

AIRCRAFT DESIGN AND SYSTEMS GROUP (AERO)

Kontamination des Trinkwassers in Flugzeugen durch Mikroorganismen und Metalle

Mehmet Öcalan

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME
2. Prüferin: Prof. Dr.-Ing. Jutta Abulawi

In Kooperation mit der Lufthansa Technik in Hamburg

Präsentation der Bachelorarbeit

HAW Hamburg: Gebäude D, Raum 218, 2022-24-03

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:18302-aero2021-09-29.015>



Kurzreferat

Zweck – Die Thesis soll einen umfassenden Überblick über das Kontaminationsgeschehen in den Flugzeugtrinkwassersystemen verschaffen sowie deren mögliche Ursachen aufdecken.

Methodik – Die verschiedenen Verunreinigungstypen im Flugzeugtrinkwasser werden recherchiert und ihre Anwesenheit durch zuverlässige Studien und Laborergebnisse überprüft. Desweiteren werden die eingesetzten Desinfektionsverfahren auf ihre Wirksamkeit untersucht.

Ergebnisse – Viele kommerzielle Flugzeuge befördern unsauberes Trinkwasser, welches von den festgelegten Grenzwerten deutlich abweicht. Es kommt nicht selten vor, dass Fluggesellschaften bei konkreten Verdachtsfällen die notwendige Desinfektionsmaßnahme nicht einleiten. Auch vorgeschriebene Folgeuntersuchungen werden oft nicht durchgeführt. Außerdem benötigt das Entkeimen der Flugzeugtrinkwasseranlage öfters mehrere Durchgänge, wodurch die Kosten der Wartung höher ausfallen.

Bedeutung in der Praxis – Trinkwassersysteme müssen in kürzeren Wartungsintervallen untersucht werden, um eine voranschreitende Verunreinigung aufzulösen. Außerdem müssen bessere Überwachungsprogramme ins Leben gerufen werden, die die Passagiere vor kontaminiertem Trinkwasser in Flugzeugen schützen.

Soziale Bedeutung – Passagiere und Besatzungsmitglieder sollten entsprechend der aktuellen Datenlage das Wasser an Bord nicht trinken.

Originalität – Die Arbeit gibt zum ersten Mal einen umfassenden Überblick über die mögliche Kontamination von Trinkwassersystemen an Bord von Flugzeugen.

Kontamination des Trinkwassers in Flugzeugen durch Mikroorganismen und Metalle

Motivation

Verkeimungen in Trinkwassersystemen stellen schon seit Beginn der Luftfahrt ein **imminentes Problem** dar.

Auch bei der Lufthansa Technik nimmt diese Thematik **einen hohen Stellenwert** ein. Jede innovative Lösung wird begrüßt.

Etwa *jede siebte* Untersuchung des Flugzeugtrinkwassers in den USA hat die Anwesenheit von Keimen in einer **hohen Konzentration** bestätigt.

Kontamination des Trinkwassers in Flugzeugen durch Mikroorganismen und Metalle

Inhaltsverzeichnis

- Einleitung
- Mikrobiologische Kontamination von Trinkwassersystemen
- Metallische Kontamination von Trinkwassersystemen
- Chemische Kontamination von Trinkwassersystemen
- Studie über die Flugzeugtrinkwasserqualität
- Systemarchitekturen von Flugzeugtrinkwassersystemen
- Zusammenfassung
- Kontakt
- Literaturverzeichnis

Einleitung

Einleitung

Zeitleiste

(Dr. Weil 2017)

Ist Flugzeugtrinkwasser zu schmutzig zum Trinken?
 "...Tee oder Kaffee von Flugzeugen vermeiden."

(Businessinsider 2019)

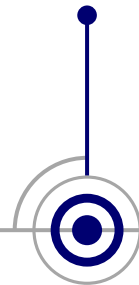
Deshalb trinken Flugbegleiter kein Leitungswasser in Flugzeugen

2013



Flugzeug-Trinkwasser ist „häufig kontaminiert“:
 "EPA findet coliforme Bakterien in 12 % der Fälle."
 (Medicaldaily 2013)

2017



2018



Wasser in Flugzeugen ist im Grunde E.coli-Suppe
 (Weiss 2018)

2019



2021



Coliforme Bakterien im Trinkwasser des neuen Berliner Flughafens gefunden
 (Aviationpros 2021)

Kontamination des Trinkwassers in Flugzeugen durch Mikroorganismen und Metalle

Mikrobiologische Kontamination von Trinkwassersystemen

Mikrobiologische Kontamination von Trinkwassersystemen

Desinfektion von Trinkwasseranlagen

- Flugzeugtrinkwassersysteme: mobile Versorgungsanlage mit Tank und Leitungen (§ 3)
- Desinfektion: im Turnus von drei Monaten
- Entkeimungsverfahren:
 - Herlisil (Wasserstoffperoxid)
 - Ozon
 - Chlordioxid und Chloramin

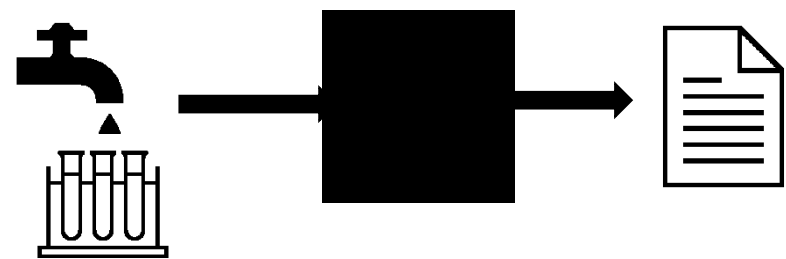


Ozon-Erzeuger (LHT 2016)



