

Bakterielle Kontaminationen der Raumluft in Intensivpflegestationen

H. J. Russenberger, Elisabeth Scholz, H. U. Wanner
Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, Eidg. Technische Hochschule, 8006 Zürich

1. Einleitung und Fragestellung

Die *Intensivpflegestation* gehört zu jenen Spitalbereichen, in welchen eine hohe mikrobiologische Reinheit gefordert wird. Von besonderer Bedeutung ist der Reinheitsgrad der *Raumluft*. Diese kann durch Mikroorganismen auf verschiedene Weise kontaminiert werden: aus der *Aussenluft*, welche durch Fenster und Türen respektive über Klimaanlage in den Raum gelangt; im Raume selber durch das *Personal* oder durch kontaminierte *Aerosole* und *Gase* wie z. B. aus Atemluftbefeuchtern, Respiratoren sowie zentralen Anlagen für Pressluft, Sauerstoff und Lachgas.

Die vorliegenden Untersuchungen sollen einen Einblick geben über die Bedeutung von *Atemluftbefeuchtern*, *Respiratoren* sowie *Pressluft*, *Sauerstoff* und *Lachgas* als *Streuquellen für Bakterien und Pilze* in der Intensivstation. Da zudem Respiratoren in der Regel mittels Formaldehyd desinfiziert werden, wurde auch untersucht, in welchem Masse sich Desinfektionsmittelrückstände in den Apparaten bilden und von diesen wieder abgegeben werden.

2. Messmethoden

2.1. Keimnachweis in der Luft [7]

Für den Nachweis von Bakterien und Pilzen in der Luft wurden Slit-Sampler, Andersen-Sampler, Gelatine-Filter sowie Porton-Impinger verwendet.

Beim *Slit-Sampler* wird die Luft durch einen dünnen Schlitz angesaugt, dabei stark beschleunigt und anschliessend auf eine Nährbodenplatte aufgeblasen, welche sich unmittelbar unter dem Schlitz befindet und während der Probenahme eine volle Umdrehung ausführt. Bei diesem Sammelvorgang werden die Keime – respektive deren Träger – auf der Nährbodenoberfläche zurückgehalten. Die Platten werden anschliessend bebrütet, wobei sich makroskopisch sichtbare Kolonien bilden.

Beim *Andersen-Sampler* wird die Luft durch einen 6stöckigen Siebplatten-Turm durchgesaugt. Unterhalb jeder Siebplatte befindet sich eine Nährbodenplatte, auf welcher die in der Luft enthaltenen Keime abgelagert werden. Da der Lochdurchmesser bei den übereinanderliegenden Siebplatten kontinuierlich abnimmt, ergibt sich eine Aufteilung der Partikeln nach ihrer Grösse. Nach Bebrütung der Nährbodenplatten werden die gewachsenen Kolonien ausgezählt.

Die *Gelatinefilter* mit einer mittleren Porenweite von 3 μm werden in einen einseitig offenen Filterhalter eingespannt, und anschliessend wird die zu untersuchende Luft durchgesaugt. Die exponierten Filter können zur Bebrütung auf eine feste Nährbodenoberfläche aufgelegt werden.

Beim *Porton-Impinger* wird die Luft durch ein Glasrohr angesaugt, in einer Kapillare stark beschleunigt und danach in eine Absorptionsflüssigkeit (sterile ge-

Kontaminierte Atemluftbefeuchter und Formalin-Rückstände in Beatmungsgeräten gefährden in hohem Mass die abwehrgeschwächten Patienten auf Intensivpflegestationen.

pufferte Natriumchloridlösung, pH 7) eingeleitet. Dabei werden die in der Luft enthaltenden Partikeln absorbiert. Von der Flüssigkeit können nun Proben im Plattengussverfahren zur Bebrütung angesetzt werden.

