

Hygieneuntersuchungen auf Seeschiffen

Messprogramm der See-Berufsgenossenschaft und des BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

G. Schneider, A. Kolk, G. Meyer

Zusammenfassung Etwa die Hälfte aller Krankheitsfälle an Bord deutscher Seeschiffe sind Erkrankungen der oberen Atemwege. Da alle Seeschiffe mit Raumlufttechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) ausgestattet sind, wird untersucht, ob die hygienische Situation der RLT-Anlagen einen Einfluss auf die Qualität der Raumluft und die Gesundheit der Besatzung erkennen lässt. Dabei stand die mikrobiologische Untersuchung der Raumluft in verschiedenen Arbeits- und Wohnbereichen und der RLT-Anlagen auf unterschiedlichen Schiffstypen und unter verschiedenen klimatischen Bedingungen im Fokus. Zusätzlich wurden Materialproben untersucht, wie z. B. Filtermaterial aus den Klimaanlage. Die Ergebnisse zeigen, dass im Gegensatz zu Landbereichen Bakterien in der Raumluft von Schiffen dominieren. Weiterhin scheint ein Zusammenhang zwischen der Raumluftqualität und der Länge der Fahrtroute zu bestehen. Endotoxine wurden auf den im Rahmen des Projektes untersuchten Schiffen nur in geringem Umfang nachgewiesen. Aus den bisher vorliegenden Ergebnissen deutet sich an, dass einer sorgfältigen Wartung der Filtereinheiten von RLT-Anlagen auf Seeschiffen große Bedeutung zukommt.

Studies of hygiene on ocean-going vessels – Measurement programme of the Sea BG and BGIA

Abstract Around half of all cases of diseases on board German ocean-going vessels are related to the upper respiratory tract. As all ocean-going vessels are equipped with technical air conditioning systems (AC systems), the study investigated whether the hygienic condition of AC systems can be discerned as having an impact on the quality of room air and the health of the crew. To determine this, the study focused on microbiological tests of room air in different work and living quarters and of the AC systems on different types of vessels and under different climatic conditions. Material samples were also studied, such as filter materials from the AC systems. The results indicated that bacteria are dominant in the room air on board ships, in contrast to sites on land. Furthermore, there seems to be a connection between the quality of room air and the length of a vessel's route. Endotoxins were only detected in low quantities on the vessels studied in the framework of the project. The results obtained so far indicate that thorough maintenance of filter units on AC systems on ocean-going vessels is of great importance.

1 Einleitung

Nach Beobachtungen der Arbeitsmediziner der See-Berufsgenossenschaft sind ca. 50 % aller Krankheitsfälle an Bord deutscher Seeschiffe Erkrankungen der oberen Atemwege. Alle Seeschiffe sind mit Raumlufttechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) ausgestattet. Weil sich die Seeleute insbesondere bei widrigen klimatischen Bedingungen im klimatisierten

Inneren der Schiffe aufhalten, sind sie den Beeinflussungen durch die technische Lüftung besonders stark ausgesetzt. Das häufige Auftreten von Atemwegserkrankungen auf Seeschiffen lässt die Vermutung zu, dass zwischen diesen Erkrankungen und den RLT-Anlagen an Bord ein Zusammenhang besteht.

Zu dieser Problematik konnten in der Literatur keine Hinweise gefunden werden. Seit Februar 2004 existiert eine VDI-Richtlinie [1] über die Hygieneanforderungen an die Lüftungstechnik in Fahrzeugen zur Personenbeförderung mit einem eigenen Kapitel über schiffsspezifische Anforderungen. Darin wird jedoch den mikrobiologischen Parametern nur wenig Raum gegeben.

Im Rahmen einer Messkampagne der See-Berufsgenossenschaft in Kooperation mit dem BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung wird untersucht, inwiefern die hygienische Situation der RLT-Anlagen einen Einfluss auf die Qualität der Raumluft und die Gesundheit der Besatzung erkennen lässt. Im Fokus des hier beschriebenen Projektteils steht die mikrobiologische Untersuchung der Raumluft und der RLT-Anlagen auf unterschiedlichen Schiffstypen und unter verschiedenen klimatischen Bedingungen.