Anschluss-Wasserservicepanel (LHT 2016)

Numme	Parameter	Maßeinheit	Grenzwert
1	Escherichia coli	KBE/100 ml	0
2	Enterokokken	KBE/100 ml	0
3	Pseudomonas aeruginosa	KBE/100 ml	0
4	Clostridium perfringens	KBE/100 ml	0
5	Koloniezahl bei 36 °C	KBE/ml	100
6	Koloniezahl bei 22 °C	KBE/ml	1000





Untersuchungsergebnis

Tabelle 1: Mikrobiologische Untersuchung von Trinkwasserproben (nach TrinkwV 2001)

Auftraggeber, Datum: Lufthansa Technik AG, Weg beim Jäger 193, 22335 Hamburg 01.04.2016
 Operator: [redacted] Registration: [redacted] A/C type: A 319
 Entnahmestelle: [redacted] Kundenreferenz: [redacted]
 Probennummer LHT: [redacted] Probenahmedatum/zeit: [redacted] [redacted]
 Probennehmer/in: [redacted] Eingangsdatum/zeit: [redacted] [redacted]
 Auswertung durch: [redacted] Auswertungsdatum: [redacted]
 Probenahme nach DIN TW-System Flugzeug (B)
 EN 19458¹: Desinfektion: ja Perlator entfernt: ja Ablauf (l): > 5
 extern (akkreditiert!)

Trinkwasserparameter:	Ablaufzeit [sec]: > 180	Temperatur [°C]: 12,5	Freies Chlor [mg/l]: 0,09
* sensorische Parameter	nicht getrübt*		geruchlos*

Mikrobiologischer Parameter	Prüfmethode	Konzentration	Einheit	Grenzwert laut TrinkwV 2001
Gesamtkeimzahl bei 36°C	TrinkwV 2001 (2011)	4	KBE/ml	100
Gesamtkeimzahl bei 22°C	Anl. 5 l d) bb) ¹	13	KBE/ml	1000
Escherichia coli	DIN EN ISO 9308-1 ¹	0	KBE/100 ml	0
Coliforme Keime	DIN EN ISO 9308-1 ¹	0	KBE/100 ml	0
Enterokokken	DIN EN ISO 7899-2 ¹	0	KBE/100 ml	0
Pseudomonas aeruginosa	DIN EN ISO 16266 ¹	0	KBE/100 ml	0
Clostridium perfringens	TrinkwV 2001 Anl. 5 ¹	0	KBE/100 ml	0

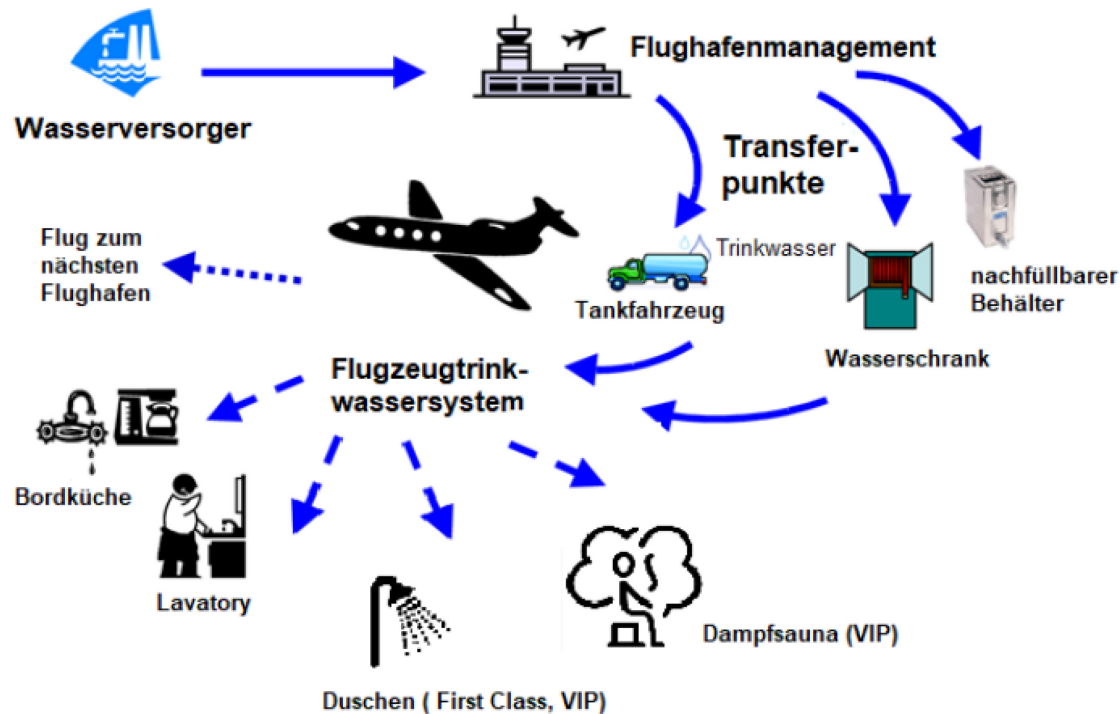
Legende: KBE = Kolonie-bildende Einheiten

Bewertung: Die Qualität der Wasserprobe entspricht den mikrobiologischen Anforderungen der deutschen Trinkwasser-Verordnung vom 21. Mai 2001 (TrinkwV 2001, „Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. August 2013 (BGBl. I S. 2977), die durch Artikel 4 Absatz 22 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist.“) Anhang 1, Teil 1 und Anhang 3, Teil 1. Die Probenahme erfolgte in Übereinstimmung mit der DIN EN ISO 19458:08-2006¹.

