| AP 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| MS 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |

Abbildung 1: Angepasster Zeitplan nach kostenneutraler Verlängerung bis 31.03.2023

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Arbeitspaket 1: Mikrobiologische Validierung innerhalb einer MSW (1 m³)

Um die Methode so materialschonend wie möglich anwenden zu können, sollte die eingesetzte Wirkstoffkonzentration so gering wie möglich gehalten werden. Aus diesem Grund wurde im 1. Projekttreffen entschieden, die zu erzielende Luftfeuchtigkeit bei diesen Versuchen auf maximal 90% zu beschränken. Um eine Vergleichbarkeit der ausgebrachten Wirkstoffmenge bei den Vergleichsuntersuchungen der beteiligten Partner zu garantieren, wurde sich auf eine initiale Ausgangsluftfeuchtigkeit zwischen 40 - 60% geeinigt. Diese muss im Vorfeld eines jeden Versuches gegebenenfalls durch vorhergehendes Befeuchten der Luft mittels Wassers eingestellt werden. Da somit deutlich weniger Wirkstoffmenge ausgebracht wird, als in den durchgeführten Versuchen vor Projektbeginn verwendet wurde, sollte im Gegenzug die Einwirkzeit von bislang 30 Minuten auf 180 Minuten erhöht werden. Die seit dem letzten Zwischenbericht vom 31.12.2022 durch das Robert Koch-Institut, die Freie Universität Berlin und das Friedrich-Loeffler-Institut komplettierten Ergebnisse zur Identifizierung der minimal notwendigen Wirkstoffkonzentration für eine gegenüber Viren benötigte log₄-Reduktion unter diesen Parametern sind in Tabelle 1 dargestellt. Getestet wurden sowohl behüllte wie auch unbehüllte Viren sowie ein Bakteriophage.

Tabelle 1: Ermittlung der notwendigen minimalen Wirkstoffkonzentration auf Edelstahlkeimträgern

| | Behüllte Viren | | | Unbehüllte Viren | | | |
|----------|----------------|------------------|---------------|------------------|---------------|---------------|---------------|
| | ss RNS | | ds DNA | ssRNS | dsRNS | dsDNA | |
| cPAA [%] | FCoV | BCoV | MVA | MNV | ReoV | AdV | MS-2 Phage |
| 0,0078 | 4,80± 0,75 | 0,6750± 0,335 | 2,25± 0,23 | 0,80± 0,25 | 0,34± 0,41 | 0,35± 0,24 | 0,64± 0,17 |
| 0,0156 | 4,87± 0,35 | 2,05± 0,33 | 5,05± 0,15 | 3,87± 0,24 | 1,91± 0,32 | 3,24± 0,43 | 2,93± 0,57 |
| 0,0313 | 6,25± 0,57 | 3,13± 0,46 | 5,25± 0,11 | 5,06± 0,52 | 5,60± 0,13 | 4,87± 0,47 | 5,10± 0,41 |
| 0,0625 | 6,14± 0,91 | 4,05± 0,12 | 5,85± 0,11 | 5,49± 0,265 | 5,00± 0,20 | 5,40± 0,12 | 5,35± 0,56 |

c(PAA), finale Konzentration an Peroxyessigsäure; FCoV, felines Coronavirus; BCoV, bovines Coronavirus; MVA, Modified-Vaccinia-Ankara-Virus; MNV, murines Norovirus; Reo, Reovirus; AdV, humanes Adenovirus Typ 5; MS2-Phage, Bakteriophage MS2.

Wie zu vermuten war, ist zur Inaktivierung behüllter Viren eine etwas geringere Wirkstoffkonzentration notwendig, als für die Inaktivierung der stabileren unbehüllten Viren. Die

einzigste Ausnahme hier bildet das bovine Coronavirus, welches gegenüber der eingesetzten Methode eine recht hohe Widerstandsfähigkeit aufweist. Insgesamt lässt sich aber trotzdem festhalten, dass durch die Verlängerung der Einwirkzeit die notwendige Wirkstoffkonzentration zur Inaktivierung von unbehüllten Viren, trotz der im Vergleich zu den vorhergehenden Studien insgesamt geringeren ausgebrachten Wirkstoffmenge, von den zuvor ermittelten 0,0625% (Schinköthe et al., 2021) um die Hälfte auf 0,0313% Peroxyessigsäure (PAA) reduziert werden konnte. Diese Versuche wurden komplett in mikrobiologischen Sicherheitswerkbänken (ca. 1 m³ Raumvolumen) unter Verwendung des DryFog-Mini-Gerätes durchgeführt. Darüber hinaus kamen neben den etablierten Keimträgern aus Edelstahl auch welche aus PVC sowie direkt aus Plastikmaterial aus einem Flugzeug vergleichend zum Einsatz. Die dabei erzielten vorläufigen Ergebnisse zeigten keine größeren Unterschiede auf. Dies soll aber im Anschluss an die noch ausstehenden Materialtestungen bestätigt werden.

4.2 Arbeitspaket 2

4.2.1 Mikrobiologische Validierung in größeren Räumen (bis 164 m³)

In einem nächsten Schritt sollte nunmehr ermittelt werden, wie gut sich diese erzielten Inaktivierungsergebnisse auf die Anwendung in größeren Räumlichkeiten übertragen lassen. Dazu wurden am FLI als Testorganismen das feline und das bovine Coronavirus, das murine Norovirus sowie der MS2-Phage ausgewählt, als Testraum standein 164 m³ großer Tierhaltungsraum zur Verfügung. An der FU Berlin konnten die Arbeiten in einem 21 m³ großen Tierhaltungsraum fortgesetzt werden mit den Testorganismen Adenovirus, Reovirus und MS2-Phage (Tab. 2). Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wurden alle bisher eingesetzten Protokollparameter unverändert beibehalten. Als gewählte Konzentrationen sollte sich auf 0,0313%, 0,0625% und 0,1250% beschränkt werden. Um eine ideale gleichmäßige Verteilung des ausgebrachten Desinfektionsmittels in diesen Räumen zu gewährleisten, kam das DryFog2-Gerät am FLI mit 4 Düsen bzw. an der FU mit einer Düse zum Einsatz.

Tabelle 2: Ermittlung der notwendigen minimalen Wirkstoffkonzentration auf Edelstahlkeimträgern in einem 164 m³ großen Tierhaltungsraum.

| cPAA [%] | Behüllte Viren (ssRNS) | | Unbehüllte Viren (ssRNS) | Sporen | |
|----------|------------------------|---------------|--------------------------|---------------|----------------|
| | FCoV | BCoV | MNV | MS-2 Phage | CSC |
| 0,0313 | 4,34± 0,26 | 3,21± 0,21 | n.t. | 2,14± 0,41 | n.t. |
| 0,0625 | 4,38± 0,37 | 4,58± 0,27 | 5,05± 0,23 | 4,32± 0,37 | 4,68 ± 0,13 |
| 0,1250 | 5,1± 0,92 | 4,21± 0,51 | 4,52± 0,4 | 6,57± 0,21 | 6,49 ± 0,55 |

c(PAA), finale Konzentration an Peroxyessigsäure; FCoV, felines Coronavirus; BCoV, bovines Coronavirus; MNV, murines Norovirus; Bakteriophage MS2, MS2-Phage; CSC, kommerzielle Keimträger mit Sporen von *Geobacillus stearothermophilus*; nt, nicht getestet.

Bei einem Vergleich der notwendigen Konzentrationen zwischen der mikrobiologischen Sicherheitswerkbank und dem Tierhaltungsraum zeigt sich, dass für die meisten der Testerreger in dem größeren Raum eine doppelt so hohe Wirkstoffkonzentration (0,0625%) für eine 4 Log-Stufen-Reduktion notwendig war. Überraschenderweise ist diese Wirkstoffkonzentration aber auch ausreichend, um kommerziell hergestellte Keimträger mit bakteriellen Sporen (CSC) um mindestens 4 Log-Stufen zu reduzieren. Dies war bei einem kurzen Protokoll mit einer Einwirkzeit von 30 Minuten erst bei einer vierfach höheren Konzentration möglich (Schinköthe et al., 2021). Somit scheint die Verlängerung der Einwirkzeit insbesondere im Hinblick auf die Inaktivierungseffizienz gegenüber bakteriellen

Sporen von Relevanz zu sein, während sie sich auf die Inaktivierung von Viren nur leicht positiv auswirkt.

Ausgehend von diesen Ergebnissen wurde zwischen dem Robert Koch-Institut, der Freien Universität Berlin, dem Friedrich-Loeffler-Institut und der Lufthansa Technik AG entschieden, die Materialtestungen für alle drei in dem Tierhaltungsraum getesteten Wirkstoffkonzentrationen durchzuführen.

4.2.2 Materialverträglichkeitsuntersuchungen (MVU)

Im Forschungsvorhaben DryFogTraffic steht für die Lufthansa Technik AG (LHT) vor allem die unversehrte Erhaltung des Massenverkehrsmittels Flugzeug im Fokus. In diesem Zusammenhang müssen zwei Aspekte besonders berücksichtigt werden.

Aspekte der Lufttüchtigkeit:

- Kann durch die Anwendung des zu entwickelnden Verfahrens eine Auswirkung auf die Lufttüchtigkeit, z.B. durch chemische Veränderungen wie Korrosion oder die Reduzierung der Festigkeit von Bauteilen, entstehen oder zumindest nicht gänzlich ausgeschlossen werden?

Optische Aspekte:

- Kann durch die mehrfache Anwendung des zu entwickelnden Verfahrens eine Auswirkung auf die optischen Eigenschaften der Oberflächen (z.B. lackierte oder eloxierte Oberflächen, Kunststoffe, Stoffe, Leder & Bezüge) entstehen?

Diese könnten z.B. farbliche (Ausbleichen,...) oder optische (Rissbildung,...) Veränderungen der Oberflächen sein, die aber keine Auswirkung auf die Lufttüchtigkeit haben.