Unter Beteiligung des BGIA wurden fünf Messfahrten auf zwei Fährschiffen, zwei Containerschiffen und einem Forschungsschiff durchgeführt. Während der Seereisen und teilweise im Hafen wurden Luftproben in verschiedenen Arbeits- und Wohnbereichen sowie Aufenthaltsräumen genommen. Als Referenz wurde die Außenluft betrachtet. Zusätzlich wurden unterschiedliche mit der Raumluft assoziierte Materialproben untersucht, wie z. B. Filtermaterial aus den Klimaanlage.



Bild 1. Luftkeimmessung auf der Brücke.

Dipl.-Biol. Gerd Schneider, Dr. rer. nat. Annette Kolk,
BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen
Unfallversicherung, Sankt Augustin.
Dr. rer. nat. Gabriele Meyer,
See-Berufsgenossenschaft, Hamburg.

2 Messmethoden und Messprogramm

Um die mikrobiologische Belastung der Luft in verschiedenen Arbeitsbereichen zu untersuchen, wurden zwei Messsysteme mit unterschiedlichen Messprinzipien verwendet: das an die Messung von Bioaerosolen angepasste Gesamtstaubprobenahmesystem (PGP-GSP-System) nach BGIA und der Microbial Air Sampler MAS 100 der Fa. Merck. Das erste Verfahren erlaubt es, verschiedene mikrobiologische Parameter bei einem Volumenstrom von 3,5 l/min zu bestimmen. Die für den Innenraumbereich erwartungsgemäß relativ geringen Konzentrationen von Bioaerosolen können mit dem zweiten Verfahren erfasst werden, da dieses mit einem

Volumenstrom von 100 l/min ein größeres Probenahmevolumen ermöglicht.

Mit dem PGP-GSP-System wurden Luftkeimmessungen nach dem Filtrationsverfahren durchgeführt (Bild 1). Die Aufarbeitung der so gewonnenen Proben erfolgte nach dem direkten Verfahren, bei dem die beaufschlagten Filter unmittelbar auf Nährböden aufgelegt werden [2]. Als zweites Messverfahren wurde das Impaktionsverfahren mit dem MAS-Lochplattenimpaktor eingesetzt. Bei diesem werden die Mikroorganismen aus der Luft durch eine Lochplatte gesaugt und darunter direkt auf feste Nährmedien abgedehnt [3].

Tabelle 1. Fährschiff, Messfahrt Januar 2002, gemäßigtes Klima, Winter.

Probenahmeorte	Art der Probe	Untersuchte Parameter	Anzahl der Proben pro Messort
Außenluft an Deck (Referenz) Innenraum ohne Klimatisierung, I (Referenz) Innenraum ohne Klimatisierung, II (Referenz) Klimatisierter Raum, Deck IV, kurze Entfernung zur RLTA-Zentrale Klimatisierter Raum, Deck IV, weite Entfernung zur RLTA-Zentrale Mannschaftskabine (RLTA, Steuerbord) Mannschaftsbüro (RLTA, Backbord)	Luft Filtration (PGP-GSP)	Schimmelpilze, Hefen (GKZ und AS) Bakterien (GKZ und AS) Endotoxingehalt	3-mal Endotoxine, 6-mal Schimmelpilze, 12-mal Bakterien
Außenluft an Deck (Referenz) Innenraum ohne Klimatisierung, I (Referenz) Innenraum ohne Klimatisierung, II (Referenz) Klimatisierter Raum, Deck IV, kurze Entfernung zur RLTA-Zentrale Klimatisierter Raum, Deck IV, weite Entfernung zur RLTA-Zentrale Mannschaftskabine (RLTA, Steuerbord) Mannschaftsbüro (RLTA, Backbord)	Luft Impaktion (MAS 100)	Schimmelpilze, Hefen (GKZ und AS) Bakterien (GKZ und AS)	8-mal Schimmelpilze, 4-mal Bakterien
RLTA, Deck IV RLTA, Steuerbord RLTA, Backbord	Filtermaterial aus Filtersäule der RLTA	Schimmelpilze (GKZ) Bakterien (GKZ)	3

GKZ = Gesamtkeimzahl, AS = Artenspektrum, RLTA = Raumluftechnische Anlage

Tabelle 2. Containerschiff, Messfahrt April 2002, Übergang von gemäßigtem Klima (Frühjahr) in tropisches Klima.