Mikrobiologische Untersuchung einer Trinkwasserprobe (LHT 2016)

Mikrobiologische Kontamination von Trinkwassersystemen

Wasserversorgungskette im Luftverkehr



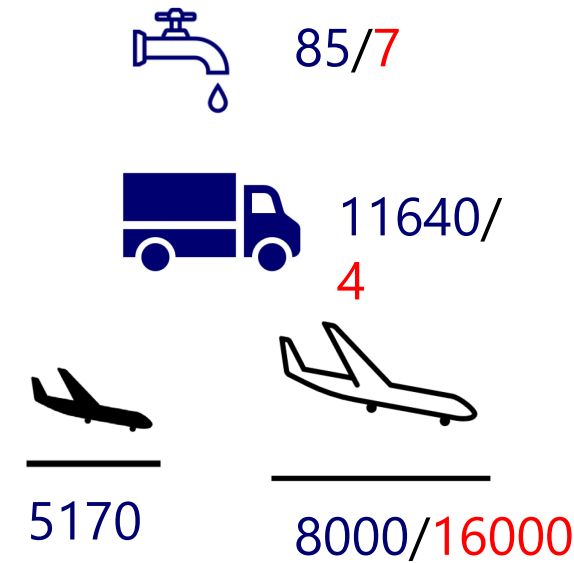
Studie der Universität Limerick

Blau: Versuchsreihe A

2010: 15 Wochen

Rot: Versuchsreihe B

2011: 4 Wochen

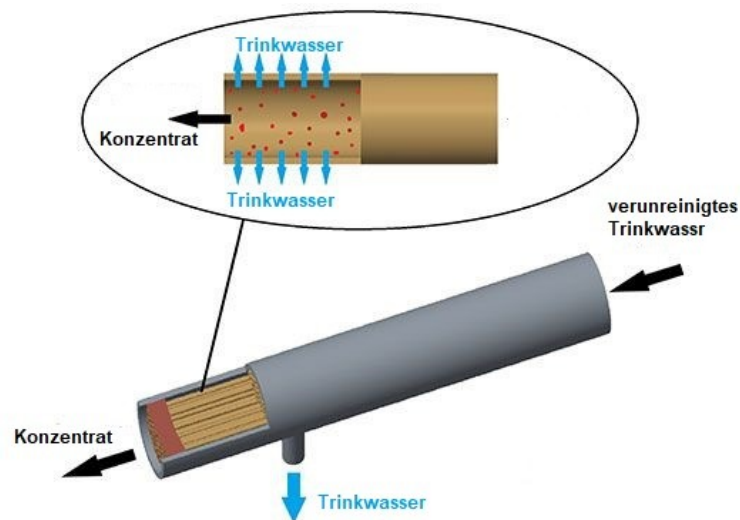


Wasserversorgungskette im Luftverkehr (nach WHO 2009)

Keimkonzentrationen für 22 °C Einheit [KBE/ml]

Mikrobiologische Kontamination von Trinkwassersystemen

Lösungsmöglichkeiten für Keimreduktion



Membranfiltration (nach Hydroblue 2021)



Complex-Testaufbau im hinteren Cargo Compartment (LHT 2016)

Kontamination des Trinkwassers in Flugzeugen durch Mikroorganismen und Metalle

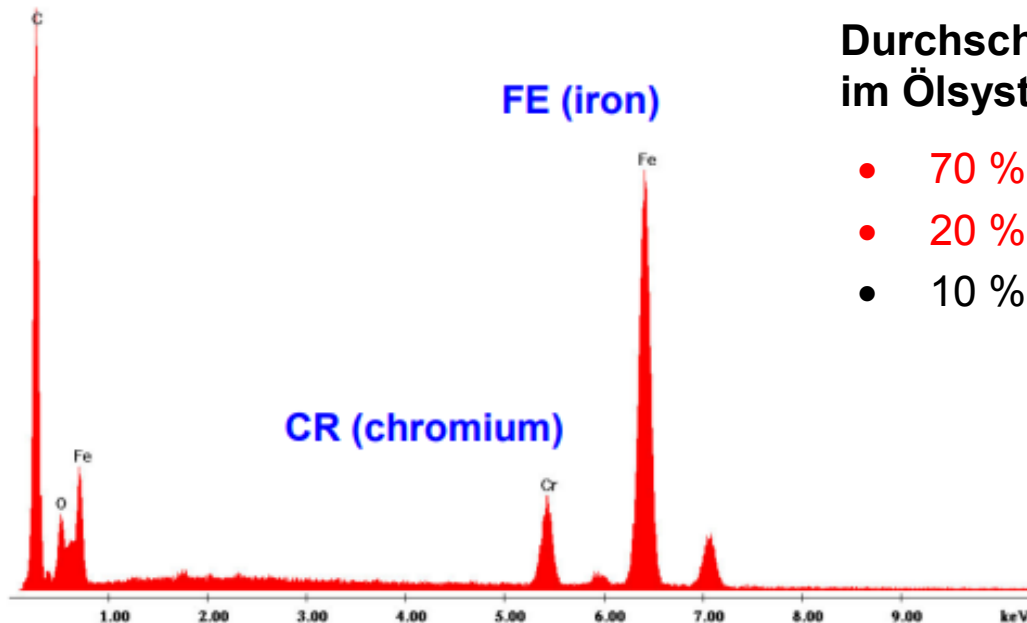
Metallische Kontamination von Trinkwassersystemen

