

Hintergrund

Warum das Trinkwasser an Bord von Flugzeugen vielfach verunreinigt ist

Exklusiv für airliners+ Abonnenten

Das "Trinkwasser" an Bord von Flugzeugen ist oftmals mit Keimen und chemischen Stoffen verunreinigt. Zwar müssen Fluggesellschaften regelmäßig Wasserproben entnehmen und die Leitungen säubern sowie desinfizieren, doch oft genug reichen die Maßnahmen nicht. Prof. Dr. Dieter Scholz erklärt die Gründe dafür.

Von Prof. Dr. Dieter Scholz



© Adobe Stock / Blue Planet Studio

Trinkwasser ist an Bord von Flugzeugen wichtig, denn fehlende Flüssigkeit kann Auswirkungen auf die Gesundheit von Passagieren und Crew haben. Die relative Luftfeuchtigkeit ist in Flugzeugkabinen gering. Daher sollte im Flug besonders auf Flüssigkeitsaufnahme geachtet werden. Doch Passagierflugzeuge haben oft unsauberes Trinkwasser an Bord. Dabei werden Grenzwerte teilweise deutlich überschritten, wie Untersuchungen zeigen. Es gibt Fluggesellschaften, die bei Verdachtsfällen die notwendige Desinfektionsmaßnahme nicht einleiten. Auch vorgeschriebene Folgeuntersuchungen werden nicht immer durchgeführt.

Ein lange bekanntes Problem

Mikroorganismen (Parasiten, Bakterien, Pilze und Viren) im Trinkwasser von Flugzeugen stellen seit Beginn der Luftfahrt ein Problem dar, weil sie Infektionen auslösen können. Fachartikel beschreiben das Problem seit mindestens 20 Jahren. Die niederländische Luftverkehrsgesellschaft KLM berichtete im Jahr 2001, dass Legionellen im Wassersystem an Bord eines Flugzeuges festgestellt wurden.¹

Das Wasser aus den Flugzeugtanks wird dennoch regelmäßig als Trinkwasser gereicht, zur Zubereitung von Tee, Kaffee genutzt oder zum Anmischen von Säften oder sonstigen Getränken. Auch für die Zubereitung von Suppen kommt es zum Einsatz. Doch auch Menschen, die das Wasser an Bord nicht trinken, kommen damit in Kontakt. Es wird benutzt, um beispielsweise warme Tücher zu befeuchten, zum Händewaschen oder Zähneputzen.

Das kurzzeitige Erhitzen des Trinkwassers an Bord beim Durchlaufen einer Kaffeemaschine ist keine sichere Maßnahme, um alle Mikroorganismen im Wasser unschädlich zu machen, auch wenn dabei schon viele Bakterien abgetötet werden können. Die Meinungen gehen recht weit auseinander, welche Dauer beim Abkochen in Meereshöhe erforderlich ist und wie lange man Wasser in größeren Höhen abkochen sollte. Einige Viren werden erst nach drei Minuten sicher abgetötet. Bakterien sterben schneller.

Das Auswärtige Amt empfiehlt², das Wasser drei Minuten lang zu kochen. Dazu sollte das Wasser in allen Bereichen des Topfes sprudeln.

Mit zunehmender Höhe sinkt der Luftdruck. In einer (Kabinen-)Höhe von 8000 Fuß (2400 Meter) beträgt der Druck 753 Hektopascal und das Wasser erreicht eine Temperatur von 92 Grad Celsius. Der Temperaturabfall gegenüber den 100 Grad Celsius am Boden ist also gering. Nach World Health Organization, WHO³ ist es ausreichend, Wasser einmal zum Kochen zu bringen und dann abkühlen zu lassen. Das Centers for Disease Control and Prevention der USA, CDC empfiehlt⁴, das Wasser eine Minute lang zu kochen. In einer Höhe von 6500 Fuß werden drei Minuten empfohlen.

Legionellen sind weltweit das größte wasserbedingte Infektionsproblem. Sie sind in Trinkwasserversorgungsanlagen

allgegenwärtig und vermehren sich besonders im warmen Wasser. Übertragen werden sie am leichtesten durch zerstäubtes Wasser und gelangen so in die Lunge, in der sie je nach ihrer Menge und dem Gesundheitszustand des Patienten eine möglicherweise schwere Lungenentzündung hervorrufen, die unbehandelt tödlich sein kann. Fäkale Keime können Durchfall verursachen.