Probenahmeorte	Art der Probe	Untersuchte Parameter	Anzahl der Proben pro Messort
Außenluft an Deck auf See (Referenz) Außenluft an Deck im Hafen (Referenz) Brücke (größte Entfernung zur RLTA-Zentrale) Messe Offizierskabine (größere Entfernung zur RLTA-Zentrale) Mannschaftskabine (geringe Entfernung zur RLTA-Zentrale) Maschinenkontrollraum (Klimabox)	Luft Filtration (PGP-GSP)	Schimmelpilze (GKZ und AS) Bakterien (GKZ und AS) Endotoxine	3-mal Endotoxine, 6-mal Schimmelpilze, 12-mal Bakterien
Außenluft an Deck auf See (Referenz) Außenluft an Deck im Hafen (Referenz) Brücke (größte Entfernung zur RLTA-Zentrale) Messe Offizierskabine (größere Entfernung zur RLTA-Zentrale) Mannschaftskabine (geringe Entfernung zur RLTA-Zentrale) Maschinenkontrollraum (Klimabox)	Luft Impaktion (MAS 100)	Schimmelpilze (GKZ und AS) Bakterien (GKZ und AS)	4-mal Schimmelpilze, 4-mal Bakterien
Befeuchterkammerwand, Zuluftöffnungen, RLTA, Backbord, Klimabox	Abklatschnährböden	Schimmelpilze Bakterien	
Zuluftfiltration der Haupt-RLTA	Filtermaterial	Schimmelpilze (GKZ und AS) Bakterien (GKZ und AS)	1

Bei beiden Verfahren werden die Anzahl der Bakterien- oder Schimmelpilzkolonien nach Kultivierung ermittelt (Kolonie bildende Einheiten KBE/m³ Luft). Mit dem Filtrationsverfahren wurde darüber hinaus die Konzentration von Endotoxinen in der Luft (Endotoxin-Einheiten EU/m³ Luft) bestimmt [4]. Alle Messverfahren sind Standardverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Bioaerosolen innerhalb des Berufsgenossenschaftlichen Messsystems Gefahrstoffe (BGMG).

Zur Einordnung und Bewertung der Messergebnisse wurden entsprechende Messungen derselben Parameter auch in der Außenluft durchgeführt. Um eine mögliche mikrobielle Kontamination verschiedener Bauteile der RLT-Anlagen auf den untersuchten Seeschiffe zu dokumentieren, wurden den RLT-Anlagen Materialproben, wie z. B. Filterkerzen der Befeuchterwasseraufbereitung und Teile der Luftfiltermatten, entnommen. Mithilfe von Abklatschproben von den Innenbereichen der RLT-Anlage sollte ein möglicher Befall der Flächen festgestellt werden. Alle Luft- und Materialproben wurden direkt an Bord in einem provisorisch eingerichteten Labor oder, sofern sie lagerfähig waren, nach der Reise im mikrobiologischen Labor des BGIA auf ihren Gehalt an Bakterien, Schimmelpilzen, Hefen und Endotoxinen untersucht. Alle Keimzahlen wurden nach dem Kulturverfahren (Anzucht unter definierten Temperaturbedingungen auf ausgewählten Nährböden) bestimmt, die Endotoxinkonzentrationen in den Luft und Materialproben mithilfe des Limulus-Amoebocysten-Lysat-Tests (LAL-Test) im Labor des BGIA [4]. Die Probenahmeorte sowie Art und Anzahl der Proben sind am Beispiel eines Fähr- und eines Containerschiffs in den Tabellen 1 und 2 aufgelistet.

3 Ergebnisse und Diskussion

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Ergebnisse für das Fährschiff und das Containerschiff dargestellt und diskutiert.

3.1 Fährschiff

3.1.1 Luftproben

Aus früheren Messungen auf einem im Hafen liegenden Schiff lagen bisher nur wenige Daten zum Mikroorganismengehalt der Luft in verschiedenen Schiffsräumen vor [5]. Mit der Untersuchung der Raumluft auf Bakterien und Schimmelpilze sollte der Bioaerosolgehalt in der klimatisierten Luft in der kalten Jahreszeit festgestellt werden. Zum Vergleich und zur Einordnung der Ergebnisse wurden weiterhin zwei nicht klimatisierte Innenräume und die Außenluft als Referenz beprobt.

Das Fährschiff verfügte im Gegensatz zum Containerschiff über große Aufenthaltsbereiche mit mehreren RLT-Anlagen, die z. T. über weite Strecken Räume mit klimatisierter Luft versorgen mussten. Drei RLT-Anlagen wurden in die Untersuchungen einbezogen, um zu überprüfen, ob die Luftversorgung vom Anfang bis zum Ende der Versorgungsstrecke mit gleich bleibender Qualität gewährleistet werden kann. Dazu wurden Luftproben aus Kammern in kurzer und möglichst großer Entfernung von der Zentrale der RLT-Anlage untersucht. Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse.

