

Luftkeimbelastung einer Intensivtherapiestation und Schleusungsregime

Air contamination of an intensive care unit and entry regulations

F.-A. Pitten¹, R. Wackerow², M. Wendt³ und A. Kramer¹

¹ Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald

² Chirurgische Abteilung, Krankenhaus Demmin

³ Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald

Zusammenfassung: Das Anlegen von eigens bereitgestellter Kleidung und Schuhwerk (bzw. Plastiküberziehern für die Schuhe) ist ein weit verbreitetes Ritual für die Besucher von Patienten auf Intensivtherapiestationen (ITS). Um zu klären, ob dies einen Einfluß auf die Kontamination der Luft hat, wurden die Konzentrationen von Partikeln und Mikroorganismen zu festgelegten Zeitpunkten auf einer ITS erhoben, wobei an 15 Tagen konsequent Bereichskleidung angelegt wurde und an 15 weiteren Tagen Besucher sowie Personen, die nicht dauerhaft auf der ITS arbeiten, die ITS in Straßenkleidung betraten. Es zeigte sich, daß in der Phase, während der alle Personen beim Betreten der ITS Bereichskleidung aus Baumwolle anlegen mußten, vereinzelt sogar höhere Partikelzahlen in der Raumluft auftraten; die Keimbelastung der Luft wurde dagegen überhaupt nicht beeinflußt. Die erhöhte Partikelbelastung ist möglicherweise auf einen entsprechenden Abrieb der Bereichskleidung zurückzuführen.

Als Fazit wird herausgestellt, daß Besucher von Intensivtherapiepatienten, die weder infektiös noch in besonderem Maße infektionsgefährdet sind, keine eigens bereitgestellte Schutzkleidung bzw. Schuhe tragen müssen. Empfehlenswert ist lediglich eine Händedesinfektion bei Betreten und Verlassen der ITS, das Anlegen eines Mund-Nasen-Schutzes im Falle respiratorischer Erkrankungen sowie das Ablegen von Mänteln. Ein Schuhwechsel ist nur notwendig, wenn aufgrund stark verschmutzter Schuhe ein erhöhter Schmutzeintrag zu befürchten ist.

Einleitung

Während die Abgrenzung von Operationseinheiten gegenüber den übrigen Abteilungen eines Krankenhauses eine sinnvolle, anerkannte und durchgesetzte Praxis darstellt, gibt es in der räumlichen, personellen und organisatorischen Abgrenzung von Intensivtherapiestationen (ITS) zu anderen Bereichen große Unterschiede. Ein wesentlicher Gesichtspunkt ist dabei die Art des Zugangs zur ITS.

Eine weit verbreitete Zeremonie besteht darin, daß Besucher mehr oder weniger häufig ausgetauschte Kittel bzw. Einwegkittel und Überschuhe anlegen sollen. Der Hintergrund dieser Maßnahme ist die

Annahme, daß dadurch die Patienten auf der ITS vor Gefahren geschützt werden, die ihnen durch aerogen übertragene Keime sowie durch Keime drohen, die von der Kleidung der Besucher während des Aufenthalts auf der ITS abgegeben werden.

Im Mittelpunkt dieser Arbeit stand die Frage, ob durch ein konsequentes Einschleusungsregime die Keim- und Partikelkonzentration in der Luft einer ITS reduziert werden kann.

Die Untersuchungen fanden während des regulären Betriebs auf einer ITS statt, auf der Patienten betreut werden, die gemäß der Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention "in hohem Maße infektionsgefährdet sind und/oder eine Infektionsquelle sein können" und somit der in der Richtlinie definierten Gruppe A2 zuzuordnen sind (4).

Material und Methoden

Charakteristik der Intensivstation und des Beprobungsregimes

Die Untersuchung wurde auf einer Intensivtherapiestation der Universität Greifswald durchgeführt. Die Intensivstation verfügt lediglich im Küchen- und Sanitärbereich sowie in einem als Isolierzimmer nutzbaren Raum über eine Abluftabsaugung. In den für die Untersuchung ausgewählten Bereichen erfolgt der Luftwechsel ungefiltert über Fenster und Türen.