Auf Grundlage der durchzuführenden Materialverträglichkeitsuntersuchungen (MVU) können die beiden zuvor genannten Aspekte und die sich daraus ergebenden Fragen bewertet bzw. beantwortet werden. Die MVUs werden in den Laboren der LHT oder an externen Laboren mit luftfahrttechnischer Expertise durchgeführt.

Anhand der Ergebnisse der MVU kann dann vom Engineering der LHT eine Freigabe des Verfahrens mittels eines sogenannten Change/Repair Approval Sheet (CRAS) für bestimmte Flugzeuge erstellt werden. Aufgrund der Komplexität des Verfahrens ist ein CRAS dabei immer für die Anwendung an einem bestimmten Flugzeugmuster bzw. einer bestimmten Kabinenkonfiguration beschränkt.

Somit ist das Ziel der MVU und der weiteren Untersuchungen nachzuweisen, dass durch die Anwendung des neuen und bisher in diesem Bereich nicht eingesetzten DryFog-Verfahrens, in Kombination mit dem eingesetzten Desinfektionsmittel, weder lufttuchtigkeitsrelevante noch optische Aspekte entstehen, wobei optische Aspekte in einen bestimmten Rahmen (z.B. minimale Aufhellungen) toleriert werden könnten. Die lufttuchtigkeitsrelevanten Aspekte gehen auf limitierende Grenzwerte aus den Vorschriften der Flugzeughersteller und der Gesetzgebung hervor. Abweichungen bzw. ein Überschreiten der vorgegebenen Limits ist hier nicht zu tolerieren.

Als Grundlage der MVU werden die einschlägigen Normen und Testverfahren der Flugzeughersteller herangezogen. U.a. werden folgenden Normen berücksichtigt:

- ASTM-F1110
- Boeing No. D6-7127
- Airbus AIMS09-04-000
- Weitere

4.2.3 Erste Vortestungen

Ausgehend von den initialen mikrobiologischen Untersuchungen wurden erste Vorversuche mit 0,05% PAA an Luftfahrzeughalbzeugen, u.a. Blechen, Sealer (Dichtmitteln) und Lackproben durchgeführt. Um die Wirkung zu verdeutlichen, wurden die Tests mit der Anwendungskonzentration (= 0,05% PAA) sowie 5-fachen (0,1% PAA) und 10-fachen (0,5% PAA) Konzentration durchgeführt.

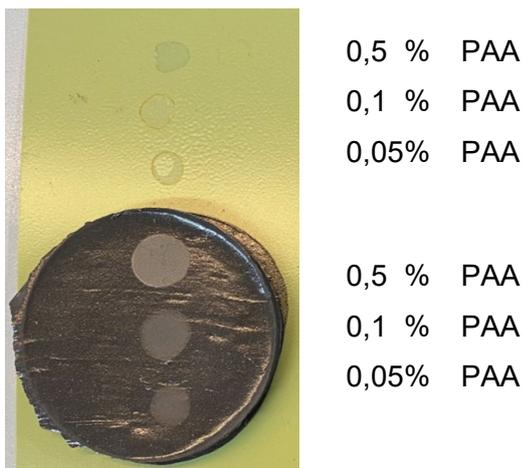


Abbildung 2: Materialtestung mit Primer (grüner Korrosionsschutzlack) + PR1772 Sealer Proben (braune Dichtmasse) nach Tropfentest

Die entfärbende Wirkung auf Dichtmittel ist schon bei anderen Desinfektionsmitteln beobachtet worden und wird dem enthaltenen Wasserstoffperoxid (H_2O_2) zugeschrieben. Diese Reaktion muss in angepassten Tests validiert werden.

Der Tropfentest zeigt auf einigen Metallen keine / kaum Korrosionswirkung, bei anderen abhängig von der Konzentration bis zu kräftiger Korrosion. Dabei ist, wie zu erwarten war, auf cadmiertem Stahl (St-4130) die deutlichste Korrosion zu erkennen.

Darüber hinaus wurden weitere Vorversuche mit Interieur Materialien durchgeführt, die über 180 Minuten einem pseudo Wirkstoffnebel aus 0,05% PAA (Ausbringung der Wirkstoffkonzentration erfolgte nicht mit einem geeigneten DryFog-Vernebelungsgerät) ausgesetzt waren. Materialveränderungen konnten bei diesen Vorversuchen nicht nachgewiesen werden.

4.2.4 Standard Sandwich Corrosion Test

Ein weiterer Standard-Test, der im Vorfeld der ersten Verneblungen durchgeführt wurde, ist der Sandwich Corrosion Test, gemäß ASTM-F1110. Der Test wurde mit zwei unterschiedlichen und in Abstimmung mit den Friedrich-Loeffler-Institut angepassten PAA Konzentrationen (0,0625% & 0,0313%) durchgeführt.

Während des Tests werden zwei mit dem Wirkstoff getränkte Papierstreifen (Wattman Nr. 05 & Glasfaserpapier) zwischen zwei gleiche Blechproben gelegt (= Sandwich Aufbau) und über 168 Stunden einem Klimazyklus ausgesetzt. Nach Abschluss der Klimatisierung, die mit einer künstlichen Alterung im Zeitraffer verglichen werden kann, werden die Proben hinsichtlich möglicher Materialveränderungen ausgewertet.

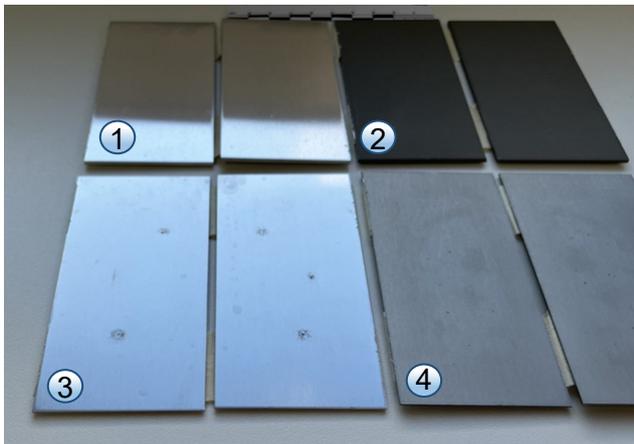


Abbildung 3: Sandwich Corrosion Test
2024 T3 = ① Clad / ② = CAA
7075T6 plattiert = ③ Clad / ④ = CAA

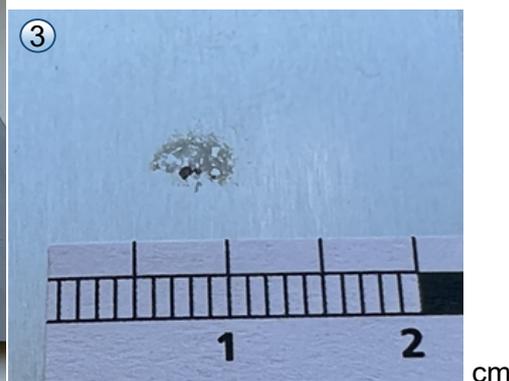


Abbildung 4: Detail der Pitting Corrosion auf 7075T6 (Clad)

Die vorgefundene Pitting Corrosion hat zur Folge, dass der Test als „nicht Bestanden“ gewertet werden muss. Allerdings wurde festgestellt, dass das Tränken/Durchnässen der Papierstreifen nicht der Aufnahme des Wirkstoffs während dem DryFog-Verfahren entspricht. Daher wurde, in Abstimmung mit dem Engineering der LHT, eine Abweichung

vom „Standard Sandwich Corrosion Test“ definiert, die in den folgenden Tests zur Validierung des Verfahrens angewendet wird. Es wurden bestimmte Abläufe definiert, wie die Bleche bzw. das Sandwich vor und nach der Vernebelung behandelt werden.

Des Weiteren wurde definiert, dass die Vernebelungsversuche ausschließlich mit 2024 T3 und 7075T6 Clad Blechen durchgeführt werden, da diese beim „Standard Sandwich Corrosion Test“ deutliche Korrosionsbefunde aufgewiesen haben.

4.2.5 Erste Materialverträglichkeitsuntersuchung mit 0,0313% PAA am FLI

Auf Grundlage der durchgeführten Vorversuche wurde nun ein umfangreiches „Test-Set“ aus verschiedenen, relevanten Flugzeugmaterialien zusammengestellt. Dieses „Test-Set“ umfasst folgende Materialklassen / Materialien:

Tabelle 3: Materialien im Test-Set für die ersten Vernebelungsversuche

| Materialklasse | Materialien |
|---------------------------------|--|
| Metalle | 2024 bare / Clad, 7075 bare / 7075 Clad, Mg-Alloy, TiAl6V4, St AISi321 |
| Dichtmaterial | Dichtmasse(n) appliziert auf Alu mit Korrosionsschutzgrundierung |
| Interieur Materialien | Klapptisch für Passagiersitze, Sitzbezug, Spezialmaterial für Arbeitsflächen und Waschtische, Spezialtapete für die Flugzeugkabine, Leder, diverse Elastomere, Platten aus Tiefziehmaterialien für Passagiersitze, Kunstleder, PVC Fußboden, Textil-Teppichboden, Bezugsstoff, Vorhangstoffe, weitere... |
| Folien | PVC- & Polycarbonat-Folien, Folien für Isoliermatten |
| Isolations-Material | Isolationsmatten [40 x 40] cm Isolationsmatten [12.5 x 23] Zoll, für Flammability-Test |
| Lacke | Interieur Lacke (Lösungsmittel- und Wasser-Basis) in hellen und dunklen Farben, die entsprechend der Herstellervorgaben auf Alu auf lackiert sind |
| Diverse andere Flugzeugbauteile | Abdeckung für Armlehnen, Verkleidungsbauteile von Flugzeugsitzen, Verschlüsse, Flugzeugaußenscheibe, weitere... |
| Klebebänder und Aufkleber | Hook and Loop Tape, verschiedene Hinweis-Aufkleber aus der Flugzeugkabine |
| Notausrüstung | Schwimmwesten, O ₂ -Schläuche |
| IT-Komponenten | IFE PC, Laptop, Tablet Computer |

DryFogTraffic

Die vorbereiteten Materialproben wurden in einem für Tierhaltung vorgesehenen Versuchslabor ausgelegt. Die Stoffproben und die Isoliermatten wurden auf einer Wäscheleine aufgehängt.