Bakterien vermehren sich stärker in Flugzeugen mit geringer Nutzung. Besonders in Zeiten der Corona-Pandemie werden viele Flugzeuge über mehrere Monate geparkt oder gelagert. Hierfür werden die Wassersysteme gemäß den Handbüchern

entleert, es verbleibt aber eine nicht vermeidbare Restmenge an Flüssigkeit im Tank und im Leitungssystem. Dadurch können sich Bakterien auch während des Parkens der Luftfahrzeuge im Wassersystem bilden, was Probleme bei der Wiederinbetriebnahme aufwerfen kann.

Probleme verursachen neben Bakterien aber auch Metallpartikel. Metallischer Abrieb aus dem Triebwerk ist eine potentielle Gefahr, weil metallische Partikel über das Triebwerksöl in das Wassersystem gelangen können. Dies ist möglich, weil in vielen Flugzeugtypen Zapfluß aus dem Triebwerksverdichter über das Pneumatiksystem zum Druckaufbau in den Wassertanks genutzt wird.

Über den Autor

Prof. Dr. Dieter Scholz ist Professor für Flugzeugentwurf, Flugzeugsysteme und Flugmechanik an der HAW Hamburg (Hamburg University of Applied Sciences). Er ist dort Leiter der Aircraft Design und Systems Group (AERO) und engagiert sich zum Thema "Luftfahrt und Gesellschaft". Er ist Mitglied in der Acare Working Group 3 "Environment & Energy". Kontakt⁵



Entsprechend der Verbräuche ergibt sich die Anzahl und Größe der Wassertanks in den Passagierflugzeugen. Ein Kurzstreckenflugzeug kommt mit einem Wassertank von 200 Litern (oder weniger) aus, während ein Airbus A380 sechs Wassertanks mit insgesamt 1700 Litern hat. Als Option bot Airbus acht Wassertanks mit 2266 Litern an.

Wie auch im Haushalt wird zwar die geringste Menge des Trinkwassers in Flugzeugen wirklich getrunken. Bei Auslegung und Betrieb der Wassertanks von Flugzeugen mit einer Vakuumtoilettenanlage rechnet man mit einem durchschnittlichen Wasserverbrauch von 0,2 Liter pro Passagier je Flugstunde. Diese Menge setzt sich zusammen aus:

- 0,11 Liter/Passagier/Flugstunde – verbraucht am Waschbecken,
- 0,07 Liter/Passagier/Flugstunde – genutzt zur Toiletten-spülung von Vakuumtoiletten,
- 0,02 Liter/Passagier/Flugstunde – verbraucht in der Küche.

Das Trinkwasser an Bord sorgt für zusätzliches Gewicht. Daher sind die resultierenden Kraftstoffkosten für den Transport des Trinkwassers nicht unerheblich. Um Kosten zu sparen, wird nur so viel Trinkwasser mitgenommen, wie voraussichtlich benötigt wird, zuzüglich Reserven.

Die Trinkwasseranlage liefert Trinkwasser zu Wasserhähnen und Kaffeemaschinen in den Küchen (galleys), zu Wasserhähnen und (in einigen Fällen) zu den Toilettenschüsseln in den Waschräumen. Das Wasser wird in Tanks aus Faserverbundwerkstoffen gespeichert. Mengengeber am Behälter messen die Wassermenge im Tank. Das Ergebnis wird der Kabinenbesatzung angezeigt.

Das Verteilersystem liefert Wasser über Rohrleitungen zu den Verbrauchsstellen. In kritischen Bereichen werden Leitungen und Ventile vor dem Einfrieren durch Isolierung und elektrische Heizelemente geschützt. Trotzdem muss das Wasser abgelassen werden, wenn das Flugzeug nachts bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt geparkt wird.

Quellen und Leseempfehlungen:

Öcalan, Mehmet, 2021: Kontamination des Trinkwassers in Flugzeugen durch Mikroorganismen und Metalle⁶. Bachelorarbeit. HAW Hamburg, Aircraft Design and Systems Group (AERO).

Scholz, Dieter, 2022: Routes of Aircraft Cabin Air Contamination from Engine Oil, Hydraulic and Deicing Fluid⁷. In: INCAS BULLETIN, 14(1), pp.153-170.

Airlines müssen die Trinkwasserverordnung beachten

Deutsche Luftverkehrsgesellschaften müssen die deutsche Trinkwasserverordnung (TrinkwV)⁸ beachten. Um die Abwesenheit von Krankheitserregern nachzuweisen, wird in Deutschland eine Wasserprobe auf vier Indikatorkeime untersucht. Die Indikatorkeime sind *Escherichia coli*, *Enterokokken*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Clostridium perfringens*.