In vier Abschnitten von zwei mal sechs und zwei mal zehn Tagen wurden die Luft- und Partikelkonzentrationen auf dem Stationsgang und in einem Patientenzimmer bei regulärem Betrieb und bei strengem Einschleusungsregime gemessen. Letzteres war so definiert, daß sämtliche die ITS betretenden Personen die in einer der Station vorgelagerten Schleuse deponierte Bereichskleidung, bestehend aus Kasack und Hose, anlegen und die Schuhe wechseln bzw. Einmalüberzieher benutzen mußten. Eine Händedesinfektion wurde in beiden Fällen vom medizinischen Personal gefordert. Die anzulegende Bereichskleidung bestand aus sanforisierter Baumwolle der Gewebequalität TB 21 ohne Zusatz anderer Faserstoffe. Auch bei kurzzeitigem Verlassen und Wiederbetreten der Station mußte frische Bereichskleidung angelegt werden. Das Tragen von Kopfbedeckungen oder Mund-Nasen-Schutz war nicht gefordert.

Die Messungen fanden immer zur gleichen Zeit, eine halbe Stunde vor und zwei Stunden nach dem Wechsel zwischen Früh- und Spätschicht in halbstündigem Abstand statt. Um die Streuung der Meßergebnisse durch bodennahe Verwirbelungen gering zu halten, wurden die Einlaßöffnungen sowohl des Luftkeimsammlers als auch des Partikelzählers in 2 m Höhe positioniert.

Luftkeimsammlung

Für die Bestimmung der Anzahl koloniebildender Einheiten (KBE) wurde der Siebplattensammler SAS Super 90 der Firma Zinsser Analytic verwendet. Bei diesem wird durch 219 Öffnungen im autoklavierbaren Kopf des Keimsammlers der Luftstrom annähernd parallel ausgerichtet und auf die darunterliegende RODAC-Platte (Durchmesser 55 mm) geleitet, auf der sich die Luftkeime bzw. keimbeladenen Partikel ablagern sollen. Die Agarplatten (RODAC-Platten mit Caso-Agar, OXOID, Germany) wurden 48 Stunden bei 36°C aerob bebrütet, anschließend wurden alle makroskopisch sichtbaren Kolonien gezählt.

Partikelzählung

Die Bestimmung der Partikelkonzentrationen erfolgte zeitgleich zu den Luftkeimmessungen mit einem Laserpartikelzähler jeweils als Doppelbestimmung (APC 1000, Biotest).

Da aerosolisierte Keime vorwiegend an Partikeln mit Durchmessern von 3-4 µm anhaften, wurden nur die Partikel der Größenklassen 1,0-4,9 µm und > 4,9 µm bestimmt (3).

Statistische Auswertung

Die Meßwerte wurden mit dem Programm Excel verarbeitet. Die statistischen Berechnungen sowie die Erstellung der Box-and-Whisker-Plots erfolgten mit SPSS für Windows. Zur Inferenzstatistik wurde der verteilungsfreie Mann-Whitney-Test (U-Test) mit $p = 0,05$ für den Fehler erster Art eingesetzt.

Ergebnisse

Die Partikelkonzentrationen der Raumluft, bezogen auf die untersuchten Partikelgrößenfraktionen