Abbildung 5: Isolationsmatten (Insulation Blankets), Lederproben und IT Equipment



Abbildung 6: Diverse Materialproben aus der Flugzeugkabine

Die Luftfeuchtigkeit (φ) ist die systemrelevante Steuergröße, sie wurde über die gesamte Versuchsdauer überwacht. Beginnend mit den Anfangswerten ($\varphi = 30\%$ / $T=20^\circ\text{C}$) wurde mit dem DryFog-Gerät Lerasept® Spezial, mit einer Konzentration von 0,0313% PAA vernebelt. Die Vernebelung wurde solange fortgesetzt, bis die Luftfeuchtigkeit einen Wert von $\varphi = 95\%$ (bei $T = 20^\circ\text{C}$) erreichte. Für den ausgewählten Raum (164 m^3) dauerte dies etwa 3 Minuten. Anschließend wurde die Ausbringung des Desinfektionsmittels gestoppt. Der während der Vernebelung entstandenen Nebel, hat sich nach kurzer Zeit (~ 30 Sekunden) verflüchtigt. Nach etwa 30 Minuten hatte sich die Luftfeuchtigkeit in Folge gleichmäßiger Verteilung des Wirkstoffes im Raum und durch schwache Kondensation und Niederschlag auf $\varphi = 85\%$ reduziert. Durch eine kurze weitere Vernebelung wurde zu diesem Zeitpunkt die Luftfeuchtigkeit erneut auf einen Wert von $\varphi = 95\%$ (bei $T = 20^\circ\text{C}$) angehoben. Danach wurde die Vernebelung wieder gestoppt. Durch diese Vorgehensweise wurde die Luftfeuchtigkeit über den gesamten Zeitraum von 180 Minuten auf Werte zwischen $\varphi = 85 - 95\%$ (bei $T = 20^\circ\text{C}$) gehalten.

Nach 180 Minuten wurde der Raum durch Klimatisierung gelüftet. Nach etwa 15 Minuten konnte der Raum wieder uneingeschränkt betreten werden.

Beim Betreten war ein deutlicher Geruch nach H_2O_2 wahrnehmbar. Ein Geruch nach Essig (von der PAA und deren Abbauprodukten) konnte nicht wahrgenommen werden.

DryFogTraffic



Abbildung 7: Vernebelungsvorgang

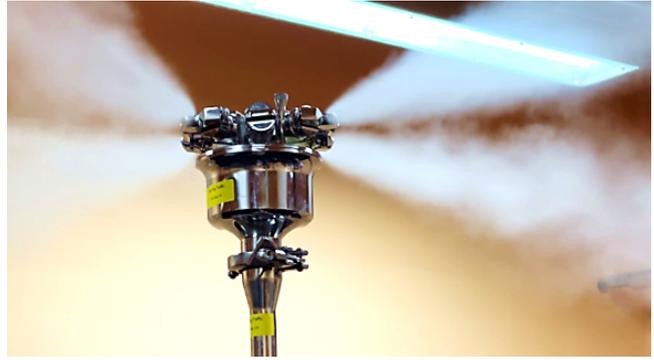


Abbildung 8: Detailaufnahme Vernebelungsvorgang

Zwischen dem 23.02. und dem 09.03.2022 wurden insgesamt 10 Verneblungen über 180 Minuten unter stets konstanten Bedingungen ($\varphi = 85 - 95\%$ / $T = 20^\circ\text{C}$) durchgeführt. Danach wurden die Proben dokumentiert und zur eigentlichen MVU ins Labor der Luft-hansa Technik AG nach Hamburg verbracht. Die Proben für den Sandwich Corrosion Test, gemäß der ASTM F1110, wurden unmittelbar nach der letzten der 10 Verneblungen luftdicht verpackt bzw. in Tüten verschweißt und so bis zum Beginn der Klimatisierung konserviert.



Abbildung 9: Materialproben nach 10 Vernebelungen

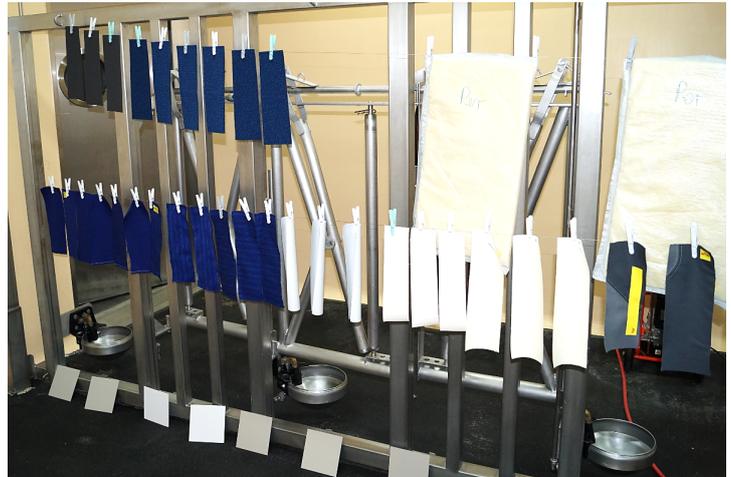


Abbildung 10: Stoff-, Leder- und Lackproben nach 10 Vernebelungen

Visuelle Auswertung:

Offensichtliche Veränderungen konnte an keiner der Proben erkannt werden. Die durchgängig betriebene IT (zwei Laptops und ein Tablet) wies keinerlei Veränderungen auf. Die auf dem Laptop gestarteten Programme (∞ PP Präsentation & ohne Bildschirmschoner) liefen wie am ersten Tag. Im offenstehenden Wasserglas konnte nur eine minimale Anreicherung der Wirksubstanzen nachgewiesen werden. Die gemessene H_2O_2 -Konzentration lag bei etwa bei ~ 2 mg/l. Die gemessene PAA-Konzentration lag nahe an der

Nachweisgrenze. Eine Steigerung der Konzentration von PAA ist somit nicht, bei H₂O₂ nur in sehr geringem Umfang nachweisbar.

Ergebnisse:

An den allermeisten Proben konnten keine Veränderungen nachgewiesen werden.

An den PC- und PMMA-Proben konnte kein Craziing (Spannungsrisssbildung) nachgewiesen werden. An den Proben für Dichtmittel konnte auch im Schnittbild keine Veränderung oder ein Eindringen der Wirkstoffe nachgewiesen werden.

An den Testblechen des Sandwich Korrosion Tests konnten keine Korrosionsspuren nachgewiesen werden.

Bei den Flammability & Flame **Propagation** Tests der Isoliermatten (Insulation Blankets), die im externen Prüflabor Parque Tecnológico de Álava durchgeführt wurden, konnte keine Verlängerung der Nachbrenndauer nachgewiesen werden.

Die einzigen Auffälligkeiten haben sich an folgenden Proben gezeigt:

- a. An einer Countertop-Oberfläche konnte eine optische Veränderung bzw. eine Aufhellung nachgewiesen werden.
→ Diese optische Veränderung ist nicht lufttuchtigkeitsrelevant, soll aber weiter untersucht werden.
- b. An den Sitz-Bezugsstoffen konnte eine deutliche Verlängerung (um 550%) der Nachbrenndauer, im direkten Vergleich zu einer unbehandelten Vergleichsprobe nachgewiesen werden.
→ Die Verlängerung der Nachbrenndauer ist lufttuchtigkeitsrelevant, der Test muss somit als nicht bestanden angesehen werden.

4.2.6 Weiterführende Tests nach Auffälligkeiten

Um die beobachteten Auffälligkeiten zu verifizieren, wurden weitere Tests durchgeführt:

- a. An der Countertop Oberfläche wurden Tests mit verschiedenen PAA-Konzentrationen (1/100 ~ 0,0625%, 1/50 ~ 0,313% und 1/10 ~ 0,625% PAA) der Lerasept® Spezial-Lösung durchgeführt. Allerdings wurden die Verdünnungen nicht vernebelt, sondern zwecks Verstärkung des Effektes aufgesprüht. Nach Abtrocknung wurden die Proben mit Wasser und Isopropanol (IPA) nachgereinigt. Eine Aufhellung der Oberfläche konnte bei diesen Tests nicht nachgewiesen werden.

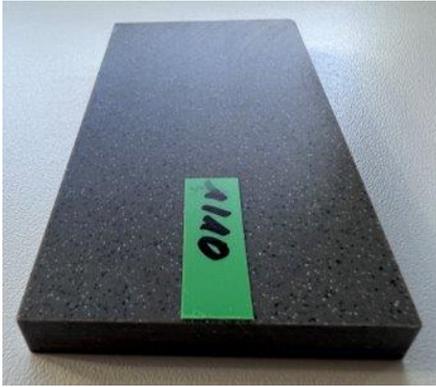


Abbildung 11: Countertop Oberfläche, gereinigt, nach Sprühversuchen mit Lerasept® Spezial Lösung (1/10 ~ 0,625% PAA)

- b. Um die Verlängerung der Nachbrenndauer an den Proben des Bezugsstoffes zu reproduzieren, wurde der Flammability Test mit verschiedenen Medien (Desinfektionsmittel Bacillol AF / Wasser / Lerasept® Spezial Lösung 1/10 ~ 0,625% PAA) durchgeführt. Die Stoffproben wurden in den Medien getränkt, gewalkt und danach über 24 h bei Raumtemperatur getrocknet. Danach wurden die Stoffproben über 14 Tage, bei 21°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit $\varphi = 50\%$ klimatisiert. Nach der Klimatisierung konnte an keiner der Proben eine Verlängerung der Nachbrenndauer nachgewiesen werden. Die Nachbrenndauer lag bei der in Lerasept® Spezial getränkten Probe bei durchschnittlich 5,6 Sekunden und damit deutlich unter dem Limit von 15 Sekunden.