Metallische Kontamination von Trinkwassersystemen

Metallische Verunreinigung des Triebwerköls

Durchschnittliche Verteilung der Partikel im Ölsystem:

- 70 % der Partikel sind kleiner als 5 μm
- 20 % der Partikel sind 5 μm ... 10 μm groß
- 10 % der Partikel sind größer als 10 μm



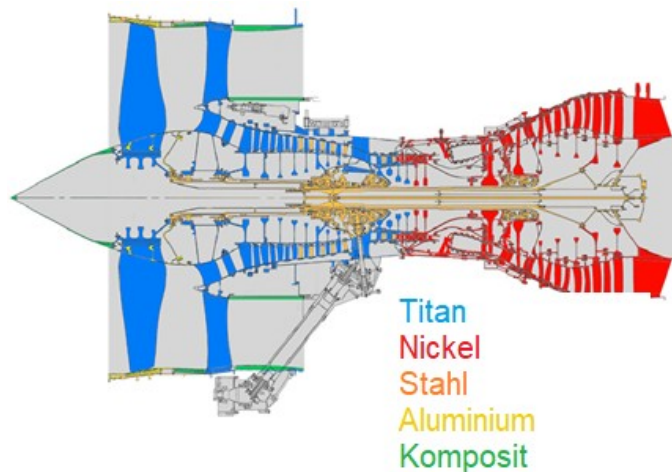
Metallpartikel im Triebwerköl (Scholz 2021a)

Geringe Ölmengen inklusive der Metallpartikel können als Leckagestrom über die Luftleitung in den **Verdichter** gelangen.

Metallische Kontamination von Trinkwassersystemen

Metallische Verunreinigung der Zapfluft/Druckluft

- Nanopathologin Dr. Gatti hat das Schmieröl, den Hepafilter und die Kabinenluft untersucht
- Ergebnis: nervenschädigende Metalle wie Titan, Aluminium und Eisen



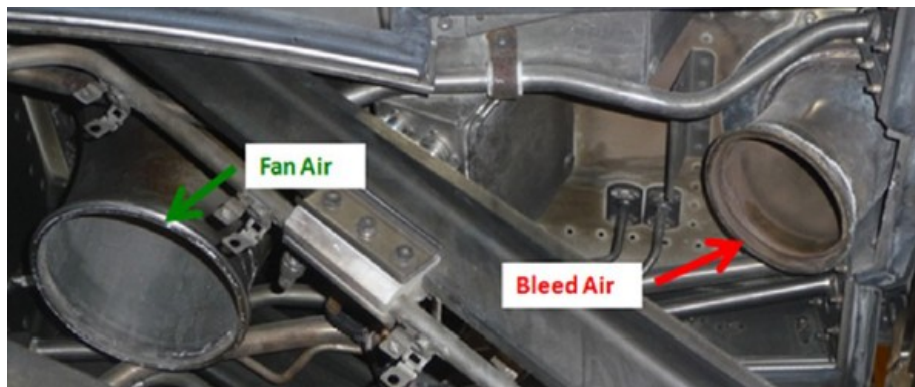
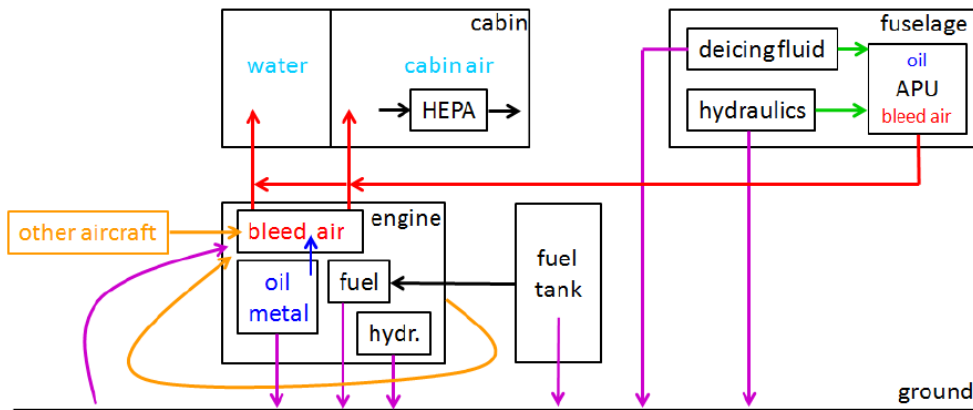
Materialzusammensetzung eines Triebwerks (nach Husband 2007)

Kontamination des Trinkwassers in Flugzeugen durch Mikroorganismen und Metalle

Chemische Kontamination von Trinkwassersystemen

Chemische Kontamination von Trinkwassersystemen

Verschmutzungen im Pneumatiksystem (Scholz 2021)



Kontamination des Trinkwassers in Flugzeugen durch Mikroorganismen und Metalle



Studie über die Kontamination des Flugzeugtrinkwassers

Studie über die Kontamination des Flugzeugtrinkwassers

Hunter College: Trinkwasserqualität von amerikanischen Airlines

Großfluggesellschaften



 13 Airlines

 968 ✈️
 916 ✈️ ...