2.2. Keimnachweis im Wasser

Der Keimnachweis im Wasser erfolgte mittels der *Plattenguss-Methode*, wobei je nach zu erwartendem Keimgehalt 1–2 ml Wasser in 20 ml Nähragar angesetzt wurden.

2.3. Bestimmung des Formaldehydgehaltes in der Luft

Die Bestimmung des Formaldehydgehaltes der Luft erfolgte nach der *Chromotropsäure-Methode* [1]: die zu untersuchende Luft wird durch einen Impinger durchgesaugt, welcher 10 ml einer Lösung von 1 g Chromotropsäure in 1 l konzentrierter Schwefelsäure enthält. Nach Zugabe von 0,5 ml Wasser setzt sich die Chromotropsäure mit dem Formaldehyd zu einem 3,4,5,6-Dibenzoxanthfarbstoff um, welcher spektrophotometrisch bei 580 μm bestimmt werden kann.

3. Keimgehalt der Raumluft

Messungen des Keimgehaltes der Raumluft ergeben Hinweise über den allgemeinen mikrobiologischen Reinheitsgrad eines Raumes [13], was in Räumen mit erhöhten Anforderungen besonders wichtig ist. Ausserdem können dabei massive Streuquellen erfasst werden: so ist es möglich, Mängel bei Klimaanlage aufzudecken und auch zu beheben [2]; aber auch der Mensch kann als massgebende Streuquelle erfasst werden [7].

Aus diesen Gründen führten wir Messungen des Luftkeimgehaltes in folgenden Räumen von Intensivpflegestationen durch:

Raum 1: Wachsaal mit 4 belegten Patientenbetten; 4–6 Krankenschwestern; intensiver Betrieb; ca. 6facher Luftwechsel pro Stunde.

Raum 2: Unbelegter Wachsaal gleicher Grösse wie Raum 1, unmittelbar nach erfolgter Raumdesinfektion; ca. 6facher Luftwechsel pro Stunde.

Raum 3: Krankenzimmer mit 1 belegten Patientenbett; 1 Krankenschwester; ruhiger Betrieb; ca. 6facher Luftwechsel pro Stunde.

Raum 4: Krankenzimmer mit 1 belegten Bett; 1 Krankenschwester; ruhiger Betrieb; Atemluftbefeuchter beim Patienten; ca. 6facher Luftwechsel pro Stunde.

In Tabelle 1 sind die Resultate der Luftkeimzahlbestimmungen in den 4 Räumen zusammengestellt.

Tabelle 1
Luftkeimzahlen aus 4 Krankenzimmern von Intensivpflegestationen
Probenahmen mit Slit-Samplern in Raummitte
Nährboden: Blut-Agar
Bebrütung: 37 °C/48 h

| Raum | Belegung | | Anzahl Probenahmen | Keime/m ³ Luft Durchschnitt | Keime/m ³ Luft Extremwerte |
|------|------------|--------------|--------------------|--|---------------------------------------|
| | Pa-tienten | Schwe- stern | | | |
| 1 | 4 | 4-6 | 8 | 197,5 | 120- 360 |
| 2 | — | — | 10 | 38,0 | 20- 93 |
| 3 | 1 | 1 | 9 | 50,2 | 18- 101 |
| 4 | 1 | 1 | 8 | ca. 1500 | 1000-2500 |

Die Resultate aus den Räumen 1 bis 3 liegen in Grössenordnungen, wie sie unter den vorliegenden Verhältnissen üblicherweise angetroffen werden: bei Luftwechselraten bis 10 h⁻¹ sind bei einer Belegung von 5-10 Personen und einem intensiven Betrieb, wie er in einem Wachsaal herrscht, Werte bis 500 Keime/m³ Luft unvermeidlich.

Der Vergleich der Werte aus dem Raum 1 mit jenen aus Raum 2 einerseits und aus Raum 3 andererseits zeigen den Einfluss von Belegung und Tätigkeit klar auf: bei vergleichbarem Luftwechsel im Raum nimmt der Luftkeimgehalt mit steigender Belegung und Tätigkeit zu.