Auch an den Vergleichsproben konnte keine Verlängerung der Nachbrenndauer beobachtet werden (Wasser $\varnothing_{\text{Nachb.d.}} = 6,0 \text{ Sec.}$ / Bacillol AF $\varnothing_{\text{Nachb.d.}} = 4,2 \text{ Sec.}$)

Abschließend kann nach diesen weiterführenden Tests gesagt werden, dass das im Lerasept® Spezial enthaltenen H_2O_2 , sowohl für die aufhellende Wirkung an den Countertop Proben, als auch für die Verlängerung der Nachbrenndauer an den Proben des Bezugsstoffs verantwortlich sein kann.

Da beide Effekte nicht reproduziert werden konnten, müssen diese bei weiteren Vernebelungsversuchen nochmals verifiziert werden.

4.2.7 Materialverträglichkeitstests bei höheren Konzentrationen

Während der ersten 10-fach Vernebelung (0.0313% PAA) konnte die biologische Wirksamkeit des Verfahrens in dem eingesetzten größeren Tierhaltungsraum nicht in der Form reproduziert werden, die sich in den Vorversuchen innerhalb der mikrobiologischen Sicherheitswerkbänke gezeigt hatte. Daher war eine erneute 10-fach Vernebelung mit

angepasster Konzentration erforderlich. Im Zeitraum vom 30.05. bis zum 10.06. erfolgten parallel die Materialbehandlungen mit 0,0625% und 0,125% PAA am FLI.

Die für die MVU erforderlichen „Test Sets“ wurden erweitert, so dass eine parallele Vernebelung in zwei unterschiedlichen Versuchslaboren durchgeführt werden konnte. Ziel der erneuten 10-fach Vernebelung war weiterhin der Nachweis der Materialverträglichkeit, sowie die parallel durchzuführenden Versuche zur biologischen Wirksamkeit des DryFog-Verfahrens.

Zur Überwachung der biologischen Wirksamkeit wurden kommerzielle Sporenträger mit *Geobacillus stearothermophilus*-Sporen (CSC) sowie der Bakteriophage MS2 eingesetzt. Beide Testkeime eignen sich für den vorgesehenen Einsatz im Flugzeug, da sie zur Risikogruppe 1 gehören. Beide Erreger sind daher nicht pathogen, lassen sich vergleichsweise einfach bearbeiten und zeigten sich in den biologischen Testungen als am stabilsten für die jeweiligen Erregergruppen. Durch diese Eigenschaften stellen sie ideale Testorganismen insbesondere für Versuche außerhalb von Sicherheitslaboren und für spätere Routineanwendungen in Massenverkehrsflugzeugen dar. Darüber hinaus wurde für diese Validierung auch pathogenes BCoV eingesetzt. Dieses hat sich im Verlauf des Projektes ebenfalls als relativ resistent herausgestellt.

Im Verlaufe der MVU konnten die zuvor erzielten mikrobiologischen Ergebnisse für die beiden getesteten Konzentrationen bestätigt werden (Abb. 12 und 13). Für alle drei getesteten Erreger wurde die geforderte 4 Log-Reduktion bei beiden verwendeten Konzentrationen erreicht.

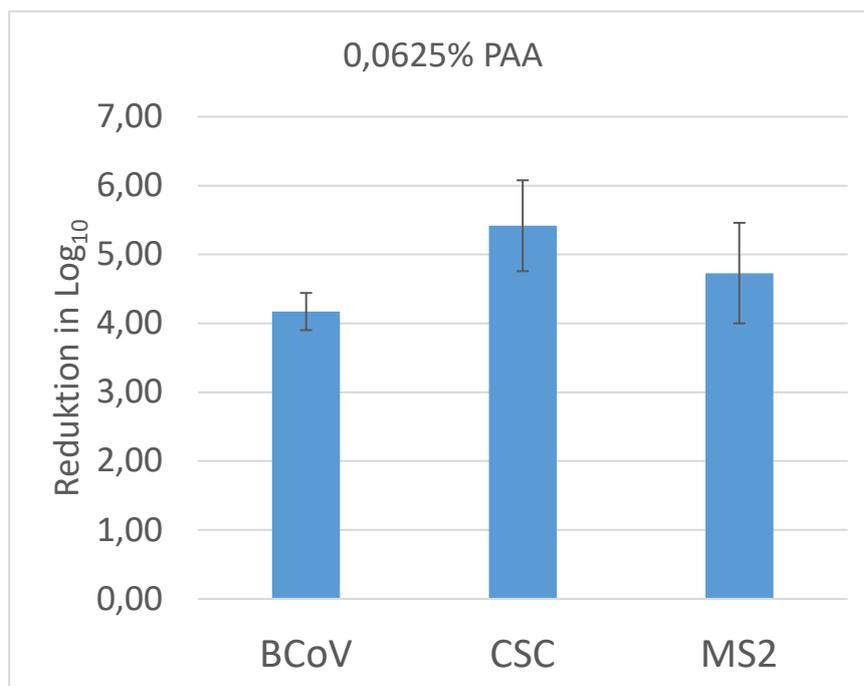


Abbildung 12: Reduktion von BCoV, *G. stearothermophilus* und MS2 bei 180-minütiger Inkubation mit 0,0625 % PAA im Tierhaltungsraum.

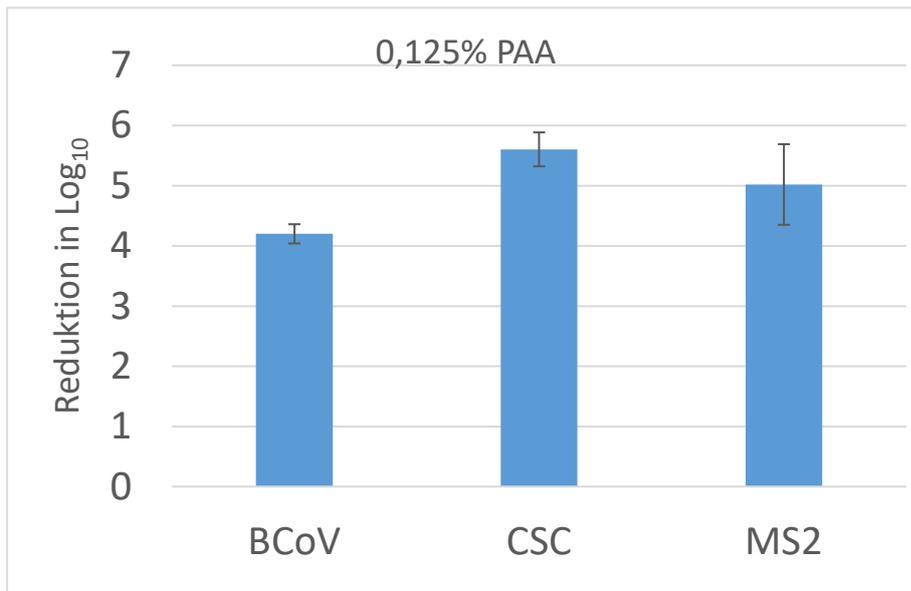


Abbildung 13: Reduktion von BCoV, *G. stearotherophilus* (CSC), MS2 bei 180-minütiger Inkubation mit 0,125 % PAA im Tierhaltungsraum.

Auch die Analyse der behandelten Materialien verlief wie zuvor ohne Beanstandung, so dass für einen ersten Lauf im Flugzeug die höchstmögliche Konzentration von 0,125 % ausgewählt wurde.

4.3 Arbeitspaket 3

4.3.1 Erste Testläufe im Flugzeug

Auf Basis der mikrobiologischen und technischen Ergebnisse konnte im Oktober 2022 die im Labor erprobte Methode in der Praxis an einem Flugzeug der Lufthansa Technik (Airbus A320) erprobt werden. Eine der größeren Herausforderungen im Flugzeug sollte die gezielte und gleichmäßige Verteilung des Aerosols sein. Im Vergleich zu den eher regelmäßig kubisch geformten Labor- und Tierhaltungsräumen, handelt es sich bei einem Verkehrsflugzeug um einen eher langgezogenen, zylindrischen Raum. Weiterhin ist der Raum in einem Flugzeug durch Einbauten, wie Sitze, Fächer für Handgepäck oder sanitäre Räume verbaut. Aus diesem Grund musste im Flugzeug ein Aufbau gefunden werden, bei dem das Aerosol möglichst gleichmäßig ausgebracht wird. Dazu wurden am ersten Tag einmal zwei und einmal drei DryFog-Geräte, die lediglich mit Wasser gefüllt waren, genutzt und so im Flugzeug verteilt, dass weder die Geräte sich gegenseitig, noch durch die Einbauten im Flugzeug beeinflusst werden. Zudem muss sichergestellt werden, dass das Aerosol jeden Ort erreichen kann. Darüber hinaus sind im Flugzeug diverse saugfähige Materialien verbaut, welche die ausgebrachte Luftfeuchtigkeit teilweise aufnehmen können. Zusammen mit der deutlich höheren Undichtigkeit des Flugzeuges im

DryFogTraffic

Vergleich zu dem Tierhaltungsraum ist das Erreichen und Halten der idealen Luftfeuchtigkeit über die gesamte Inkubationszeit deutlich schwieriger. Im Vergleich der beiden unterschiedlichen Versuchsaufbauten zeigte sich der Einsatz von zwei Geräten als deutlich besser steuerbar als der mit drei Geräten. Daher wurden die anschließenden drei ersten Testläufe mit zwei Geräten durchgeführt. Zur Auswertung der Validierungsläufe wurden 28 Keimträger im Flugzeug sowie Feuchtigkeits- und Temperatursensoren an denselben Positionen ausgebracht und zusätzlich an drei ausgewählten Positionen die Wasserstoffperoxidkonzentration gemessen. Nach anfänglichen drei Durchläufen im Oktober 2022 konnte ein grundlegendes Protokoll entwickelt, jedoch noch keine vollständige biologische Wirkung erzielt werden. An vielen Positionen konnten die geforderten vier log-Stufen Reduktion für eine erfolgreiche Desinfektion nicht erreicht werden (Abbildung 14).