Die ersten drei Indikatorkeime sind die klassischen fäkalen Keime. Eine Untersuchung auf Legionellen ist bei Wassererwärmungsanlagen erforderlich. Die Trinkwasserverordnung schreibt für geringe Wasserabgabemengen von weniger als zehn Kubikmetern pro Tag (wie im Flugzeug) nur eine jährliche Prüfung vor. Das ist eigentlich zu wenig, weil das Ergebnis einer Prüfung immer nur eine Momentaufnahme ist. Um die Gefahrenabwehr besser zu gestalten, sind Tests in Zeitabständen von drei Monaten oder weniger geeignet.

Wichtig ist, die Trinkwasserversorgungskette im Luftverkehr (WHO, 2009⁹) zu verstehen. Die Trinkwasserversorgungskette reicht vom Wasserversorger bis zur Entnahmestelle im Flugzeug. Besondere Beachtung findet dabei das Flugzeugtrinkwassersystem.

Wasser aus verschiedenen Ländern gleichzeitig im Tank

Flughäfen werden durch den örtlichen Wasserversorger mit Trinkwasser beliefert. Das Wasser ist so gut, wie es gemäß der Vorschriften in den jeweiligen Ländern sein sollte. Länder mit Wassermangel, schlechter Wasserinfrastruktur und Trinkwasserqualität verursachen hier bereits Probleme.

Von Reisen in andere Länder ist bekannt, dass man das Wasser aus der Leitung nicht überall trinken sollte. Stattdessen besorgt man sich dann Wasser im Lebensmittelladen in Flaschen. Gelegentlich wird selbst von der Nutzung des Leitungswassers zur Zahnpflege abgeraten. Es bleibt dann nur die Verwendung des Leitungswassers zum Waschen oder zum Duschen (mit geschlossenem Mund).



Viele Airlines setzen zumindest bei Kaltgetränken auf versiegelte Ware.
© Lufthansa

Wasser von so beschriebener Qualität gelangt aber in die Wassertanks von Flugzeugen und wird dort "Trinkwasser" genannt. Am nächsten Flughafen werden die Trinkwassertanks aufgefüllt. Für jeden Flug ist der Startflughafen bekannt, daraus kann der Passagier aber nicht die Ursprungsländer des Trinkwassers im Tank erkennen, weil das Trinkwasser eine Mischung aus verschiedenen Ländern sein kann.

Der "Iata Drinking-Water Quality Pool"

Ab der Übergabestelle am Flughafengebäude hat der Betreiber des Airports dafür zu sorgen, dass das Trinkwasser sauber bleibt. Der Flughafen sollte das Trinkwasser alle drei Monate auf die Anwesenheit von biologischen Parametern und zusätzlich zweimal im Jahr auf chemische Parameter testen.

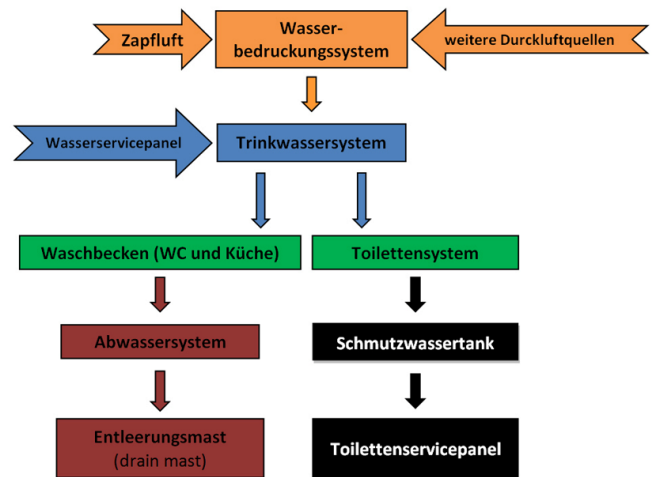
Einige Airlines der Iata haben sich im "Iata Drinking-Water Quality Pool"¹⁰ (IDQP) zusammengeschlossen. Der IDQP hat den Qualitätsstandard "IDQP Terms of Reference" festgelegt, unter anderem zur Durchführung der Inspektionen an Bord und an Flughäfen. Im IDQP werden die Ergebnisse der Audits, die auf der ganzen Welt Trinkwasserqualität an Flughäfen messen, den IDQP-Mitgliedern zugänglich gemacht, jedoch nicht den Passagieren. Der IDQP-Qualitätsstandard ist im Airport Handling Manual¹¹ (AHM) enthalten.

Am Flughafen gibt es Wassertransfergeräte. Dazu gehören Wassertankfahrzeug und Wasserschränk, der fest mit dem Flughafengebäude verbunden ist. Typischerweise wird das Flugzeug über ein Wassertankfahrzeug mittels einer Schlauchverbindung versorgt. Der Tank des Tankfahrzeugs wird täglich gespült, um das Risiko einer Kontamination so weit wie möglich zu reduzieren. Wichtige Bereiche des Tankfahrzeugs werden monatlich kontrolliert.