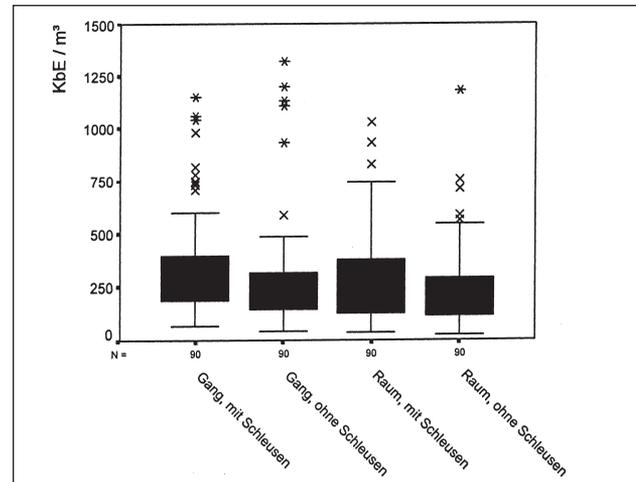


Abbildung 1: Belastung der Luft mit Bakterien / Pilzen auf dem Gang bzw. im Patientenzimmer auf der Intensivstation in Abhängigkeit vom Schleusungsregime. Darstellung als Box-and-Whisker-Plots mit Median, 25%- und 75%-Perzentilen, outside values (x) und far outside values (*).

(1,1 - 4,9 µm und $\geq 5,0$ µm), finden sich für den Gang bzw. das Zimmer auf der ITS in Tabelle 1 und 2. Jeder den einzelnen Uhrzeiten zugeordnete Meßwert beruht jeweils auf 2 Einzelbestimmungen, die an 15 verschiedenen Tagen vorgenommen wurden. Es zeigt sich, daß zwischen der Partikelbelastung der Luft auf dem Gang der ITS während der Phase der konsequenten Schleusung im Vergleich zur Phase der Nicht-Schleusung zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied bestand (Tab. 1). Ein ähnliches Bild zeichnet sich für die Luftbelastung im Patientenzimmer ab: Hier finden sich nur an 3 Tagen signifikante Unterschiede zwischen Schleusungs- und Nicht-Schleusungsphase (Tab. 2). Überraschenderweise waren im Patientenzimmer in der Phase der Schleusung jeweils die höheren Meßwerte beobachtet worden. Erwartungsgemäß verhielt sich die Belastung der Luft mit Mikroorganismen ähnlich der Partikelbelastung; es fand sich kein Unterschied zwischen der Phase des Schleusens und des Nicht-Schleusens (Tab. 3). Da die Luftkeimbelastung der eigentliche Zielparameter der vorliegenden Untersuchung ist, wurden diese Werte nochmals zusammengefaßt und graphisch dargestellt (Abb. 1).

Tabelle 1: Belastung der Luft mit Partikeln auf dem Gang der Intensivstation

	Partikeldurchmesser 1,1-4,9 µm					Partikeldurchmesser $\geq 5,0$ µm				
	Mit Schleusen		Ohne Schleusen		p-Wert	Mit Schleusen		Ohne Schleusen		p-Wert
	Mittelwert	STD	Mittelwert	STD		Mittelwert	STD	Mittelwert	STD	
13.30	2,91-06	2,01-06	2,54-06	2,14-06	0,345	4,65-04	2,58-04	3,90-04	2,10-04	0,325
14.00	2,66-06	1,70-06	1,91-06	1,39-06	0,098	3,96-04	1,40-04	3,44-04	1,51-04	0,217
14.30	2,09-06	9,44-05	1,65-06	9,84-05	0,106	3,86-04	1,44-04	3,45-04	1,29-04	0,486
15.00	2,40-06	9,32-05	1,86-06	9,43-05	0,106	4,60-04	1,73-04	4,12-04	1,32-04	0,367
15.30	2,61-06	1,41-06	2,29-06	1,90-06	0,161	4,34-04	2,21-04	4,13-04	2,43-04	0,775
16.00	2,82-06	1,93-06	1,62-06	7,86-05	0,015	4,43-04	2,70-04	3,15-04	1,25-04	0,106