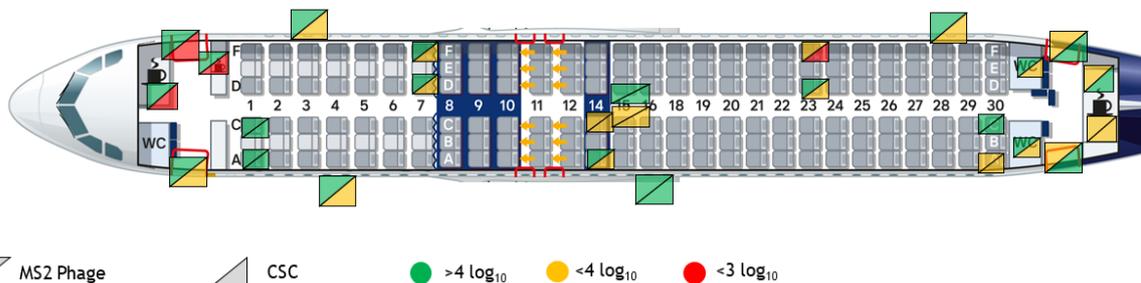


Abbildung 14: Positionen der einzelnen Keimträger im Flugzeug. Positionen außerhalb des Flugzeuges befanden sich im Gepäckfach.

In der Tat stellte sich das Erreichen und Halten der idealen Luftfeuchtigkeit, insbesondere in den vorderen und hinteren Bereichen des Flugzeuges unter Gewährleistung einer möglichst gleichmäßigen Verteilung des ausgebrachten Aerosols, als größtes Hindernis dar. So betrug die Ausbringzeit bis zum Erreichen der gewünschten Inaktivierungsbedingungen im Flugzeug in etwa neunmal so lange, wie in den etwa gleichgroßen Stalleinheiten. Auf Grund der Undichtigkeiten im vorderen Türbereich (bedingt durch notwendige Durchführung von Stromkabeln, die ein vollständiges Schließen der Flugzeugtür verhinderten) und der saugfähigen Materialien waren deutlich größere Mengen an ausgebrachtem Desinfektionsmittel notwendig, als in den vorherigen Laboruntersuchungen. Beide Faktoren beeinflussten ebenfalls immens die nachherige Belüftung des Flugzeuges. So kam es trotz der Belüftungsphase des Passagiererraumes und der anschließenden Freimessung durch das Zurückströmen des Aerosols aus unzugänglichen Bereichen der Flugzeugverkleidung und vermutlich dem Ausgasen aus den verschiedenen verbauten Geweben über Nacht bei geschlossenen Türen zu einem erneuten messbaren Anstieg der H₂O₂-Konzentration. Da sich dies nach Beendigung der ersten drei Testläufe über einen Zeitraum von einer Woche wiederholte, muss hierfür unbedingt eine effizientere

Lösung zur Belüftung des Flugzeuges im Nachgang einer Vernebelung gefunden werden.

4.3.2 Weitere Optimierung des Protokolls (2x 90 min anstatt 1x 180 min)

In einem letzten Optimierungsschritt wurden die ursprünglichen 180 Minuten Inkubationszeit geteilt. Ziel dabei war es, das Flugzeug zweimal über 90 Minuten mit einer 0,125 %igen PAA-Lösung zu behandeln und zwischendurch einen kompletten Luftwechsel durchzuführen. Auf diese Weise kann mehr Desinfektionsmittel eingesetzt werden ohne dabei die Konzentration zu ändern und das Material stärker zu belasten, wie in einer zusätzlichen MVU gezeigt wurde. Dazu wurden erneut ausgewählte Materialien fünfmal mit dem adaptierten Protokoll behandelt und anschließend den zuvor bereits detailliert beschriebenen Materialprüfungen unterworfen. Wie erhofft, konnte auch eine Steigerung der Inaktivierungseffizienz gegenüber den eingesetzten Testkeimen, im Vergleich zur 180 Minuten Methode, bestätigt werden. Um die teilweise in der MVU modifizierte Methode zu testen, wurden auch Materialien fünfmal mit einer deutlich höheren Konzentration von 1,3 % behandelt. Dabei wiesen allerdings die Sealeroberflächen als einzige Materialien leichte Veränderungen auf, so dass diese Konzentration insgesamt als nicht bestanden gewertet werden muss. Versuche mit weiteren Zwischenkonzentrationen waren leider im Rahmen des Projektes nicht mehr möglich. Eventuell könnte die eingesetzte Wirkstoffkonzentration sogar noch weiter gesteigert und somit die Inaktivierungseffizienz erhöht werden.

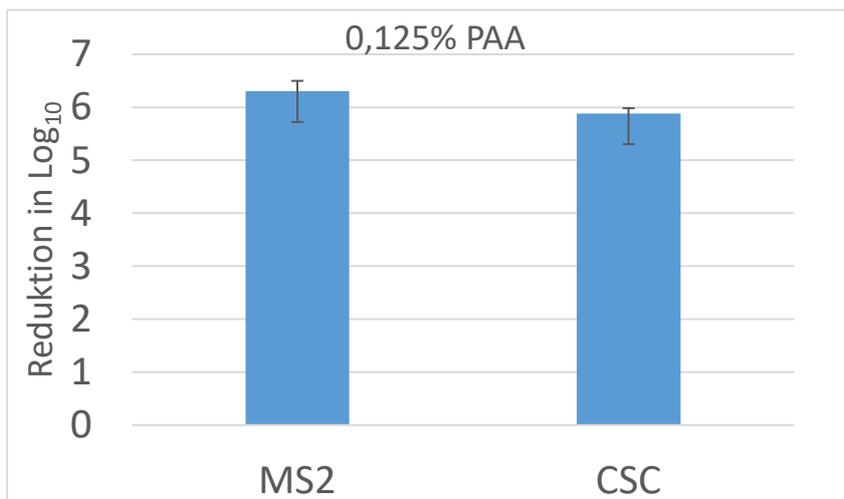


Abbildung 15: Reduktion der Testkeime MS2 und *G. stearothermophilus* (CSC) bei 2x 90-minütiger Behandlung mit 0,125 % PAA. Die Reduktion von CSC ist maximal (vollständige Inaktivierung), da auf den Keimträgern lediglich 10⁶ Endosporen aufgebracht sind.

4.3.3 Validierungsläufe im Flugzeug

Im Januar 2023 konnte das modifizierte Protokoll dann nochmals im selben Flugzeug der Lufthansa Technik erprobt werden. Wie erhofft, führte die Modifizierung des Protokolls zu einer signifikanten Verbesserung der Inaktivierungseffizienz der eingesetzten Testkeime an allen getesteten Positionen, insbesondere im Passagierbereich (Abb. 16). Weiterhin schwierig ist das Erreichen der gewünschten 4-Log-Reduktion im vorderen und hinteren Bereich, die jeweils durch Wände vom Passagierbereich abgetrennt sind. Obwohl alle Vorhänge entfernt wurden, stellen diese Wände ein deutliches Hindernis für die gleichmäßige und effektive Verteilung des Aerosols dar. Jedoch sind diese Bereiche so ausgestattet, dass sie durch eine nass-chemische Wischdesinfektion problemlos behandelt werden können.

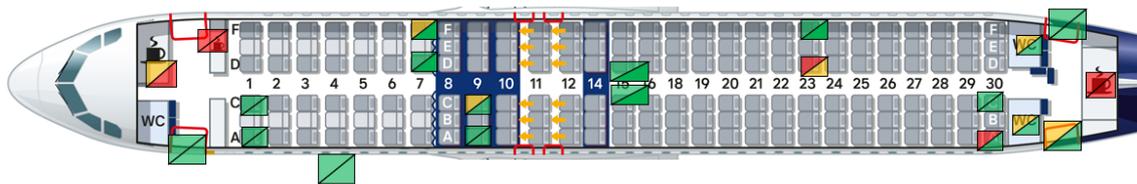


Abbildung 16: Positionen der einzelnen Keimträger im Flugzeug. Positionen außerhalb des Flugzeuges befanden sich im Gepäckfach.

Interessanterweise zeigt sich der eingesetzte Bakteriophage etwas resistenter, als die verwendeten bakteriellen Sporen. Dies zeigt, dass für die Inaktivierung von Viren primär die Konzentration des Wirkstoffes von entscheidender Bedeutung ist und die Länge der Einwirkzeit nur eine sekundäre Rolle spielt. Anders sieht dies bei bakteriellen Sporen aus. Hier ist die Länge der Einwirkzeit von entscheidender Bedeutung, damit die Sporen genügend Zeit haben, unter den hohen Luftfeuchtigkeitsbedingungen erst Feuchtigkeit aufzunehmen. Die Zunahme des Feuchteanteils innerhalb der Sporen führt zu einer Reduktion der Tenazität, wodurch letztlich deutlich geringere Wirkstoffkonzentrationen für eine erfolgreiche Inaktivierung notwendig sind.