Mit beiden Messsystemen (Filtration und Impaktion) wurden Mikroorganismenkonzentrationen in vergleichbaren Größenordnungen festgestellt. Mit zwei Ausnahmen (Innenraum I ohne Klimatisierung und Mannschaftskabine) waren sowohl die Schimmelpilz- als auch die Bakteriengehalte in der Luft in allen untersuchten Räumen gering und lagen in der Größenordnung der Außenluftreferenz, die als „natürliche Hintergrundbelastung“ bezeichnet werden könnte. Endotoxine wurden ebenfalls nur in geringem Umfang nachgewiesen.

Die höchste Mikroorganismenkonzentration wurde mit 1 472 (PGP-GSP) bzw. 3 455 (MAS 100) KBE/m³ Luft an Bakterien im Innenraum I festgestellt. Dieser Raum besaß keine mechanische Lüftung bzw. Klimatisierung. Die Quelle für die, verglichen mit den anderen Räumen, hohe Bakterienkonzentration war allerdings nicht offensichtlich. Da die

Tabelle 3. Fährschiff, Schimmelpilz-, Bakterien- und Endotoxingehalt von Luftproben.

Probenahmeart	Schimmelpilze in KBE/m ³ Luft		Bakterien in KBE/m ³ Luft		Endotoxine in EU/m ³ Luft
	PGP-GSP	MAS 100	PGP-GSP	MAS 100	PGP-GSP
Klimatisierter Raum (RLT-Anlage Deck IV, geringe Entfernung zur Zentrale der RLT-Anlage)	22	< 10	100	40	1,1
Klimatisierter Raum (RLT-Anlage Deck IV, große Entfernung zur Zentrale der RLT-Anlage)	15	< 10	15	95	1,1
Mannschaftskabine (RLT-Anlage, Steuerbord)	29	10	1433	365	1,1
Mannschaftsbüro (RLT-Anlage, Backbord)	19	< 10	194	40	1,3
Innenraum I ohne Klimatisierung (Referenz)	36	15	1472	3455	1,1
Innenraum II ohne Klimatisierung (Referenz)	114	45	22	30	1,1
Außenluft an Deck (Referenz)	129	150	36	35	1,8

KBE = Kolonie bildende Einheit; EU = Endotoxin Einheit

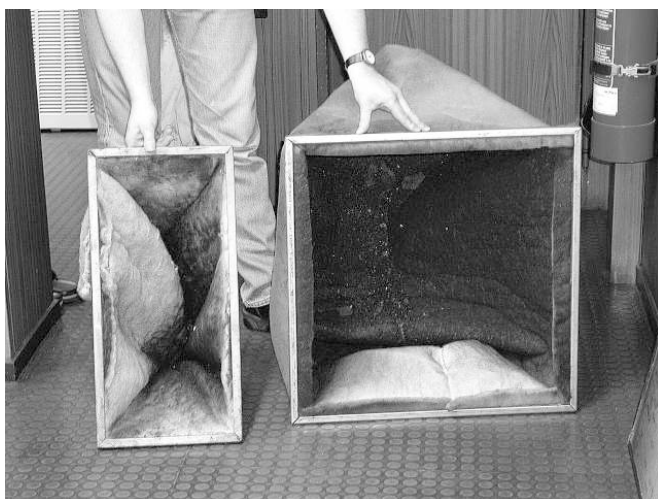


Bild 2. Taschenfilter, Zuluftfilter der zentralen RLT-Anlage.

Untersuchungen in den Innenraumreferenzen recht unterschiedliche Ergebnisse lieferten, wurde bei den folgenden Messfahrten auf diese Referenz verzichtet.

In der Mannschaftskabine, die über die RLT-Anlage der Steuerbordseite mit Luft versorgt wurde, wurden mit 1 433 (PGP-GSP) bzw. 365 (MAS 100) KBE/m³ Luft ebenfalls höhere Bakteriengehalte als in den anderen Räumen festgestellt. Dies könnte möglicherweise damit in Zusammenhang stehen, dass das Filtermaterial aus der Befeuchtereinheit (Bild 2) dieser RLT-Anlage mit 8,5 · 10⁵ KBE/g Material auch den höchsten Bakteriengehalt der drei untersuchten RLT-Anlagen aufwies (Tabelle 4).