Hygiene

Tabelle 2: Belastung der Luft mit Partikeln auf dem Zimmer der Intensivstation

	Partikeldurchmesser 1,1-4,9 µm					Partikeldurchmesser ≥ 5,0 µm				
	Mit Schleusen		Ohne Schleusen		p-Wert	Mit Schleusen		Ohne Schleusen		p-Wert
	Mittelwert	STD	Mittelwert	STD		Mittelwert	STD	Mittelwert	STD	
13.30	2,92-06	2,11-06	2,25-06	2,07-06	0,098	4,80-04	2,88-04	2,85-04	1,91-04	0,006
14.00	2,63-06	1,84-06	1,77-06	1,31-06	0,098	3,74-04	1,98-04	2,70-04	1,51-04	0,137
14.30	2,21-06	8,82-05	1,57-06	8,93-05	0,041	3,61-04	1,60-04	2,82-04	1,18-04	0,174
15.00	2,67-06	1,49-06	1,97-06	1,05-06	0,285	4,56-04	1,91-04	3,95-04	1,83-04	0,305
15.30	2,50-06	1,55-06	2,22-06	1,93-06	0,161	3,55-04	2,10-04	3,88-04	2,39-04	0,870
16.00	2,67-06	1,80-06	1,72-06	1,19-06	0,037	3,87-04	2,19-04	2,72-04	1,78-04	0,067

Diskussion

Die vorliegende Untersuchung belegt, daß sowohl die Partikel- als auch die Luftkeimkonzentration auf der ITS durch die Schleusung von Personal und Besuchern nicht beeinflusst wurde.

Bei der Auswahl des Meßzeitraums wurde bewußt der Schichtwechsel zwischen der Früh- und der Spätschicht berücksichtigt, um eine zeitlich konstante Häufung von Schleusungsvorgängen zu erreichen. Mit der Durchführung der Messungen zu gleichen Zeiten an allen Meßtagen ergab sich die Möglichkeit, den Einfluß der für eine akute Änderung der Luftbelastung theoretisch relevanten Handlungsabläufe (Schichtwechsel, Austausch von Teilen des Beatmungssystems, Beginn der Besuchszeit) zu untersuchen. Zudem sollte die konstante Tageszeit zu einem möglichst gleichbleibenden Arbeitsablauf während der Probennahme führen.

Während bei den Luftkeimzahlen durch die Schleusung keinerlei signifikante Änderungen auftraten, fanden sich für die Werte der beiden berücksichtigten Partikelfractionen vereinzelt signifikant höhere Werte in der Schleusungsphase. Möglicherweise ist hier die gesteigerte Generierung von Partikeln durch den häufigeren Kleidungswechsel sowie durch das spezifische Material der Schutzkleidung (Baumwolle) als Ursache zu benennen. Dafür würde sprechen, daß eine wesentliche Beeinflussung der mikrobiellen Luftkontamina-

tion offensichtlich nicht eintrat, da die zusätzlichen Partikel aufgrund ihrer Genese aus der frischen Wäsche steril bzw. keimarm waren. Dies unterstützt die Forderung, den Partikelabrieb nicht nur der OP-Kleidung, sondern auch der Bereichskleidung für Reinräume der Klasse II als wesentliches Auswahlkriterium bei der Beschaffung der Kleidung zu benennen.

Hoborn et al. schildern die Probleme, die reine Baumwoll- und Baumwollmischgewebe bei der Verwendung für OP-Mäntel und Patientenabdeckungen mit sich bringen (2). Neben den unbestrittenen Vorteilen beim Tragekomfort sind es die mangelnde Barrierewirkung gegen Flüssigkeiten und Keime sowie mitunter erhebliche Partikelfreisetzung, die eine Verwendung dieser Materialien im OP ausschließen. Diese Nachteile treffen auch für die auf dieser ITS verwendete Bereichskleidung aus Baumwolle zu. Inwieweit die für den OP-Bereich in Erwägung gezogenen bzw. bereits verwendeten neueren Textilien (z.B. Barriere-Misch- und Mikrofilamentgewebe, textile Lamine) hier eine Veränderung herbeiführen können, ist derzeit noch offen.