4.3.4 Materialverträglichkeitsuntersuchung mit hoher Konzentration am FLI (1,3% PAA)

Wie bereits unter 4.2. erwähnt, konnte zum Ende des Projekts aus Zeitgründen nur noch eine verkürzte Testreihe mit fünf Vernebelungen am FLI stattfinden. Für diese Testläufe wurden die in Tabelle 4 aufgelisteten Materialien ausgewählt.

Tabelle 4: Materialien für Verneblungstests mit hoher Konzentration

| Materialklasse | Materialien |
|-----------------------|--|
| Metalle | AL2024 Clad / CAA, AL7075 Clad / CAA, Mg-Alloy |
| Dichtmaterial | Dichtmasse(n) appliziert auf Alu mit Korrosionsschutz-Grundierung |
| Interieur Materialien | Bezugsstoff, Textil-Teppichboden, Vorhangstoff, PVC-Schläuche für Sauerstoff, Silikongummi |
| Lacke | Interieur Lacke (Lösungsmittel- & Wasser-Basis) |
| Klebebänder | Hook and Loop Tape |

Bei der Auswertung der durchgeführten Labortests zeigten sich beim überwiegenden Teil keine Auffälligkeiten. Der Brennbarkeitstest, Zug-Test, Sandwich Corrosion Test, Mg-Korrosionstest, Lackerweichungstest und Optik/Haptik-Test können als bestanden angesehen werden.

Jedoch zeigten die beiden unterschiedlichen Dichtmassen eine deutliche Reaktion von Anlösung, welche sich in Form einer leicht klebrigen Oberfläche äußerte.

→ Ein Anlösen von Dichtmaterial an der Flugzeugstruktur ist absolut kritisch für die Lufttuchtigkeit und daher nicht zulässig. Der Test muss somit als nicht bestanden angesehen werden.

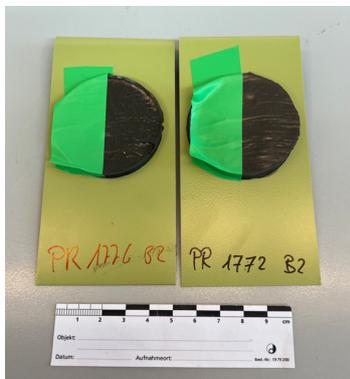


Abbildung 17: Dichtmassen zur Hälfte abgeklebt (vorher)



Abbildung 18: Dichtmassen nach 5x Vernebelung



Abbildung 19: Detailansicht der Dichtmasse nach 5x Vernebelung

4.4 Arbeitspaket 4

4.4.1 Publikation und Integration in Verfahrensanweisungen der Lufthansa

Durch dieses Projekt steht erstmals eine standardisierbare und nachweislich materialverträgliche Raumdesinfektion für Flugzeuge zur Verfügung, welche im Falle von Kontaminationen mit hochpathogenen, leicht übertragbaren Erregern mit Pandemiepotenzial ergänzend zur routinemäßig eingesetzten nass-chemischen Desinfektion zum Einsatz kommen kann. Wir konnten zeigen, dass dieses Verfahren nicht nur zur Inaktivierung von behüllten und unbehüllten Viren, sondern sogar auch bei Kontaminationen mit bakteriellen Sporen eingesetzt werden kann. Somit ist auch eine Überprüfung des Inaktivierungserfolgs bei zukünftigen Validierungen im Rahmen konkreter Einsätze des Verfahrens mittels der einfach zu handhabenden kommerziellen Sporenkeimträger mit *Geobacillus stearothermophilus* möglich.

Gleichzeitig belegen die Ergebnisse des Forschungsprojektes, dass eine gleichmäßige Ausbringung der aerosolisierten Desinfektionsmittellösung sowohl für den Inaktivierungserfolg als auch die Materialverträglichkeit von entscheidender Bedeutung ist. Aus diesem Grund sind vor einer Anwendung der Methode bei einem anderen Flugzeugtyp/Kabinenlayout als dem hier getesteten, mindestens Vortestungen mit Wasser erforderlich, um Kondensationen und damit mögliche Materialschädigungen auf jeden Fall zu vermeiden.

Derzeit werden die entwickelten Protokolle von der Lufthansa Technik AG als Grundlage für weitere Validierungen/CRAS Freigaben zusammengefasst (Auszug siehe Anhang 8.1). Eine entsprechende Vorlage für die International Air Transport Association (IATA) wird angestrebt. Die betreffenden Informationen sind in die entsprechenden Kapitel zur Desinfektion von Schiffen und Flugzeugen der Desinfektionsmittelrichtlinie des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft integriert worden und können dort von den Amtsärzten und Amtstierärzten eingesehen werden.

Über den Projektverlauf gab es interne und externe Pressemitteilungen am FLI, RKI, der UL und Lufthansa. Darüber hinaus werden die Ergebnisse im Oktober im Rahmen der in München stattfindenden BioDefense im Rahmen eines Fachvortrages präsentiert und derzeit für eine wissenschaftliche Publikation zusammengestellt, welche in Kürze eingereicht werden soll.

5. Gesamtbeurteilung und Verwertung/Translation der Projektergebnisse

Alle geplanten Teilprojekte wurden komplett bearbeitet und alle gesteckten Vorhabenziele erreicht.

Die finalen Informationen zur Methode sind in die entsprechenden Kapitel zur Desinfektion von Schiffen und Flugzeugen der Desinfektionsmittelrichtlinie des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft aufgenommen worden, so dass sie von zuständigen Amtsärzten und Amtstierärzten abgerufen werden können. Damit existiert erstmalig für den äußerst seltenen Bedarfsfall ein entsprechendes Desinfektionskonzept für Luftfahrzeuge. Zur möglichen Umsetzung entwickelt derzeit insbesondere die AKUT SOS CLEAN GmbH die notwendigen Strukturen. Bei der Etablierung einer effektiven aerogenen Abschlussdesinfektion für Luftfahrzeuge konnten auch die für eine wirksame Durchführung der Trockenverneblung entscheidenden Messparameter bestimmt werden, so dass das Verfahren schnell und effizient auch auf andere Flugzeugtypen übertragen werden kann. Da sich aber insbesondere die gleichmäßige Ausbringung und Verteilung der Wirksubstanz als ein kritischer Faktor dargestellt hat, sollten zumindest im Vorfeld einer Anwendung in einem anderen Flugzeugtyp mehrere Probeläufe mit Wasser mit unterschiedlicher Geräteanordnung durchgeführt werden. Zur Erfolgskontrolle sind dann allerdings entsprechende Keimträger mitzuführen und nach der Behandlung auszuwerten. Durch die nachgewiesene Eignung kommerziell verfügbarer Sporenkeimträger (z. B. mit *Geobacillus stearothermophilus*) als Referenzkeime, ist diese Anordnung sehr einfach umzusetzen und die Auswertung vergleichsweise schnell. Validierungsbedarf besteht ebenfalls noch für den Frachtraum von Passagiermaschinen und vor allem von reinen Frachtmaschinen, welche vorwiegend beim Transport von Nutztieren zum Einsatz kommen.

Um die bereits sehr guten mikrobiologischen Inaktivierungseffizienzen eventuell noch weiter zu steigern und die Methode damit noch effektiver und robuster zu gestalten, wären noch zwei umfangreiche Materialverträglichkeitstestungen mit 0,5 % und 0,3 % zu empfehlen. Auf Grund der bereits vorliegenden umfangreichen Daten aus diesem Forschungsprojekt, würde sich daher der Umfang der dafür notwendigen Untersuchungen inklusive einer anschließenden Validierung im Flugzeug in einem zeitlich und finanziell deutlich kleineren Rahmen halten. Nach der derzeitigen Bewertung der vorliegenden Ergebnisse, wird das hier entwickelte Desinfektionsprotokoll nicht standardmäßig eingesetzt werden, vielmehr wird von einer maximal einmaligen Durchführung je Flugzeug ausgegangen. Für einen häufigeren Einsatz müssten die Materialtestungen mit höheren Behandlungszyklen wiederholt werden.

Darüber hinaus belegen die erzielten Projektergebnisse ganz deutlich, dass sich dieses Verfahren auch zur Dekontamination anderer Massenverkehrsmittel wie z.B. von Bussen,

S- und U-Bahnen sowie von Passagier- und Transportschiffen eignen würde. Hierzu können die beschriebenen Ergebnisse und Methoden für zukünftige Validierungen des Verfahrens für den jeweils konkreten Einsatz herangezogen werden und so dessen Aufwand reduzieren.

6. Gender Mainstreaming Aspekte

Genderaspekte haben innerhalb des Projektes keine Rolle gespielt.