Auch Untersuchungen in verschiedenen Operationssälen haben gezeigt, dass der stündliche Luftwechsel in einem Raum einen deutlich reduzierenden Einfluss auf den Keimgehalt der Raumluft hat [8]. Wie die Abbildung 1 darstellt, wurden in einem Operationsaal mit natürlicher Lüftung durch Fenster und Türen

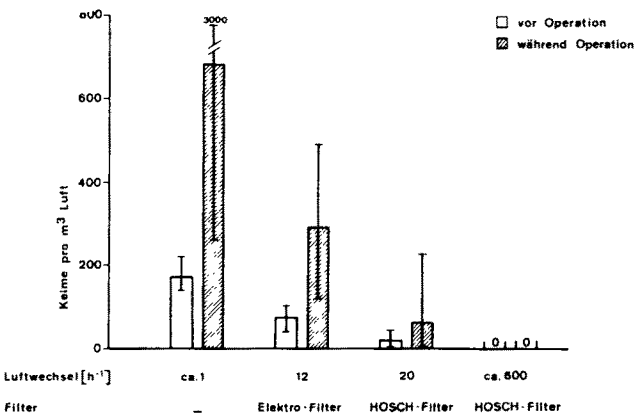


Abbildung 1
Luftkeimzahlen in vier Operationssälen mit verschiedenen Belüftungsanlagen
Probenahmen mit Slit-Sampler (150 l Luft/5 min); Nährboden: Blut-Agar (37 °C/48 h).

während Operationen durchschnittlich knapp 700 Keime/m³ Luft gemessen, in einem Operationssaal mit ca. 12fachem Luftwechsel durchschnittlich knapp 300 und in einem Operationssaal mit 20fachem Luftwechsel noch etwa 70 Keime/m³ Luft. Dagegen konnten in einer Reinen Operationskabine mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung (ca. 600facher Luftwechsel) keine Keime nachgewiesen werden.

Demgegenüber sind die Ergebnisse aus Raum 4 in diesem Vergleich zunächst unverständlich (Tabelle 1): bei vergleichbaren Raumverhältnissen, Luftwechselrate, Belegung und Tätigkeit wie in Raum 3 liegen die Werte extrem höher. Erfahrungsgemäss weisen solche aussergewöhnliche Luftkeimzahlen auf eine massive Streuquelle im Raum hin: eine Nachforschung ergab denn auch, dass in diesem Raume ein hochkontaminierter Atemluftbefeuchter in Betrieb war, welcher sowohl der Raumluft wie auch dem Patienten selber laufend ein konzentriertes Keimaerosol zuführte: im Aerosolstrom fand man Konzentrationen bis 4000 Keime/m³ Luft, in der Wasservorratsflasche bis 10⁶ Keime/ml! Ausserdem zeigte eine Probenahme mittels Andersen-Sampler, dass der weitaus grösste Anteil der Keime an Tröpfchen mit einem Durchmesser < 5 µm haftete, also an der lungengängigen Fraktion (Abb. 2).