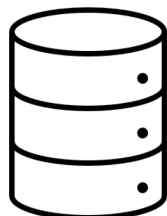


Regionalfluggesellschaften

 10 Airlines

 144 ✈️ ...
 145 ✈️

Abfrage: EPA-Datenbank

 Luftfahrtunternehmen
 • Kennung (Hecknummer)
 • Zeitpunkt

<https://sdwis.epa.gov/ords/arcs/f?p=130:109>

Wichtigsten Kriterien:

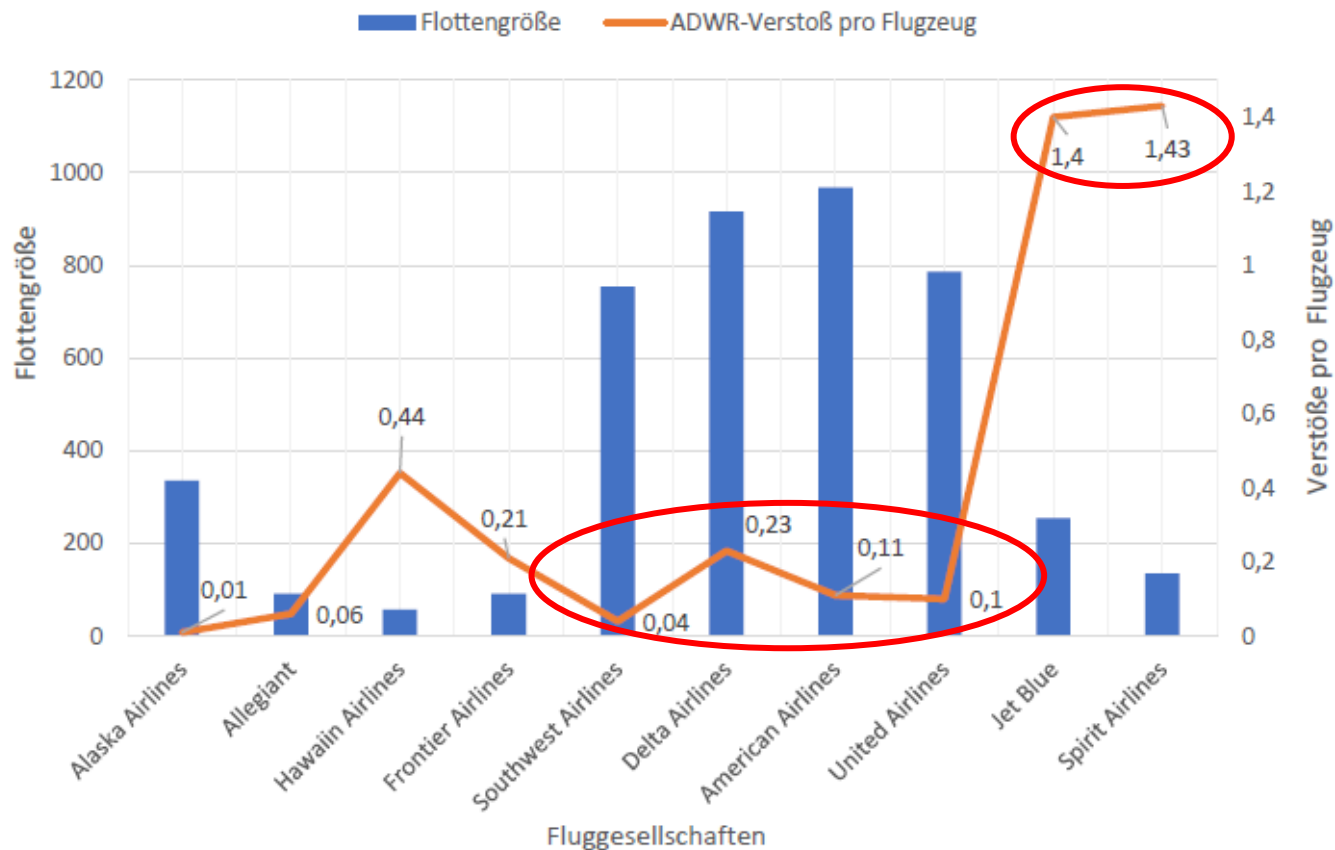
- Flottengröße
- ADWR-Verstöße
- Positive Keimberichte
- Zusammenarbeit