7. Referenzen

1. Candido D. D. S., Watts A., Abade L., Kraemer M. U. G., Pybus O. G., Croda J., de Oliveira W., Khan K., Sabino E. C., Faria N. R. (2020): Routes for COVID-19 importation in Brazil. *J Travel Med.* 2020 May 18;27(3):taaa042. doi: 10.1093/jtm/taaa042.
2. Eldin C., Lagier J.-C., Mailhe M., Gautret P. (2020): Probable aircraft transmission of Covid-19 in-flight from the Central African Republic to France. *Travel Med Infect Dis.* May-Jun 2020;35:101643. doi: 10.1016/j.tmaid.2020.101643. Epub 2020 Apr 1.
3. Zheng R., Yu Xu, Wang W., Ning G., Bi Y. (2020): Spatial transmission of COVID-19 via public and private transportation in China. *Travel Med Infect Dis.* Mar-Apr 2020;34:101626. doi: 10.1016/j.tmaid.2020.101626. Epub 2020 Mar 14.
4. Mayer S.V., Tesh R.B., Vasilakis N. (2017): The emergence of arthropod-borne viral diseases: A global prospective on dengue, chikungunya and zika fevers. *Acta Trop.* 2017 Feb;166:155-163. doi: 10.1016/j.actatropica.2016.11.020. Epub 2016 Nov 19.
5. Costard S., Wieland B., de Glanville W., Jori F., Rowlands R., Vosloo W., Roger F., Pfeiffer D.U., Dixon L.K. (2009): African swine fever: how can global spread be prevented? *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2009 Sep 27;364(1530):2683-96. doi: 10.1098/rstb.2009.0098.
6. Cwynar P., Stojkov J., Wlaziak K. (2019): African Swine Fever Status in Europe. *Viruses.* 2019 Mar 30;11(4). pii: E310. doi: 10.3390/v11040310. Review.
7. Thomas S.M., Tjaden N.B., van den Bos S., Beierkuhnlein C. (2014): Implementing cargo movement into climate based risk assessment of vector-borne diseases. *Int J Environ Res Public Health.* 2014 Mar 20;11(3):3360-74. doi: 10.3390/ijerph110303360.
8. Oliveira A. R. S., Piaggio J., Cohnstaedt L. W., McVey D. S., Cernicchiaro N. (2018): A quantitative risk assessment (QRA) of the risk of introduction of the Japanese encephalitis virus (JEV) in the United States via infected mosquitoes transported in aircraft and cargo ships. *Prev Vet Med.* 2018 Nov 15;160:1-9. doi: 10.1016/j.prevetmed.2018.09.020. Epub 2018 Sep 24.
9. Vogt T. M., Guerra M. A., Flagg E. W., Ksiazek T. G., Lowther S. A., Arguin P. M. (2006) Risk of severe acute respiratory syndrome-associated coronavirus transmission aboard commercial aircraft. *J Travel Med.* 2006 Sep-Oct;13(5):268-72.
10. Aerospace Medical Association Task Force (2004) Emerging infectious diseases including severe acute respiratory syndrome (SARS): guidelines for commercial air travel and air medical transport. *AviatSpaceEnvironMed*75(1):85–86

11. Anderson R. M., Fraser C., Ghani A. C., Donnelly C. A., Riley S., Ferguson N. M., Leung G. M., Lam T. H., Hedley A. J. (2004): Epidemiology, transmission dynamics and control of SARS: the 2002-2003 epidemic. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2004 Jul 29;359(1447):1091-105. Review.
12. Gaber W., Goetsch U., Diel R., Doerr H. W., Gottschalk R. (2009): Screening for infectious diseases at international airports: the Frankfurt model. *Aviat Space Environ Med.* 2009 Jul;80(7):595-600.
13. Australien Government/Australian Transport Safety Bureau (2008) Passenger health – the risk posed by infectious disease in the aircraft cabin. <https://www.atsb.gov.au/media/27836/ar-2007050a.pdf>. Accessed Oct 17, 2016
14. Hufnagel L., Brockmann D., Geisel T. (2004): Forecast and control of epidemics in a globalized world. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2004 Oct 19;101(42):15124-9. Epub 2004 Oct 11.
15. Mary E Wilson (2020): What goes on board aircraft? Passengers include Aedes, Anopheles, 2019-nCoV, dengue, Salmonella, Zika, et al. *Travel Med Infect Dis.* Jan-Feb 2020;33:101572. doi: 10.1016/j.tmaid.2020.101572. Epub 2020 Feb 5.
16. Jayaweera M., Perera H., Gunawardana B., Manatunge J. (2020): Transmission of COVID-19 virus by droplets and aerosols: A critical review on the unresolved dichotomy. *Environ Res.* 2020 Jun 13;188:109819. doi: 10.1016/j.envres.2020.109819. Online ahead of print.
17. Moser M. R., Bender T. R., Margolis H. S., Noble G. R., Kendal A. P., Ritter D. G. (1979): An outbreak of influenza aboard a commercial airliner. *Am J Epidemiol.* 1979 Jul;110(1):1-6.
18. Khan K., Arino J., Hu W., Raposo P., Sears J., Calderon F., Heidebrecht C., Macdonald M., Liauw J., Chan A., Gardam M. (2009): Spread of a novel influenza A (H1N1) virus via global airline transportation. *N Engl J Med.* 2009 Jul 9;361(2):212-4. doi: 10.1056/NEJMc0904559. Epub 2009 Jun 29.
19. Foxwell A. R., Roberts L., Lokuge K., Kelly P. M. (2011): Transmission of influenza on international flights, May 2009. *Emerg Infect Dis.* 2011 Jul;17(7):1188-94. doi: 10.3201/eid1707.101135.
20. Shankar A. G., Janmohamed K., Olowokure B., Smith G.E., Hogan A. H., De Souza V., Wallensten A., Oliver I., Blatchford O., Cleary P., Ibbotson S. (2014): Contact tracing for influenza A(H1N1)pdm09 virus-infected passenger on international flight. *Emerg Infect Dis.* 2014 Jan;20(1):118-20. doi: 10.3201/eid2001.120101.
21. Cottam E. M., Haydon D. T., Paton D. J., Gloster J., Wilesmith J. W., Ferris N. P., Hutchings G. H., King D. P. (2006): Molecular epidemiology of the foot-and-mouth disease virus outbreak in the United Kingdom in 2001. *J Virol.* 2006 Nov;80(22):11274-82. Epub 2006 Sep 13.
22. Spencer C. (2015): Having and fighting Ebola – public health lessons from a clinician turned patient. *N Engl J Med.* 2015 Mar 19;372(12):1089-91. doi: 10.1056/NEJMp1501355. Epub 2015 Feb 25.
23. WHO (2009) Guide to hygiene and sanitation in aviation 3rd edition. http://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/ships/guide_hygiene_sanitation_aviation_3_edition.pdf. Accessed Oct 17, 2016.
24. IATA Medical Manual (<https://www.iata.org/publications/Documents/medical-manual.pdf>)
25. SOPs of Lufthansa Technik AG (LHT) (2015): Highly Infectious Diseases Form Revision 3; 1–10 accessible via E-mail: frapxo@dlh.de
26. Schinköthe, J., Scheinemann, H. A., Diederich, S., Freese, H., Eschbaumer, M., Teifke, J. P., Reiche, S. (2021): Airborne Disinfection by Dry Fogging Efficiently Inactivates Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARSCoV-2), My-

cobacteria, and Bacterial Spores and Shows Limitations of Commercial Spore Carriers. Applied and Environmental Microbiology: February 2021 Volume 87 Issue 3 e02019-20

27. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAUA): Die Biozid-Verordnung: https://www.baua.de/DE/Themen/Anwendungssichere-Chemikalien-und-Produkte/Chemikalienrecht/Biozide/Biozide_node.html

8. Anhang

8.1 Extract from “LHT Engineering Bulletin Simplified Aircraft/Engine Change” (EB-SC)

1. Preparation / Material

| No. | Qty | P/N | Description | Note |
|-----|------|-----|-----------------------------------|--|
| 01 | 2ea | | Minnicare DryFogging Device | |
| 02 | a.r. | | Lerasept Spezial Dilution | max. 0,125% PAA concentration |
| 03 | a.r. | | Deionized Water | |
| 04 | 21ea | | Humidity/Temperature Sensors | wireless transmitting |
| 05 | 2ea | | Pressure Hose Spools | |
| 06 | 2ea | | Air Compressor | for DryFog Device |
| 07 | 1ea | | Air-Conditioning Ground Cart | |
| 08 | 1ea | | Air Supply Hose System (AirSnake) | |
| 09 | a.r. | | Plastic Foil Covers | for Cabin/Galley area and Flight Deck Entrance |
| 10 | a.r. | | 50MM Tape | or equivalent. (For use on both external/internal A/C surfaces) |
| 11 | 2ea | | AIRLOCK DOOR | |
| 12 | a.r. | | Humidifier | remote controlled |

Info:

- Suitable Personal Protective Equipment (PPE) required for Disinfectant and Maintenance Staff when accessing contaminated cabin.

2. Accomplishment

THE FOLLOWING ACCOMPLISHMENT INSTRUCTIONS ARE FOR INITIAL TRIAL ON LHT OWNED A320 (A/C REG.: D- AOJT) ONLY!

Part A - Preparation of Aircraft Cabin:

CAUTION: ENSURE ALL AIRCRAFT SLIDES ARE SECURED AGAINST UNINTENDED DEPLOYMENT BEFORE BEGIN OF PREPARATION.

- A01) Close all entrance and service doors except for DOOR 1L.
- A02) Open all Overhead Stowages/ Cabinets / Lavatories / Galley compartments
Remove one lavatory door in AFT cabin to improve spreading of dry fog.
- A03) Fold down all tray table / in-arm tables.
- A04) Remove all main cabin curtains.
- A05) Remove all loose and emergency equipment as well as Safety Instructions Cards/Magazines from the Main Passenger Cabin Stowages.

DryFogTraffic

NOTE: Life Vests stowed in under-seat-stowages may remain on board.

- A06) Remove loose catering equipment (e.g. Coffee Bowl) from Galleys
- A07) Apply plastic foil around flight deck door and proper seal with suitable tape.

NOTE: Install an "AIRLOCK" as an alternate option.

- A08) Completely seal FWD Lavatory Door with suitable tape (min. width 50mm)
- A09) Install a plastic foil/cover on all AFT Lavatory Smoke Detectors.
- A10) Install "AIRLOCK" at DOOR 1L.
- A11) Set Cabin Lighting to DIM MODE.
- A12) Open all passenger overhead air outlets.

Part B - Setup of Dry Fogging Equipment in Aircraft Cabin:

CAUTION: CONCENTRATED PAA CAN CAUSE SEVERE CORROSION TO AIRCRAFT STRUCTURE. THEREFORE HANDLING OF FLUID IS ONLY ALLOWED OUTSIDE OF AIRCRAFT.

CAUTION: SPRAY NOZZELS OF MINNCARE DEVICES MUST BE PROPERLY ALIGNED IN LONGITUDINAL AISLE DIRECTION.