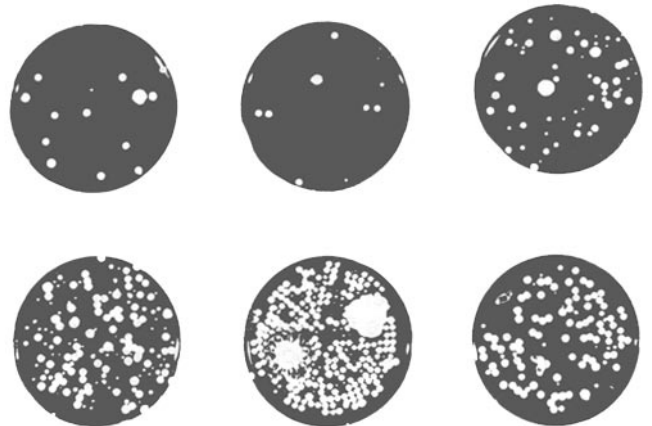


Abbildung 2
Luftkeime in einer Intensivpflegestation
Probenahme mit einem Andersen-Sampler in etwa 5 m Entfernung von einem Atemluftbefeuchter. Obere Reihe (von links nach rechts): die Stufen 1-3 des Andersen-Samplers (Keimträger > 5 µm), untere Reihe die Stufen 4-6 (Keimträger < 5 µm). Diese Messung zeigt deutlich, dass die vom Atemluftbefeuchter ausgestreuten Keime vor allem an feinen Wassertröpfchen hafteten.

4. Kontaminationen bei Atemluftbefeuchtern

In einer Reihe von Untersuchungen konnten gehäufte Infektionen des Respirationstraktes auf kontaminierte Vernebler- und Zerstäubergeräte zurückgeführt werden [2, 4, 5, 6, 9]; auffallend dabei ist, dass meistens gramnegative Keime für diese Infektionen verantwortlich waren. Einige Untersuchungen mit Stichproben an verschiedenen Atemluftbefeuchtern in Inten-

sivpflegestationen bestätigten, dass massiv kontaminierte Geräte wiederholt anzutreffen sind, ja fast die Regel darstellen [14].

In weiteren methodischen Untersuchungen im Labor, bei welchen jeweils die Geräte vor Inbetriebnahme sterilisiert und nur mit sterilem destilliertem Wasser betrieben wurden, ergab sich, dass spätestens nach 48 bis 72 Betriebsstunden sowohl der Aerosolstrom als auch das Vorratswasser massiv kontaminiert waren.

Auf Grund der durchgeführten Labor- und Felduntersuchungen sowie der Hinweise auch aus der Literatur [10] sind beim Betrieb von Atemluftbefeuchtern folgende Punkte zu beachten:

- Vor jeder Inbetriebnahme bei einem Patienten sind die Verneblerkammer, der Vorratsbehälter und sämtliche Schläuche zu sterilisieren. Es ist sicherzustellen, dass nach der Sterilisation keine Rückstände des Desinfektionsmittels (z. B. Äthylenoxid, Formalin) vorhanden sind.
- Es ist nur steriles Wasser zu verwenden.
- Bei Inbetriebnahme und beim Nachfüllen von sterilem Wasser ist auf grösste Sorgfalt zu achten.
- Nach spätestens 2-3 Tagen - auch bei nicht kontinuierlichem Betrieb - ist eine Reinigung und Sterilisation durchzuführen.
- Periodisch sind bakteriologische Kontrollen des Befeuchterwassers und der Luft vorzunehmen.

Den Erfolg dieser Massnahmen machen Kontrollmessungen auf einer Intensivpflegestation sichtbar: bei mehreren Apparaten mit verschiedenen langen Betriebszeiten bis zu 72 Stunden waren im Wasser vereinzelte Keime nachweisbar (Tabelle 2); zusätzliche Messungen aus dem Aerosolstrom ergaben Werte zwischen 10 und 40 Keimen/m³ Luft.

Tabelle 2

Ultraschallvernebler in einer Intensivpflegestation

Durchschnittswerte von jeweils 3 Wasserproben aus der Verneblerkammer. Apparate und Zubehör wurden vor jeder Serie sterilisiert; in der Serie V Nachfüllen von sterilem Wasser nach 48 Betriebsstunden. Nährböden: PC 37/PC 22 = Plate-Count-Agar, Bebrütung: 37 °C/2 Tage resp. 22 °C/5 Tage.