Die aktuell gültige DIN-Norm für Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern fordert für Intensivtherapiestationen, auf denen Patienten der Kategorie A2 gem. RKI-Richtlinie behandelt werden, aus klimaphysiologischen und infektionsprophylaktischen Gründen eine RLT-Anlage (1). Wie unsinnig diese Anforderung ist, wird bereits klar, wenn man berück-

Tabelle 3: Belastung der Luft mit Mikroorganismen auf dem Gang und im Zimmer der ITS

	Gang der Intensivtherapiestation					Zimmer der Intensivtherapiestation				
	Mit Schleusen		Ohne Schleusen		p-Wert	Mit Schleusen		Ohne Schleusen		p-Wert
	Mittelwert	STD	Mittelwert	STD		Mittelwert	STD	Mittelwert	STD	
13.30	407,07	296,98	350,13	509,71	0,074	399,47	388,03	211,87	174,68	0,056
14.00	270,73	93,46	255,6	259,28	0,106	276,87	228,23	296,80	316,70	0,461
14.30	312,73	223,70	344,07	347,58	0,624	205,20	156,25	223,47	177,52	0,775
15.00	373,47	262,04	268,67	133,65	0,345	272,47	141,84	244,87	151,72	0,713
15.30	360,27	263,98	346,13	341,53	0,744	277,13	270,19	216,87	115,63	0,653
16.00	367,00	285,40	219,33	114,23	0,137	255,47	166,94	171,60	84,18	0,285

sichtigt, daß ein großer Teil der Patienten auf Intensivtherapiestationen beatmet ist und daher keinem nennenswerten Risiko durch Mikroorganismen der Umgebungsluft ausgesetzt ist. Vor diesem Hintergrund hat auch die Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsverhütung des RKI klargestellt, daß für Patienten der Kategorie A2 allenfalls aus klimaphysiologischen Gründen, nicht jedoch zur Infektionsverhütung, eine RLT-Anlage notwendig ist (5). Das in einigen Krankenhäusern anzutreffende Argument, gerade weil keine RLT-Anlage auf der ITS vorhanden sei, müsse der Partikel- und Keimeintrag durch konsequente Schleusung mit Anlegen von Bereichskleidung maximal reduziert werden, wird durch die vorliegende Arbeit entkräftet.

Als Konsequenz läßt sich festhalten, daß Besucher in Straßenkleidung und mit Straßenschuhen die ITS betreten dürfen; lediglich bei sichtbaren Verunreinigungen von Kleidung oder Schuhwerk besteht Handlungsbedarf. So ist beispielsweise zu fordern, daß Monteure oder Handwerker saubere Kleidung überziehen. Krankenhausintern muß geprüft werden, ob hier spezielle Besucherkleidung oder Einwegkittel zur Verfügung gestellt werden. Werden Plastiküberzieher für die Schuhe verwendet, ist auf ein hinreichendes Größensortiment zu achten, da schlecht sitzende Überzieher beim Gehen wie ein Blasebalg den Straßenstaub des Schuhwerks freisetzen; ggf. ist hier die Bereitstellung einiger desinfizierbarer Plastikschuhe oder Sandalen zweckmäßiger. Die Praxis, von jedem Besucher das Überziehen eines Plastikschutzes über die Schuhe bzw. das Anlegen von Bereichsschuhen zu fordern, ist dagegen unbegründet. Dies sollte natürlich nicht davon ablenken, daß erhöhte Partikelkonzentrationen durchaus Probleme mit sich bringen können; letztere liegen vor allem in der vermehrten Staubablagerung und der möglichen Aufwirbelung sekundär keimbelasteter Partikel. Sinnvoll ist es, auch von Besuchern eine Händedesinfektion beim Betreten und Verlassen der ITS zu fordern. Darüber hinaus ist bei akuten respiratorischen Infektionen ein Mund-Nasen-Schutz anzulegen und ggf. auch der Zutritt zu verwehren.