Beim Befüllen der Flugzeugwassertanks durch ein Wassertankfahrzeug ist darauf zu achten, dass der Vorgang nur über einen Rückflussverhinderer stattfindet, da ansonsten kontaminiertes Trinkwasser aus dem Flugzeug in den Behälter des Tankfahrzeugs gelangen könnte. Wichtig ist zudem, dass der Befüllvorgang immer vor dem Ablassen des Abwassertanks stattfindet, da ansonsten das Trinkwasser durch infektiöse Aerosole verunreinigt werden könnte.

Bedruckung des Wassertanks mit potenziell kontaminierter Zapfluft

Der Wassertank im Flugzeug wird in der Regel mit Druckluft beaufschlagt, damit das Wasser unter diesem Druck über die Wasserleitungen zu den Verbrauchern gelangen kann. Standardmäßig wird der Wassertank mit dem Druck aus dem Pneumatiksystem beaufschlagt, wobei das Pneumatiksystem mit potenziell kontaminierter Zapfluft aus dem Triebwerkskompressor oder mit Druckluft des Hilfstriebwerkes (APU) versorgt wird. Auch andere Druckquellen werden genutzt.



Systematik des Wasser- und Abwassersystems von Passagierflugzeugen.

© Prof. Dr. Dieter Scholz

Das Trinkwasser wird zum Beispiel in den Küchen zum Zubereiten von Kaffee und Tee genutzt. Weiterhin wird es in Waschbecken (in Küche und WC) sowie zur Spülung der Vakuumtoiletten verwendet. Wasser aus den Waschbecken verlässt das Flugzeug direkt nach außen. Die Vakuumtoiletten werden in den Schmutzwassertank entleert.

Mögliche Nutzung von Trinkwasser an Bord

- Zubereitung von Heiß- und Kaltgetränken wie Kaffee, Tee und Getränkepulver
- Zubereitung von dehydrierten Lebensmitteln wie Suppen, Nudeln und Säuglingsnahrung
- Direkte Einnahme aus Kaltwasserhähnen und Wasserfontänen
- Einnahme von Medikamenten
- Zähneputzen in Toiletten
- Händewaschen in Toiletten und Bordküchen
- Reinigung von Utensilien und Arbeitsbereichen
- Vorbereitung heißer, feuchter Handtücher zum Hände- und Gesichtswaschen
- Direktes Waschen des Gesichts in Toiletten
- Duschereinrichtungen an Bord

Verschiedene Flugzeugtypen, verschiedene Systeme für Wasserdruck

Die folgende Tabelle zeigt die Quellen der Trinkwasserbedruckung. Flugzeuge wie die Boeing 737 und der Airbus A320 bedrücken das Trinkwassersystem mit Zapfluft. Boeing baut zusätzlich einen Kompressor ein, um den Druck im Wassersystem sicherzustellen, wenn es keine Zapfluft aus

den Triebwerken oder der APU gibt, jedoch Strom an Bord verfügbar ist, zum Beispiel am Gate. Airbus hingegen bietet den Kompressor als Option an.

Der Trend geht dahin, die Zapfluftbedruckung durch Pumpen und eigenständige Kompressoren abzulösen. Boeing stattet seine neuesten Trinkwassersysteme in der 747-8 und 787 mit elektrischen Pumpen aus.

Quellen der Trinkwasserbedruckung

Flugzeug- typ	Luftversor- gung der Kabine	Druckquellen der Trinkwasserbe- druckung
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 (Option) / externe Versorgung am Boden
A350	Zapfluft	Zapfluft / Pumpe / externe Versorgung am Boden
A380	Zapfluft	Kompressor

Diese Tabelle zeigt die Quellen der Trinkwasserbedruckung an Bord verschiedener Flugzeugmuster. Die Bedruckung mit Zapfluft kann zur Kontamination des Trinkwassers führen.
Quelle: Prof. Dr. Dieter Scholz

Chlor als Schutz gegen Keime

Innerhalb der Trinkwasseranlage ist dafür zu sorgen, dass das Leitungswasser nicht wärmer als 20 Grad Celsius wird, da sich die Mikroorganismen bis zu einer Temperatur von 45 Grad Celsius bei ausreichendem Nährangebot stark vermehren können. Ein langer Aufenthalt des Flugzeuges in subtropischen Gebieten kann zu einer Erhöhung der Trinkwassertemperatur führen, weshalb in solchen Situationen eine Zunahme der Keime unvermeidbar ist.