| Serie | Anzahl Betriebsstunden (Total) | Wasser Keime/ml | |
|-------|--------------------------------|-----------------|-------|
| | | PC 37 | PC 22 |
| I | 2 | 0 | 0,4 |
| II | 12 | 0,2 | 0 |
| III | 2 | 1,9 | 0 |
| | 9 | 0,3 | 0 |
| IV | 2 | 0 | 0 |
| | 24 | 0,1 | 0,1 |
| V | 48 | 0,4 | 0,7 |
| | 2 | 0,7 | 4,7 |
| VI | 24 | 0,1 | 0,8 |
| | 48 | 0,1 | 0,4 |
| | 72 | 1,0 | 1,4 |
| | 72 | 0 | 0,2 |

5. Kontaminationen bei Respiratoren

Nach einem ähnlichen Prinzip wie die Atemluftbefeuchter funktionieren *Respiratoren*, welche bei Patienten mit ungenügender Spontanatmung eingesetzt werden: Raumluft wird angesaugt, in einer Befeuchtereinheit angefeuchtet und über ein Schlauchsystem dem Respirationstrakt des Patienten zugeführt. Deshalb ist es naheliegend, auch Respiratoren auf allfällige Kontaminationen im Befeuchterwasser wie auch in der Beatmungsluft zu untersuchen.

Die Ergebnisse von Stichproben an Respiratoren einer Intensivpflegestation sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3

Keimgehalt in der Beatmungsluft und im Befeuchterwasser von Respiratoren

Methoden: Porton-Impinger (Luft), Plattenguss-Verfahren (Wasser)

Nährboden: Plate-Count-Agar

Bebrütung: 37 °C/2 Tage resp. 22 °C/5 Tage

| Apparat | Anzahl Betriebsstunden | Keimgehalt | |
|---------|----------------------------|-----------------|---------------------------|
| | | Wasser Keime/ml | Luft Keime/m ³ |
| I | 2 | 0 | 3 |
| II | 6 | ca. 800 | 3 |
| | nach 10 Tagen ohne Betrieb | ca. 900 | 64 |
| III | 30 | 0,1 | — |
| IV | 48 | 0,3 | — |
| V | 20 | 0,1 | — |

Die Keimzahlen der Beatmungsluft sowie des Befeuchterwassers liegen in der Grössenordnung, wie sie auch bei einwandfrei gewarteten Atemluftbefeuchtern (Kapitel 4) gefunden wurden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die untersuchten Respiratoren jeweils nur relativ kurze Zeit (3-4 Tage) in Betrieb waren, bis sie wieder gereinigt und desinfiziert wurden. Dass bei längerem Betrieb ähnlich massive Kontaminationen möglich sind wie bei Atemluftbefeuchtern, bestätigt Grün [3]: er fand im Befeuchterwasser 200 bis 2,4 Mio/ml einer einzigen Keimart (*Pseudomonas pyocyanea*).

Aus diesem Grunde ist es erforderlich, dass auch Respiratoren regelmässig gereinigt und desinfiziert werden. Dies insbesondere, um Kreuzkontaminationen von Patient zu Patient verhindern zu können: die Ausatemungsluft, welche vom Patienten kommt, wird in den Respirator zurückgeleitet, so dass das ganze System auch durch den Patienten kontaminiert werden kann.

Respiratoren werden häufig in einer geschlossenen Kammer mittels zerstäubtem oder verdampftem *Formaldehyd* desinfiziert, wobei der Apparat mit dem Desinfektionsmittel durchspült wird. Da im ganzen Luftführungssystem neben Metall noch andere Materialien wie Gummi und Plastics vorkommen, besteht die Möglichkeit, dass sich hier Rückstände an Desinfektionsmittel anreichern können, welche anschliessend mit der

Beatmungsluft dem Patienten zugeleitet werden. Da Formaldehyd toxikologisch zu der Gruppe der Reizgase gezählt werden muss, welche im Respirationstrakt schwere Schädigungen hervorrufen können, ist es in der Einatmungsluft nicht nur unerwünscht, sondern gefährlich.