Hinsichtlich des medizinischen Personals auf Intensivtherapiestationen treten dagegen andere Aspekte in den Vordergrund. Neben der obligatorischen Händedesinfektion bei Betreten und Verlassen der ITS ist das Tragen von Bereichskleidung für Personen, die dauerhaft auf der ITS arbeiten, sinnvoll. Der wesentliche Grund ist darin zu sehen, daß die Wahrscheinlichkeit einer Kontamination der Kleidung mit Problemkeimen (multiresistente Erreger!) auf einer ITS um ein Vielfaches größer ist als in anderen Bereichen, und die Weiterverbreitung dieser Erreger am einfachsten durch das An- und Ablegen separater Bereichskleidung unterbunden werden kann. Allerdings muß auch in diesem Zusammenhang betont werden, daß die korrekt durchgeführte Händedesinfektion beim Verlassen der ITS wesentlich wichtiger ist als die Frage des Kleiderwechsels. Aus praktischen Gründen sollte dennoch ein Kleiderwechsel beim

Verlassen der ITS gefordert werden, da die Verwendung von Bereichskleidung sich ansonsten erfahrungsgemäß überhaupt nicht durchsetzen läßt.

Ob auch alle anderen Personen (Konsiliarien, Physiotherapeuten, Seelsorger etc.) für ihre zeitlich befristete Tätigkeit auf der ITS Bereichskleidung anlegen müssen, sollte in Abhängigkeit von der spezifischen infektiologischen Situation der ITS durch einen Krankenhaushygieniker entschieden werden. Bestehen beispielsweise Probleme mit multiresistenten Staphylokokken auf einer ITS, sollte dies konsequent und ausnahmslos gefordert werden, um die Weiterverbreitung in andere Bereiche des Krankenhauses zu verhindern. Hier kommt insbesondere Personen, deren Tätigkeit einen engen Kontakt mit dem Patienten bedingt (z.B. Physiotherapeuten), besondere Bedeutung zu.

Abschließend muß betont werden, daß das oben ausgeführte Hygieneregime selbstverständlich nicht für Bereiche mit Patienten, die aufgrund einer übertragbaren Infektionskrankheit oder einer besonders ausgeprägten Infektionsgefährdung (Z. n. Verbrennung, Organtransplantation, iatrogenen Immunsuppression etc.) isoliert werden, zu übertragen ist.

Summary: The use of special clothing and shoes (or plastic covers to be worn over the shoes) is a common ritual for visitors of patients in intensive care units (ICU). To assess if this practice influences the contamination of the ambient air, microorganisms and particles in the air were collected at particular intervals on an ICU. For 15 days all visitors and people who did not work in the ICU continuously had to put on special ICU-clothing and shoes, during the next 15 days they were allowed to enter the ICU in their regular clothing.

We found increased counts of particles in the air were detected when all persons entering the ICU had to put on the protective clothing, which may be due to the release of particles from the cotton material of the ICU-clothing. The microbial contamination of the air remained unchanged.

As a result it has become evident, that it is not necessary for people visiting ICU patients to put on special ICU-clothing or shoes unless the patients suffer from a transmissible infectious disease or are highly immunosuppressed. In contrast, hand disinfection and usage of face masks in case of acute respiratory disease are recommended. In addition, coats should be take off and shoes changed if they are visibly dirty.

Key-words:
Intensive Care Units;
Hygiene;
Air clothing pollution, indoor.

Hygiene

Literatur

1. *DIN 1946-4*: Raumluftechnische Anlagen in Krankenhäusern. (1998)
2. *Hoborn J, Urech D und Werner HP*: Standardisierung von OP-Mänteln und Abdeckmaterialien als Voraussetzung für eine sichere Infektionsprävention. *Hyg Med* 23 (1998) 174-176
3. *Noble W C, Lidwell OM und Kingston D*: The size distribution of airborne particles carrying micro-organisms. *J Hyg Camb* 61 (1963) 385-391
4. *RKI*: Anforderungen der Hygiene an die funktionelle und bauliche Gestaltung von Einheiten für Intensivmedizin.

Anlage zu Ziffer 4.3.4 der "Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention" (1996)

5. *RKI*: Anforderungen an RLT-Anlagen in Krankenhäusern. *Bundesgesundhbl.* 42 (1999) 612.

Korrespondenzadresse:

Dr. med. *F.-A. Pitten*

Institut für Hygiene und Umweltmedizin,
Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald
Hainstraße 26
D-17489 Greifswald.