- B01) Prepare LERASEPT® SPEZIAL dilution and fill up fluid container of MINNCARE device outside of the aircraft.
- B02) Position Minncare "01" at AFT CABIN position. Refer to attached FIGURE 01 for details.
- B03) Position Minncare "02" at FWD CABIN position. Refer to attached FIGURE 01 for details.
- B04) Position Air Compressor for each Minncare device and connect pressure hose. Refer to attached FIGURE 01 for details

NOTE: Route Power Supply Cord for Air Compressors through Door 1LH.

- B05) Place a sheet of suitable absorbent paper under each Minncare device for monitoring of any fluid spill.
- B06) Position Humidity/Temperature Sensors evenly throughout main cabin. Refer to attached FIGURE 02 for details.

NOTE: The exact positions (e.g. under the seat, inside shelf) shall be defined by the professional disinfectant during the preparation, dependant from the cabin configuration.

Part C - Pre-conditioning of Aircraft Cabin Environment:

C01) Connect Air-Conditioning Ground Cart and prepare aircraft for external air-conditioning configuration i.a.w. AMM

Ref. Task 12-33-21-618-001-A

“Pre-conditioning through the LP Ground Connection (Aircraft Electrical Power Available)”

or

Ref. Task 12-33-21-618-001-A03

“Pre-conditioning through the LP Ground Connection (Aircraft Electrical Power Not Available)”

Make sure that

the airflow is not more than 78 kg/min (171.96 lb.min) equals 3600 m³/h or 4680 kg/h.

the supplied air pressure is not more than 40 mbar (0.58 psi) at the aircraft interface connector.

the supplied air temperature does not increase to more than 70 DEG.C (158 DEG.F).

(OPTIONAL):

Ref. Task 12-33-21-618-001-A01

“Pre-conditioning through the HP Ground Connection”

Make sure that

the ground air-supply unit generates an airflow between 54 kg.min (119.0496 lb.min) and

78 kg.min (171.9605lb.min)

the supplied air temperature does not go above 260 deg.C (500.00 deg.F)

C02) If access to flight deck was necessary - re-apply/seal plastic foil (or close AIRLOCK) at flight deck entrance.

C03) Activate the wireless transmitting temperature and humidity sensors evenly distributed in the cabin to monitor the environmental conditions in real time (see step B06). Refer to FIGURE 02 for positions.

C04) IF NECESSARY - Install humidifier(s) evenly distributed in the cabin to control the air humidity in real time.

NOTE: The exact location(s) shall be defined by the professional disinfectant during the preparation, dependant from the cabin configuration.

C05) Start cabin preconditioning until environment parameters are levelled at about 18-20°C and 40-50% humidity. Once the parameters have levelled, switch off the Air-Conditioning Ground Cart.

C06) If required - Close/seal AIRLOCK at DOOR 1L.

C07) Maintain this environment for approx. 1- 2 hours BEFORE THE DISINFECTION STARTS to achieve equal surface temperatures of 20°C (+/- 2°C) and desired humidity throughout the cabin prior to start of disinfection process.

C08) In order to retain those conditions during the preconditioning, do the following:

In the first 30 minutes after the preconditioning has started, do a readout of all temperature and humidity sensors every 5 Minutes.

When the value in regard exceeds the allowed range, activate the (LP or HP) Air-Conditioning Ground Cart i.a.w. related AMM TASK.

NOTE: If humidity falls below target values, activate humidifier accordingly.

DryFogTraffic

After 30 minutes of test runtime, decide whether to increase or decrease the readout interval of temperature / humidity values taking into respect the then observed stability of the conditions.

Part D - Application of Dry Fogging Disinfection in Aircraft Cabin:

WARNING: ENTERING OF AIRCRAFT CABIN DURING ONGOING DISINFECTION SEQUENCE AND INITIALIZING OF VENTILATION IS ONLY ALLOWED WHEN EQUIPPED WITH PROPER PPE.

D01) Activate air compressors to start dry fogging with LERASEPT® SPEZIAL dilution.

NOTE: Ensure proper operation of Minncare devices by visual observation (e.g. through Side Windows or Camera)

D02) Monitor cabin humidity and ensure a level of 85%-95% is achieved at all sensor positions.

NOTE: Individually control fogging for each Minncare device as necessary.

D03) When all sensors show a humidity of >90%, stop air compressors / dry fogging.
Record START TIME of DISINFECTION sequence.

NOTE: For proper disinfection of all surfaces, this environment (20°C (+/- 2°C) and >85% humidity) must be maintained for minimum of 3hours (180minutes)

D04) Maintain disinfection cabin environment for 3hours (180 minutes):

Re-adjust humidity when it drops below 85% by starting air compressor(s)/dry fogging again.

When a humidity level of >90% is reached, stop air compressor(s)/dry fogging again.

Repeat steps i) and ii) as necessary.

Record END TIME of DISINFECTION sequence.

Deactivate all air compressors to stop dry fogging.

Part E - Ventilation of Aircraft Cabin after Dry Fogging Disinfection:

WARNING: ENTERING OF AIRCRAFT CABIN DIRECTLY AFTER END OF DISINFECTION SEQUENCE IS ONLY ALLOWED WHEN EQUIPPED WITH PROPER PPE.

ACCESS TO AIRCRAFT CABIN WITHOUT PPE DURING ONGOING VENTILATION IS ONLY ALLOWED WHEN MEASURED H2O2 VALUES ARE BELOW 0,5PPM!

CAUTION: DO NOT ACTIVATE AIR CONDITIONING PACKS (E.G. PER APU) BEFORE 60 MINUTES OF VENTILATION.

E01) After completion of Dry Fogging Disinfection sequence, remove AIRLOCK from Door 1L and open all aircraft entrance doors (Door 1L / 4L) and service doors (Door 1R / 4R). Ventilate cabin for a minimum of 8 hours.

Install the Safety Barrier in the Passenger/Crew Door Frame as necessary. Refer to AMM SUBTASK 52-00-00-481-054-A

OPTIONAL: Support the ventilation and air drying process by operating the Low Pressure (LP) Air-Conditioning Ground Cart in the ventilation ("LÜFTEN") modus as possible. Refer to step C01).

E02) If possible - Intermittently operate the air conditioning packs as an alternate to LP Air-Conditioning Ground Cart for improved efficiency. Refer to step C01)

Part F - Close-Up

- F01) Remove Minncare devices, pressure hoses and temperature/humidity sensor from cabin.
- F02) Remove protective foil (or optional AIRLOCK) from flight deck entrance.
- F03) Remove all protective foils/covers from Lavatory Smoke Detectors.
- F04) Check cabin overhead stowage bins and doors for condensation droplets and clean/wipe off with a lint free cloth as necessary.
- F05) Clean/wipe Galley food preparation counter tops with damp cloth.
- F06) Fold up all seat tray tables and in-arm tables.
- F07) Reinstall all loose and emergency equipment.
- F08) Reinstall all loose catering equipment to Galleys.
- F09) Reinstall main cabin curtains.
- F10) Close all Overhead Stowages/ Cabinets / Lavatories / Galley compartments.
Reinstall lavatory door in AFT cabin.
- F11) Disconnect ground equipment (e.g. Air Condition Ground Cart). Refer to AMM.
- F12) Return aircraft back to serviceable condition.

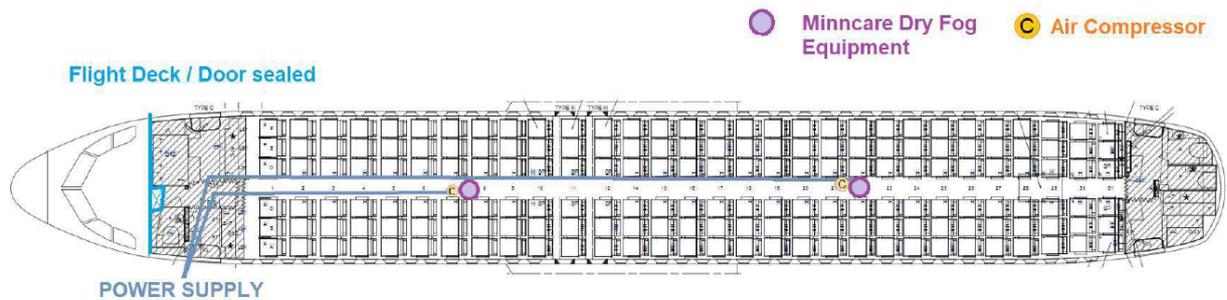


Abbildung 20: Detailansicht der Gerätepositionierung

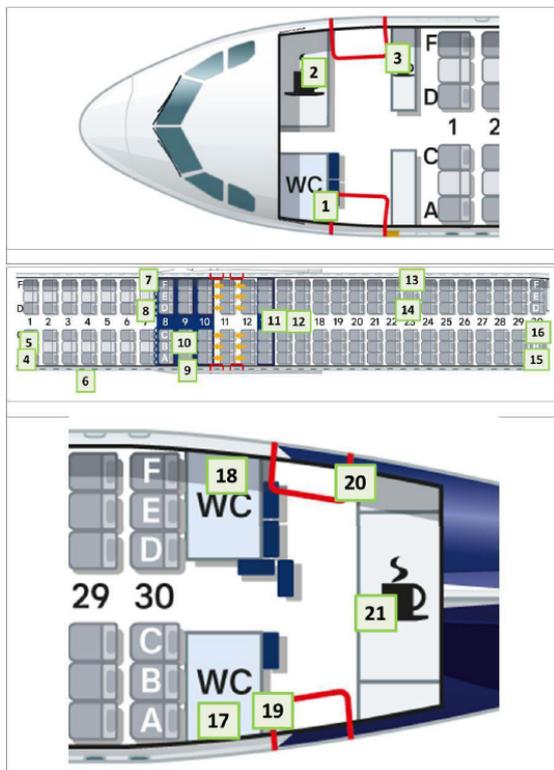


Abbildung 21: Positionierung der Temperatur und Feuchtesensoren