Ein Zusammenhang zwischen der Entfernung des klimatisierten Raumes von der Zentrale der RLT-Anlage und der Mikroorganismenkonzentration in der Raumluft der untersuchten Kammern konnte für die hier ausgewählte RLT-Anlage, die die Räume auf Deck IV versorgte, nicht festgestellt werden.

3.1.2 Materialproben

Von den untersuchten Filterproben erwies sich das Filtermaterial aus der Befeuchtereinheit der RLT-Anlage, die die Räume auf der Steuerbordseite versorgte, als am stärksten mikrobiell belastet (Tabelle 4). Insgesamt liegen die Konzentrationen von Schimmelpilzsporen in allen drei Proben unter 1 000 KBE/g, wohingegen sich die Bakterienkonzentrationen stärker unterscheiden: Die Filterprobe aus der Steuerbord-RLT-Anlage ist mit 8,5 · 10⁵ KBE/g um zwei Zehnerpotenzen höher als in den beiden anderen Proben. In der Probe aus der Steuerbord-RLT-Anlage konnten auch hohe Hefenkonzentrationen nachgewiesen werden.

Wie bei den Filtermaterialproben wurden auch in den Luftproben aus dem von der Steuerbord-RLT-Anlage versorgten Raum die vergleichsweise höchsten Bakterienkonzentrationen ermittelt (Tabelle 3).

3.2 Containerschiff

3.2.1 Luftproben

Auf dem Containerschiff konnten zwei RLT-Anlagen in die Untersuchungen einbezogen werden. Die eine versorgte zentral verschiedene Arbeitsbereiche und Aufenthaltsräume (z. B. Brücke, Messe) sowie die Wohnbereiche (z. B. Offiziers- und Mannschaftskabine) auf unterschiedlichen Decks, während die zweite, eine Klimabox, ausschließlich der Klimatisierung des Maschinenkontrollraumes diente.

Die Luftproben wurden auch bei dieser Messreise in solchen Räumen genommen, die sowohl möglichst nah an der als auch möglichst weit entfernt von der Zentrale der RLT-Anlage angeordnet waren. Die Probenahme mit den beiden o. g. Messsystemen erfolgte in drei Klimazonen, die im Verlauf der Reise durchfahren wurden: gemäßigte Zone im Atlantik, warmer Klimabereich im Mittelmeer und tropische Zone im Indischen Ozean. Mit dieser Vorgehensweise sollte der Einfluss des jeweiligen Klimas auf die Lebensbedingungen für Mikroorganismen in der Luft abgeklärt werden.

In Tabelle 5 sind die mit dem Impaktionsverfahren ermittelten Ergebnisse aufgeführt, die mit denen aus dem Filtrationsverfahren identisch waren. Auf die Darstellung der Endotoxine wird verzichtet, da auch bei dieser Messung, wie auf dem Fährschiff, nur geringe Gehalte festgestellt wurden. Zur Einordnung und Beurteilung der Ergebnisse aus den Raumluftmessungen wurde als Referenz der Mikroorganismengehalt der Außenluft bestimmt. Diese Probenahme wurde auf See und in einem Fall – in der tropischen Klimazone zum Ende der Messreise – auch im Hafen durchgeführt, um die jeweilige Hintergrundbelastung der Luft zu dokumentieren, die zur Klimatisierung verwendet wurde (Bild 5).

Grundsätzlich wurden in allen Luftproben der untersuchten Räume höhere Bakterien- als Schimmelpilzgesamtkoloniezahlen verzeichnet. Mit Ausnahme des bei der ersten Messung in der Mannschaftskabine ermittelten Wertes (gemäßigte Klimazone, Heizperiode) waren die Schimmelpilzkonzentrationen in der Luft in allen untersuchten Räumen über den gesamten Reiseverlauf gering. Sie lagen überwiegend in der Größenordnung der auf See ermittelten Außenluftreferenzwerte, die als „natürliche Hintergrundbelastung“ bezeichnet werden können. Im Unterschied zur Seeluft wies die Außenluft im tropisch gelegenen Hafen hingegen deutlich höhere Schimmelpilzkonzentrationen auf.