Studie über die Kontamination des Flugzeugtrinkwassers

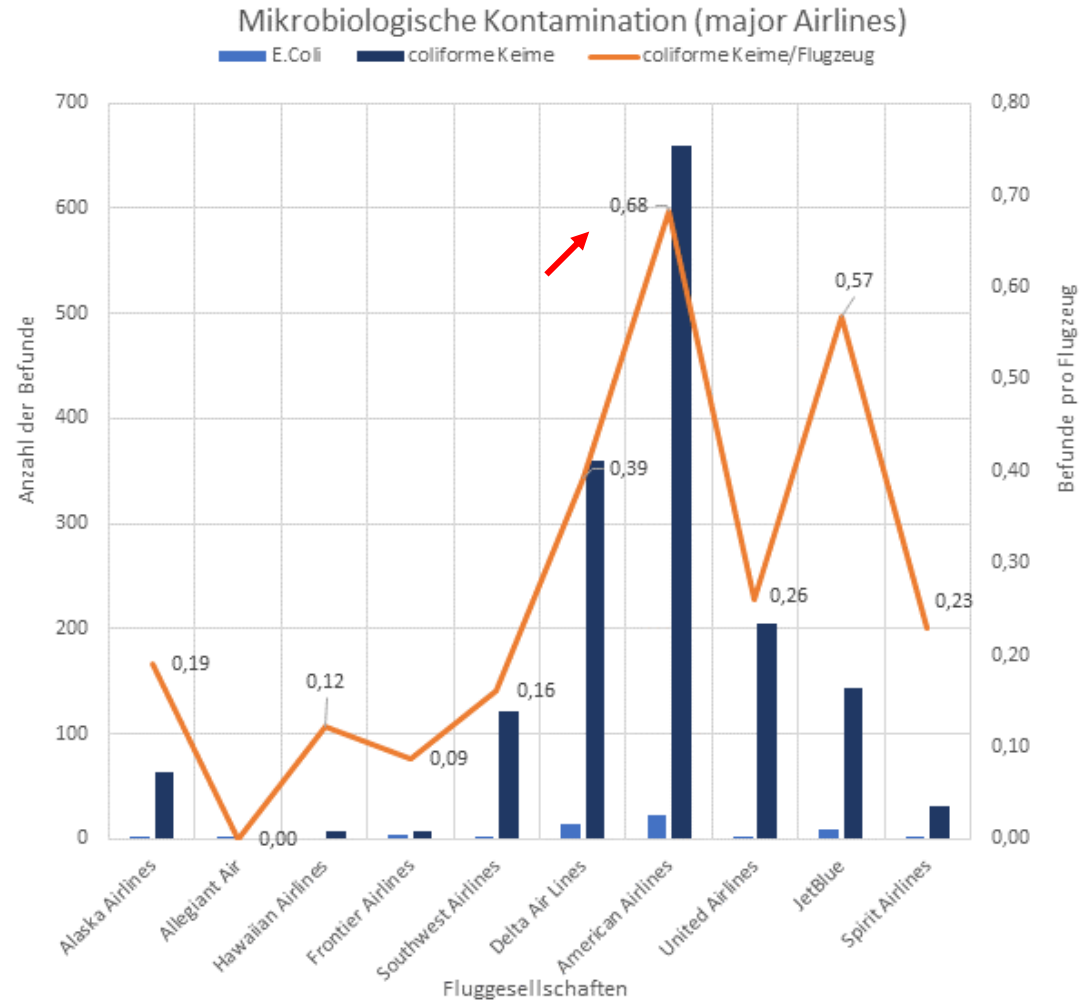
Aircraft Drinking Water Rules Verstöße (Major Airlines)

Flottengröße und ADWR-Verstöße (major Airlines)



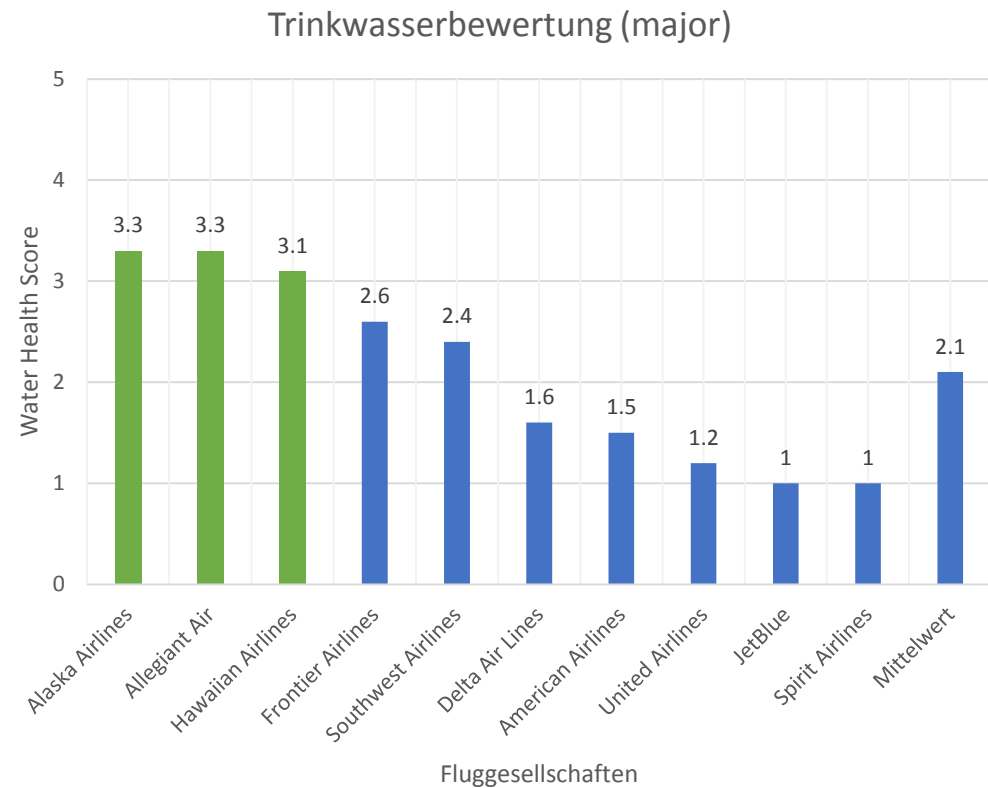
Studie über die Kontamination des Flugzeugtrinkwassers

Mikrobiologische Kontamination des Flugzeugtrinkwassers (Major Airlines)