Eine regelmäßige Wartung der Trinkwasseranlage beinhaltet die Untersuchung nach Undichtigkeiten, Ablagerungen und korrosiven Stellen. Eine ausreichende Konzentration von Chlor im Trinkwasser bietet einen gewissen Schutz gegen Keime. Die deutsche Trinkwasserverordnung erlaubt nur 0,3 Milligramm Chlor pro Liter Trinkwasser. In den USA hingegen wird das Leitungswasser mit bis zu vier Milligramm Chlor pro Liter Trinkwasser versetzt.

Eine Desinfektion von Trinkwasseranlagen wird im Turnus von drei Monaten durchgeführt. Anschließend wird die Anlage auf die Anwesenheit von Indikatorkeimen untersucht. Die Desinfektion ist ein technisches Vorgehen, um Mikroben in der gesamten Anlage zu eliminieren. Es stehen verschiedene Entkeimungsverfahren zur Auswahl. Die Maßnahmen werden in den Wartungshandbüchern (Aircraft Maintenance Manual, AMM) definiert. Die gesetzlichen Vorgaben sind die zu beachtenden Mindeststandards.

Mögliche Desinfektionsmittel (gemäß eines AMM von Airbus) sind:

- Wasserstoffperoxid (H_2O_2)
- Ozon (O_3)
- Chlordioxid (ClO_2) und Chloramin (NH_2Cl , $NHCl_2$, NCl_3)
- Calciumchlorit ($Ca(ClO_2)_2$) und Natriumchlorit ($NaClO_2$)

Gegenüberstellung der einzelnen Desinfektionsverfahren

Desinfektionsmittel

Desinfektionsmittel	Wirksamkeit	Negative Einflüsse
Wasserstoffperoxid	befriedigend: hemmt Wachstum	gering: vereinzelt Lochkorrosionen
chlorhaltige Chemikalien	gut: zuverlässige Entkeimung; lange Depotwirkung	starke Beanspruchung der Schweißnähte, Dichtungen und Lötstellen; Loch- und Spannungskorrosionen treten öfter auf
Ozon	sehr gut: reaktiver als chlorhaltige Chemikalien; kurze Depotwirkung	geringe Beanspruchung von Gummierzeugnissen; minimale Korrosionsförderung

Diese Tabelle zeigt die verschiedenen Desinfektionsverfahren, ihre Wirksamkeit und Nachteile. Quelle: Prof. Dr. Dieter Scholz

US-Airlines müssen regelmäßig desinfizieren, spülen und testen

In den USA gilt die Aircraft Drinking Water Rule¹² (ADWR) von 2011. Die ADWR verlangt von Fluggesellschaften, Proben aus ihren Wassertanks zu entnehmen, um sie auf die Gesamtmenge der coliformen Bakterien und mögliche E. coli zu testen.

US-Fluggesellschaften sind außerdem verpflichtet, die Wassertanks jedes Flugzeugs viermal pro Jahr zu desinfizieren und zu spülen. Alternativ kann eine Fluggesellschaft entscheiden, einmal im Jahr zu desinfizieren und zu spülen, muss dann aber monatlich testen.

Wenn die Wasserprobe eines Flugzeugs positiv auf Colibakterien getestet wird, muss erneut getestet werden, um festzustellen, ob E. coli vorhanden ist. Wenn keine E. coli vorhan-

den sind, muss die Fluggesellschaft innerhalb von 24 Stunden Wiederholungsproben entnehmen sowie das Wassersystem innerhalb von 72 Stunden desinfizieren und spülen. Die Fluggesellschaft kann das Wassersystem auch innerhalb von 72 Stunden abschalten und dann desinfizieren und spülen.

Wenn die Probe E. coli-positiv ist, muss die Fluggesellschaft den öffentlichen Zugang zum Wassersystem innerhalb von 24 Stunden sperren, desinfizieren und spülen. Airlines müssen in den USA ihre ADWR-Daten an die Environmental Protection Agency (EPA) liefern. Die Daten werden in einer Datenbank vorgehalten, die im Internet abgefragt werden kann¹³. So kann man zum Beispiel sehen, dass Delta Air Lines seit 2012 insgesamt 31-mal eine Warnung an Passagiere herausgeben musste, dass das Wassersystem wegen Kontamination nicht benutzt werden darf (Public Notice: Restrict Public Access).

Wasser trotzdem oftmals mit Keimen verunreinigt

In einer 2004 durchgeführten Studie der US-Environmental Protection Agency (EPA) wurden 327 Passagierflugzeuge zufällig getestet. Die EPA analysierte Trinkwasserproben aus Küchen und Toiletten auf Colibakterien (bei positivem Ergebnis wurde die Probe auf E. coli getestet). 49 Flugzeuge (15 Prozent) zeigten Colibakterien und zwei Flugzeuge (4,1 Prozent) von diesen coliform-positiven Flugzeugen wurden auch positiv auf E. coli getestet.