Zu jedem Messzeitpunkt (im gemäßigten, warmen und tropischen Fahrtgebiet) wurden in allen untersuchten Räumen höhere Bakterienkonzentrationen als in der Außenluft auf See festgestellt. Der Bakteriengehalt in der Raumluft der Mannschaftskabine, die von der Zentrale der RLT-Anlage nur wenig entfernt war, lag mit 1 355 bis 1 633 KBE/m³ Luft zu allen drei Messzeitpunkten unabhängig von der Klimazone vergleichsweise konstant auf einem höheren Niveau als in den übrigen Räumen. Dahingegen erreichte die Bakterienkonzentration in der Raumluft der Offizierskabine, die von der Zentrale der RLT-Anlage weiter entfernt war als die

Filterprobe aus	Schimmelpilze in KBE/g	Bakterien in KBE/g	Hefen in KBE/g
RLT-Anlage Deck IV	2,2 · 10 ²	5,7 · 10 ³	0
RLT-Anlage Backbord	4,0 · 10 ²	3,6 · 10 ³	0
RLT-Anlage Steuerbord	7,4 · 10 ²	8,5 · 10 ⁵	1,5 · 10 ⁴

KBE = Kolonie bildende Einheiten

Tabelle 4. Fährschiff, Konzentrationen von Schimmelpilzen, Bakterien und Hefen in Filtermaterialien aus den RLT-Anlagen.

Tabelle 5. Containerschiff, Schimmelpilz- und Bakteriengehalt von Luftproben (Impaktionsverfahren).

Klimazone	gemäßigt	warm	tropisch	gemäßigt	warm	tropisch
Probenahmeort	Schimmelpilze in KBE/m ³			Bakterien in KBE/m ³		
Mannschaftskabine (geringe Entfernung zur Zentrale der RLT-Anlage)	940	118	138	1440	1633	1355
Offizierskabine (mittlere Entfernung zur Zentrale der RLT-Anlage)	85	28	20	723	319	4100
Brücke (große Entfernung zur Zentrale der RLT-Anlage)	35	45	3	128	377	400
Messe	5	8	3	58	333	293
Maschinenkontrollraum (Klimabox)	5	13	8	380	78	175
Außenluft auf See (Referenz)	25	0	5	15	5	3
Außenluft im Hafen (Referenz)	–	–	533	–	–	183

KBE = Kolonie bildende Einheiten

Probe	Schimmelpilze in KBE/g	Bakterien in KBE/g	Hefen in KBE/g
Filtertasche (groß) RLT-Anlage, stark verschmutzt	$2,5 \cdot 10^4$	$4,6 \cdot 10^4$	$4,3 \cdot 10^3$
Filtertasche (klein) RLT-Anlage, schwach verschmutzt	$3,3 \cdot 10^2$	$8,3 \cdot 10^2$	$5,0 \cdot 10^2$
Abklatschproben der MKR-Klimabox	starkes Wachstum	sehr starkes Wachstum	–

KBE = Kolonie bildende Einheiten, MKR = Maschinenkontrollraum

Tabelle 6. Containerschiff, Konzentrationen von Schimmelpilzen, Bakterien und Hefen in Filtermaterialien aus der RLT-Anlage; Wachstumsstufen der Abklatschuntersuchungen der MKR-Klimabox.

Mannschaftskabine, erst zum letzten Probenahmetermin in der tropischen Klimazone den höchsten aller für diesen Parameter gemessenen Werte.

Auf der Brücke, mit der größten Distanz zur Zentrale der RLT-Anlage, wurden in allen drei Klimabereichen gleich hohe Werte ermittelt, die sich – verglichen mit den anderen Probenahmeorten – in einem mittleren Bereich einordneten. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die Bakterienkonzentration mit der Entfernung von der Zentrale der RLT-Anlage abnimmt und diese eine mögliche Quelle für die Bakterienbelastung in der Raumluft ist.

Die geringsten Schimmelpilz- und Bakterienkonzentrationen wurden im Maschinenkontrollraum verzeichnet, der

über eine eigene Klimatisierung durch eine Klimabox verfügt.

3.2.2 Materialproben

Mithilfe von Abklatschproben von den Innenbereichen der RLT-Anlage und der Klimabox (**Bild 4**) bzw. von den Zuluftöffnungen in den Kammern sollte ein möglicher mikrobieller Befall dieser Flächen dokumentiert werden. Des Weiteren wurden die Koloniezahlen von Bakterien, Schimmelpilzen und Hefen in Materialproben aus den Zuluftfiltern (Filtertaschen) der RLT-Anlage ermittelt (**Tabelle 6**).