Studie über die Kontamination des Flugzeugtrinkwassers

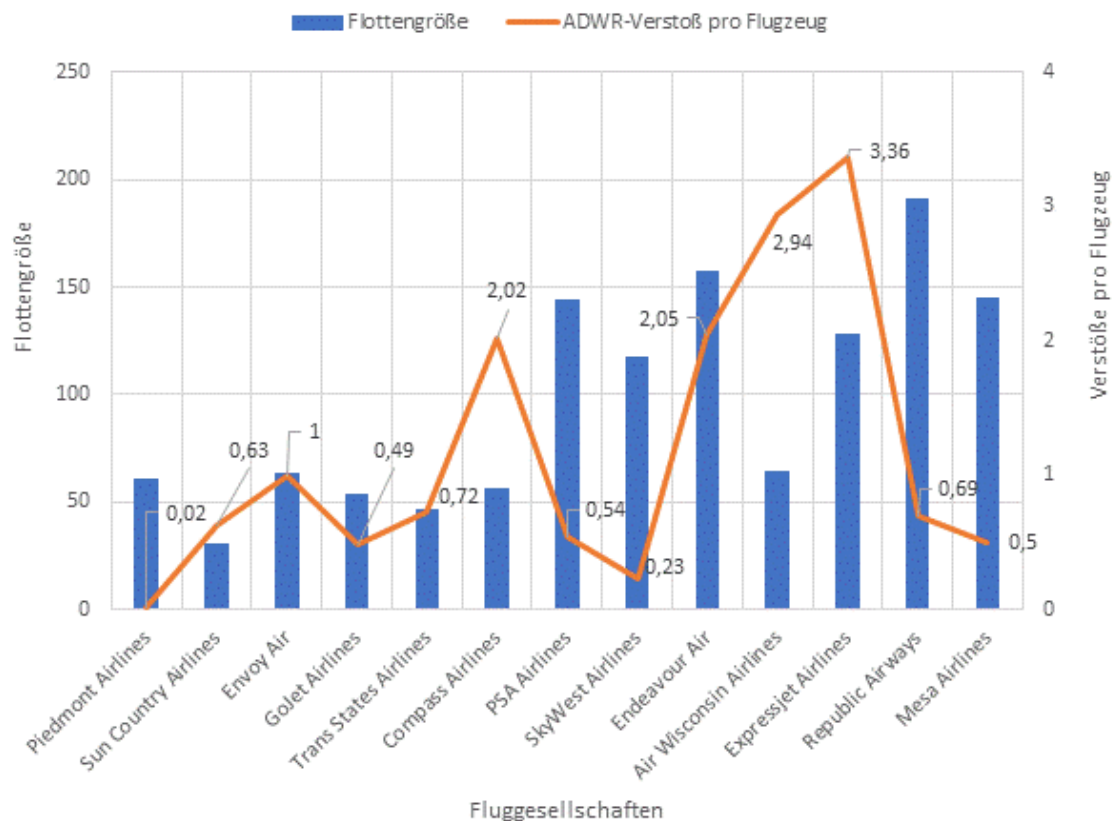
Mikrobiologische Kontamination des Flugzeugtrinkwassers (Major Airlines)



Studie über die Kontamination des Flugzeugtrinkwassers

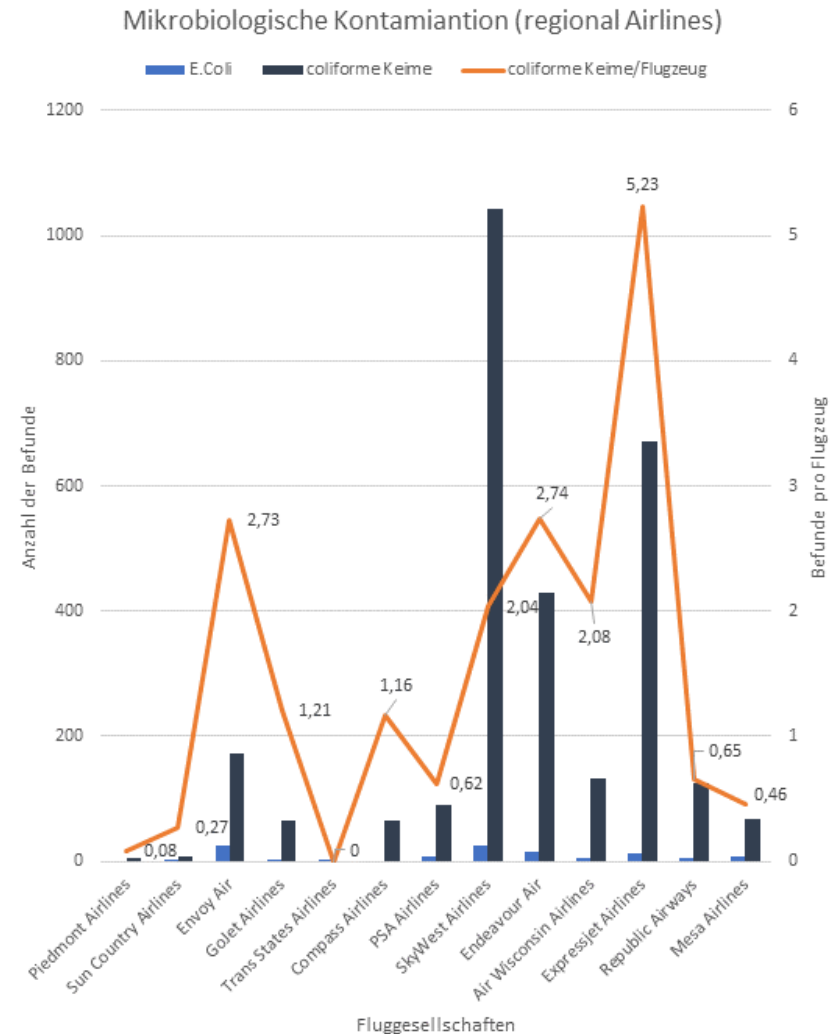
Aircraft Drinking Water Rules – Verstöße (Regionalfluggesellschaften)

Flottengröße und ADWR-Verstöße (regional Airlines)