Lieber nicht: Kaffee im Flugzeug wird in der Regel mit Bordwasser zubereitet.

© Adobe Stock / bignai

21 Prozent der getesteten Flugzeuge hatten einen nicht nachweisbaren Chlorrückstand und waren daher ungeschützt gegenüber Keimen. Wasser in Flugzeugen wurde durch Health Canada in 2006 getestet. 15,1 Prozent der Flugzeuge waren positiv auf Colibakterien und 1,2 Prozent positiv auf E. coli (Seite 9).⁹

Die "Airline Water Study"¹⁴ aus dem Jahr 2019 vom Hunter College NYC Food Policy Center zeigt, dass viele Flugge-

sellschaften Passagieren ungesundes Wasser zur Verfügung gestellt haben, und stellt fest, dass die EPA selten Strafen gegen Fluggesellschaften, die gegen die ADWR verstoßen, verhängt.

Am schlechtesten hatte Expressjet Airlines (bekannt als United Express) abgeschnitten. Die Airline verfügt über eine Flotte von 128 Maschinen. Zwischen 2012 und 2019 verstieß die Airline 430-mal gegen die ADWR. Pro Flugzeug beträgt die durchschnittliche Anzahl von ADWR-Verstößen damit 3,36. Zwölfmal wurden die Wasserproben in diesem Zeitraum positiv auf E. coli getestet, 679-mal positiv auf Coliforme. Expressjet hatte die höchste durchschnittliche Anzahl von Verstößen.

Zudem hatte die Airline eine sehr hohe Anzahl von Verstößen wegen Nichtdurchführung der Routineüberwachung, erforderlicher Korrekturmaßnahmen und Nichterhebung von Wiederholungs- oder Folgeproben eines coliform-positiven Ergebnisses.

Wasserqualität nimmt entlang der Versorgungskette ab

Eine Publikation der Universität Limerick¹⁵ stellt Messergebnisse vor. Die Gesamtkeimzahl zwischen der Quelle des Wasserversorgungsfahrzeugs und seiner Wasserabgabe nahm stark zu. Die mikrobielle Qualität des Wassers nimmt also entlang der Wasserversorgungskette ab, was keine Überraschung ist.

Je schlechter das Wasser im Tankfahrzeug, desto schlechter ist auch das Wasser an Bord. Die Gesamtkeimzahl steigt mit der Temperatur des Wassers an. Das untersuchte Langstreckenflugzeug hatte eine schlechtere mikrobielle Wasserqualität als das untersuchte Kurzstreckenflugzeug.



Kein Trinkwasser: Ein Sticker über dem Handwaschbecken auf einer Flugzeugtoilette warnt vor dem "Trink"-wasser an Bord.

© Adobe Stock / rand.moment

Die Studie zeigt die vielfältige Natur von Bakterien, die im Wassersystem von Flugzeugen vorkommen. Die dargestell-

ten Bakterien fielen nicht in die gefährlichen infektiösen Mikroorganismenkategorien. Dennoch haben die Bakterien, die in der Studie bestimmt wurden, das Potenzial, in bestimmten Sektoren der reisenden Bevölkerung, einschließlich immungeschwächter Personen, Krankheiten zu verursachen.

Eine Untersuchung eines VIP-Flugzeugs zeigte dessen hartnäckige Verkeimung. VIP-Flugzeuge werden nur gelegentlich für Langstrecken genutzt und parken die meiste Zeit auf dem Vorfeld. Der geringe Wasserdurchfluss durch das Trinkwassersystem fördert die Verkeimung, da sich Keime in stehendem Wasser am besten vermehren können. Nach einer Probenentnahme wurde die Anzahl koloniebildender Einheiten (KBE) ermittelt und das Wassersystem mit Ozon desinfiziert. Wieder wurde eine Probe entnommen und mit Wasserstoffperoxid desinfiziert. Erst nach einem weiteren Durchlauf erfüllten die Werte die Trinkwasserverordnung. In der folgenden Tabelle sind die nicht-konformen Werte rot dargestellt.

Pseudomonas aeruginosa			Desinfektionsverfahren
max. 0 KBE/ml	Anzahl bei 22°C max. 1000 KBE/ml	Anzahl bei 36°C max. 100 KBE/ml	
63	372	880	Ozon
3	0	2	Wasserstoffperoxid
13	2	47	Wasserstoffperoxid
0	18	18	–

Diese Tabelle zeigt das Ergebnis drei aufeinanderfolgenden Desinfektionen des Wassers an Bord eines VIP-Flugzeugs; in Rot die nicht-konformen Werte.