Während die Mehrzahl der Abklatschuntersuchungen stark streuende und nicht interpretierbare Ergebnisse zeigte,



Bild 3. Außenluftmessung im Hafen.



Bild 4. Abklatschuntersuchung in der Klimabox des Maschinenkontrollraums.

wurden bei den Materialproben aus den Filtertaschen korrelierend zum Verschmutzungsgrad unterschiedliche Konzentrationen von Mikroorganismen festgestellt. Die hohen Konzentrationen insbesondere von Bakterien im Filtermaterial könnten möglicherweise eine Quelle für die Belastungen der Raumluft sein. Dass von den ebenfalls hohen Schimmelpilzkonzentrationen im Filter in den Luftproben nur geringfügige Teile wiedergefunden werden, kann an der Größe der Sporen liegen, die bewirkt, dass der Großteil im Filtermaterial zurückgehalten wird.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Unter Beteiligung des BGIA wurden fünf Messfahrten auf Seeschiffen unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen durchgeführt. Dabei wurden in verschiedenen Arbeits-, Aufenthalts- und Wohnbereichen Luftproben gewonnen und auf ihren Gehalt an verschiedenen Bioaerosolen untersucht. Die Ergebnisse der bisherigen Messfahrten zeigen, dass im Gegensatz zu Landbereichen Bakterien in der Raumluft von Schiffen dominieren. Dabei wurden tendenziell die höchsten Zellzahlen in den Kammern der Seeleute ermittelt. Weiterhin scheint ein Zusammenhang zwischen der Raumluftqualität und der Fahrtroute zu bestehen: Je länger die Fahrt andauerte und je mehr Klimazonen dabei durchfahren wurden, desto höhere Mikroorganismenkonzentrationen wurden in den Luftproben festgestellt. Bei optisch erkennbarer Verschmutzung der Luftfilter konnte durch bakteriologische Untersuchungen ein erhöhter Mikroorganismengehalt im Filtermaterial festgestellt werden. In den zugehörigen Bereichen wurden demzufolge auch höhere Bioaerosolkonzentrationen gemessen. Eine Abnahme der Bioaerosolkonzentration über die Entfernung der Luftführung von der Zentralanlage konnte auf dem Containerschiff festgestellt werden. Die Messung im tropischen Klima auf dem Containerschiff wies allerdings am Arbeitsbereich in mittlerer Entfernung von der RLTA-Zentrale

die höchsten Koloniezahlen auf. Endotoxine wurden bei den im Rahmen des Projektes untersuchten Schiffen nur in geringer Menge nachgewiesen.

Aus den bisher vorliegenden Ergebnissen deutet sich an, dass einer sorgfältigen Wartung der Filtereinheiten von RLTA-Anlagen auf Seeschiffen große Bedeutung zukommt, um zu vermeiden, dass sie in einem über das normale Maß hinausgehenden Umfang von Mikroorganismen besiedelt und damit zur Quelle einer mikrobiellen Belastung klimatisierter Raumluft werden.

Die See-Berufsgenossenschaft führt die Untersuchungsreihe auf weiteren Schiffen fort, um auf der Basis des umfangreichen Datenmaterials repräsentative Aussagen und Empfehlungen für die deutsche Handelsflotte geben zu können.

Literatur

- [1] VDI 6032: Hygiene-Anforderungen an die Lüftungstechnik in Fahrzeugen zur Personenbeförderung. Berlin: Beuth 2004.
- [2] Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz. Kennzahl 9420. In: BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 30. Lfg. IV/2003. Hrsg.: BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. Berlin: Erich Schmidt – Losebl.-Ausg. 1989. www.bgia-arbeitsmappdigital.de/9420
- [3] Verfahren zur Bestimmung der Bakterienkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz. Kennziffer 9430. In: BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 32. Lfg. IV/2004. Hrsg.: BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. Berlin: Erich Schmidt – Losebl.-Ausg. 1989. www.bgia-arbeitsmappdigital.de/9430
- [4] Verfahren zur Bestimmung der Endotoxinkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz. Kennziffer 9450. In: BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 28. Lfg. IV/2002. Hrsg.: BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. Berlin: Erich Schmidt – Losebl.-Ausg. 1989. www.bgia-arbeitsmappdigital.de/9450
- [5] *Deiningner, C.*: Persönliche Mitteilung.