Studie über die Kontamination des Flugzeugtrinkwassers

Mikrobiologische Kontamination des Flugzeugtrinkwassers (Regional Airlines)



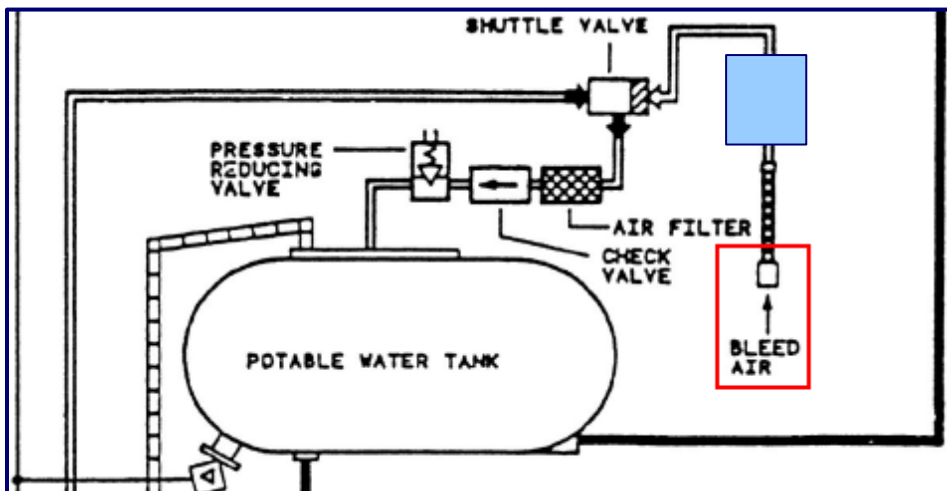
Kontamination des Trinkwassers in Flugzeugen durch Mikroorganismen und Metalle

Systemarchitekturen von Flugzeugtrinkwassersystemen

Systemarchitekturen von Flugzeugtrinkwassersystemen

Bedruckungsarten von Trinkwassersystemen

Flugzeugtyp	Luftversorgung Kabine	Trinkwasserbedruckung
B727, B737, B757, B767, B777	Zapfluft	Zapfluft/Kompressor
B747-8	Zapfluft	Pumpe
B787	Kompressor	Pumpe
A310	Zapfluft	Zapfluft/Kompressor
A320, A330, A340	Zapfluft	Zapfluft/Kompressor(Optional)/ externe Versorgung am Boden
A350	Zapfluft	Zapfluft/Pumpe/ externe Versorgung am Boden
A380	Zapfluft	Kompressor



Booster Pumpe einer A350

Kontamination des Trinkwassers in Flugzeugen durch Mikroorganismen und Metalle

Zusammenfassung

Kontamination des Trinkwassers in Flugzeugen durch Mikroorganismen und Metalle

Zusammenfassung

- **Routineuntersuchungen des Flugzeugtrinkwassers** weisen öfters mikrobiologische Belastungen mit pathogenen Keimen und stellen die Fluggesellschaften *weiterhin* vor besonderen Herausforderungen.
- Insbesondere Flugzeugtrinkwassersysteme mit einer **geringen Nutzungsdauer**, wie z.B. VIP-Flugzeuge benötigen **bessere Überwachungs- und Hygienekonzepte**.
- Die **gesamte Wasserkette im Luftverkehr** sind zu analysieren, um rechtzeitig und präventiv Verkeimungen zu vermeiden.
- **Stichproben an Transferpunkten** vermeiden Verkeimungsketten.
- Eine **professionelle Filterung** im Trinkwassersystem ist von großer Bedeutung, um metallische und chemische Partikel im Trinkwasser auszuschließen.

Kontamination des Trinkwassers in Flugzeugen durch Mikroorganismen und Metalle

Kontakt

Mehmet.Oecalan2@haw-hamburg.de

<http://library.ProfScholz.de>
info@ProfScholz.de

Quote this document:

ÖCALAN, Mehmet, 2022. *Kontamination des Trinkwassers in Flugzeugen durch Mikroorganismen und Metalle*
Präsentation der Bachelorarbeit. Aircraft Design and Systems Group (AERO), HAW Hamburg, 2022-03-24.
Available from: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:18302-aero2021-29-09.015>

© Copyright by Author, CC BY-NC-SA, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



Kontamination des Trinkwassers in Flugzeugen durch Mikroorganismen und Metalle

Literaturverzeichnis

AVIATIONPROS, 2021. Coliform Bacteria Found in Drinking Water at New Berlin Airport.

Verfügbar über: <https://perma.cc/7KEQ-6LBW>

Archiviert als: <https://perma.cc/4KPF-B3DW>

BUSINESSINSIDER, 2019. Here's why flight attendants avoid drinking tap water on airplanes.

Verfügbar über: <https://bit.ly/3NplfHj>

Archiviert als: <https://perma.cc/N6AX-EKKT>

MEDICALDAILY, 2013. Airplane Drinking Water Is 'Frequently Contaminated':

EPA Finds Coliform Bacteria In 12% Of Plane Tap.

Verfügbar über: <https://bit.ly/3LkoWNU>

Archiviert als: <https://perma.cc/4KPF-B3DW>

WEIL, 2017. Is Airplane Water Too Dirty To Drink?.

Verfügbar über: <https://bit.ly/3wNxOYb>

Archiviert als: <https://perma.cc/X87V-LCJM>

WEISS, 2018. Water on airplanes is basically E. coli soup.

Verfügbar über: <https://bit.ly/3ilvYQ4>

Archiviert als: <https://perma.cc/PK77-J7PC>