© Prof. Dr. Dieter Scholz

Dieser Fall zeigt deutlich, dass Folgeuntersuchungen wichtig sind, um den Erfolg der Desinfektion zu garantieren. Es kommt nicht selten vor, dass Flugzeuge nach einmaliger Desinfektion die Anforderungen der Trinkwasserverordnung immer noch nicht erfüllen. Schon kleine Abweichungen bei der Durchführung der Desinfektion können das Ergebnis negativ beeinflussen und die Verkeimung eventuell sogar fördern. Daher ist es ratsam, die Wartungsintervalle individuell nach dem Verkeimungsgeschehen zu verkleinern, um vor allem humanpathogene Keime wie *Pseudomonas aeruginosa* zu vermeiden.

Unvermeidbares Restwasser sorgt für Keimbildung

Bei einer längeren Parkzeit wird das Wasser aus der Trinkwasseranlage abgelassen. Trotzdem sorgen die feuchten Innenwände der Leitungen und die nicht vermeidbare Restmenge an Flüssigkeit, die in einem Leitungsabschnitt verbleibt, für das Wachstum der Keime. Angesichts dieser Erkenntnisse stellt sich die Frage, ob die geparkten und gelagerten "Corona-Flugzeuge" sogar einem höheren Risiko der Verkeimung als VIP-Flugzeuge ausgesetzt sind, da die Nutzungsdauer ganz ausbleibt.

Eine mögliche Folge davon wäre, dass Wartungsbetriebe sich mit stark kontaminierten Trinkwassersystemen beschäftigen müssen. Wenn diese Flugzeuge wieder in Betrieb genommen werden, dann müssen sie gegebenenfalls aufwändig desinfiziert und getestet werden.

Chemische Verunreinigung ebenfalls möglich

Neben einer möglichen Verunreinigung des Trinkwassers an Bord durch Mikroben muss auch eine chemische Verunreinigung vermieden werden. Hierbei geht es insbesondere um eine Verunreinigung mit Metallen. In der deutschen Trinkwasserverordnung gelten Grenzwerte für Bor, Chrom, Quecksilber, Selen, Uran, Antimon, Arsen, Cadmium, Kupfer, Nickel, Blei, Aluminium, Eisen, Mangan, und Natrium. Ähnliche Stoffe und Grenzwerte werden auch von der WHO oder von anderen Ländern definiert.

Folgende potentielle Ursachen einer metallischen Verunreinigung sind zu unterscheiden (in der Reihenfolge der Trinkwasserversorgungskette):

1. Metallische Kontamination des Leitungswassers. Diese Ursache ist je nach Herkunftsland des Trinkwassers möglich. Beispiel siehe unten.
2. Metallische Kontamination durch Wassertankfahrzeuge.
3. Metallische Kontamination durch Metalloberflächen im Trinkwassersystem. Diese Art der Kontamination wurde beobachtet. Beispiel siehe unten.
4. Metallische Verunreinigung des Triebwerks gefolgt von einer Kontamination der Zapfluft mit pyrolysiertem Öl. Die Zapfluft wird teilweise zur Bedruckung des Trinkwassers genutzt. Diese Ursache kann nicht ausgeschlossen werden. Beispiel siehe unten.

Ein Beispiel zu 1.): Metallische Kontamination des Leitungswassers: Zwei Drittel aller Haushalte in Chicago, USA beziehen ihr Trinkwasser aus Bleirohren. Besonders hoch ist die Konzentration des Bleigehalts im Trinkwasser in Chicagos West Side. In der Nähe liegt der O'Hare International Airport. Es ist davon auszugehen, dass der Flughafen damit die gleichen Trinkwasserprobleme hat, wie die Stadt.

US-Präsident Biden hat Geld für Infrastrukturinvestitionen freigegeben.¹⁶ Damit sollen die Bleirohre von Chicago in den kommenden 50 Jahren ausgetauscht werden. Zur Risikogruppen gehören Kinder, die schon bei geringem Bleigehalt im Blut irreversible Intelligenzdefizite und psychomotorische Schäden erleiden können.¹⁷

Ein Beispiel zu 3.): Metallische Kontamination durch Metalloberflächen im Trinkwassersystem: Im Trinkwassersystem einer Boeing 747-8 wurde eine Wasserfilterkartusche mit metallischer Verunreinigung entdeckt. Auf der Mantelfläche der Filterkartusche hatte sich braunes Eisenoxid und Eisenhydroxid mit metallischem Gefüge abgelagert. Eine Laboruntersuchung zeigte Eisen und Chrom als Bestandteile des Gefüges – ein Indiz dafür, dass sich die Edelstahlschicht an der Innenwand der Trinkwasserleitungen und des Tanks gelöst hatte und das darunterliegende Eisen angegriffen wurde.

Die im Filter teilweise aufgefangenen Metalle waren somit im Trinkwasser in erhöhter Konzentration vorhanden gewesen. Ein möglicher Grund für die starke Korrosion könnte Trinkwasser aus einer ineffizienten Meerwasserentsalzungsanlage sein, denn nicht-rostende Stähle können durch Chloride wie Kochsalz Lochkorrosion¹⁸ erleiden. Es wäre denkbar, dass ein Tankfahrzeug mit Edelstahltank ähnlich angegriffen werden könnte.

Ein Beispiel zu 4.): Metallische Kontamination durch Zapfluft: Triebwerksöl wird regelmäßig in einer Ölanalyse auf den Gehalt an Metallen geprüft, um den Verschleiß von Motorteilen anzuzeigen. Die Ölanalyse ist das "Spectrometric Oil Analysis Program" (Soap). Das wichtigste Verschleißmetall in der Bewertung ist Eisen, gefolgt von Chrom – beide sind in Lagern vorhanden.

Wenn das Motorgehäuse aus Titan besteht, weisen erhöhte Titanwerte auf einen durchdrehenden Lageraußenring hin¹⁹. Metallpartikel kommen im Triebwerksöl regelmäßig vor. Triebwerksöl kann in den Triebwerkskompressor gelangen und von dort mit der Zapfluft in das Pneumatiksystem. Über viele Jahre des Betriebs werden die luftführenden Rohre im Flugzeug dadurch innen schwarz (Scholz 2022²⁰). Reste des Triebwerksöls gelangen über die Bedruckung mit Zapfluft so auch in den Wassertank (siehe Video unten). Es ist anzunehmen, dass damit die Metallpartikel in das Trinkwasser gelangen.

Meiden Sie Kontakt mit Wasser an Bord von Flugzeugen

Fazit: Die Daten der ADWR, die von der EPA der USA vorgehalten und im Internet abgefragt werden können, zeigen,

dass die weitaus meisten Tests des Trinkwassersystems ohne Befund hinsichtlich der Colibakterien sind. Eine chemische Belastung des Trinkwassers an Bord wird dabei nicht überprüft. Die Messungen und Eingaben der Airlines werden nicht kontrolliert. Der Zustand des Trinkwassersystems von Fluggesellschaften aus anderen Ländern ist für Passagiere intransparent.



Kaffee- und Teezubereitung: die Galley im Airbus A380.

© AirTeamImages.com / Derek Pedley

Einzelne Fluggesellschaften sind in der Vergangenheit durch grobe Missachtung der Hygienevorschriften aufgefallen, was vergleichsweise wenig Konsequenzen nach sich zieht. Die Kontamination des Trinkwassers an Bord von Flugzeugen mit Keimen oder Metallen ist potentiell gegeben und nicht unbedenklich. In dieser Situation erscheint es ratsam, vorsichtig zu sein.

Hier entsprechend die wichtigsten Ratschläge, um besonders sicher zu gehen. Verzichten Sie auf alles, was Trinkwasser an Bord nutzt:

- Trinken Sie keinen Kaffee oder Tee an Bord.
- Trinken Sie niemals offenes Wasser, offen angebotene Getränke oder Suppen. Nehmen Sie nur Wasser oder Getränke an Bord aus versiegelten Behältern entgegen.
- Waschen Sie Ihre Hände an Bord nicht mit Wasser. Bringen Sie stattdessen eine kleine Menge Handdesinfektionsmittel mit.
- Verzichten Sie auf die heißen, feuchten Handtücher, die verteilt werden.

1. <https://perma.cc/E59K-G4N5>

2. <https://perma.cc/KX4L-6NRL>

3. <https://perma.cc/2GCT-JN6L>

4. <https://perma.cc/3N4P-88GE>

5. <http://www.profscholz.de/>

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

7. <https://doi.org/10.13111/2066-8201.2022.14.1.13>
8. <https://perma.cc/BE2Z-8HU5>
9. <https://perma.cc/A24R-PKYR>
10. <https://www.iata.org/en/programs/safety/audit/idqp/>
11. <https://www.iata.org/en/publications/store/airport-handling-manual/>
12. <https://www.epa.gov/dwreginfo/aircraft-drinking-water-rule>
13. <https://sdwis.epa.gov/ords/arcs/f?p=130:109>
14. <https://perma.cc/8TFG-MX7Z>
15. <https://www.mdpi.com/1660-4601/12/11/13938>
16. <https://perma.cc/86J6-HHH7>
17. <https://perma.cc/2D3T-PS2A>
18. <https://perma.cc/25KP-5MFS>
19. <https://perma.cc/SAD6-6D2P>
20. https://bulletin.incas.ro/files/scholz-d_vol_14_iss_1.pdf