Aus diesem Grunde wurden Respiratoren, welche mittels Formaldehyd desinfiziert wurden, auf dessen Gehalt in der Beatmungsluft untersucht. Die Resultate finden sich in Tabelle 4.

Tabelle 4
Formaldehydgehalt in der Beatmungsluft von Respiratoren und in der Raumluft
Probenahmen nach der Desinfektion und nach verschieden langer Betriebsdauer
* Inbetriebnahme 50 Stunden nach Desinfektion

| Apparat Nr. | Betriebsdauer Stunden | Formaldehydgehalt ppm | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|---------------|
| | | Beatmungs- | Raumluft luft |
| I | 0 | 4,40 | 0,10 |
| | 6 | 0,65 | 0,06 |
| II | 2 | 1,40 | 0,10 |
| | 5 | 0,30 | — |
| III | 0 | 0,90 | — |
| | 7 | 0,80 | — |
| | 24 | 0,60 | 0,07 |
| IV | 89 | 0,20 | 0,20 |
| | 72 | 0,30 | 0,20 |
| V | 0* | 1,60 | — |
| | 77 | 0,86 | 0,20 |
| | 101 | 0,65 | 0,14 |
| VI | 170 | 1,20 | 0,20 |
| | 72 | 0,28 | 0,20 |
| VII | 72 | 0,60 | 0,20 |

Daraus geht hervor, dass bei allen Apparaten unmittelbar oder mehrere Stunden nach der Desinfektion in der Beatmungsluft Formaldehyd nachweisbar war; die gemessenen Konzentrationen lagen zwischen 0,2 und 4,3 ppm, was in den meisten Fällen um ein Vielfaches höher war als der jeweilige Raumluftpegel (0,06 bis 0,2 ppm). Dabei ist festzuhalten, dass bereits diese Raumluftwerte über den normalerweise in Räumen messbaren Konzentrationen liegen.

Auffallend sind die grossen Streuungen, welche zwischen den verschiedenen Apparaten auftraten. Ausserdem zeigte sich, dass auch nach längerer Betriebszeit der Gehalt an Formaldehyd nur langsam abnahm, und auch das ganz unterschiedlich bei den verschiedenen Apparaten.

Die festgestellten Formaldehyd-Gehalte lagen grösstenteils in Bereichen, bei welchen mit Reizungen und Schädigungen der Atmungsorgane gerechnet werden muss: der MAK-Wert für Formaldehyd (Maximale Arbeitsplatzkonzentration für einen 8stündigen Arbeitstag für gesunde erwachsene Personen) beträgt 1 ppm [11]. Für Patienten muss deshalb ein niedrigerer Gehalt als zulässig betrachtet werden; sinnvoll wäre z. B. eine Forderung, dass der Formaldehyd-Gehalt in der

Beatmungsluft die üblichen Raumluftwerte nicht übersteigen darf, also nicht über 0,05 ppm.

Eine mögliche Lösung dieses Problems scheint momentan in der Wahl eines anderen Desinfektionsmittels zu liegen, welches keine gesundheitsschädigenden Rückstände bildet. *Wewalka* und *Werner* [16] schlagen dazu Peressigsäure vor, welche sich in praxisnahen Laboruntersuchungen sowie in der Praxis auf einer Intensivpflegestation zur Desinfektion von Beatmungsgeräten als geeignet erwiesen hat.

6. Pressluft, Sauerstoff, Lachgas

Da Pressluft, Sauerstoff und Lachgas in verschiedenen Spitälern aus einer Zentrale über längere Leitungssysteme dem Patienten zugeführt werden, kommen sie als mögliche Träger von Mikroorganismen in Frage.

In insgesamt 56 Probenahmen à 250 l der drei Gase mittels Gelatinefilter waren lediglich 3mal 1 Pilz nachweisbar, alle übrigen Proben blieben steril (Tabelle 5). Daraus kann geschlossen werden, dass diesen drei Gasen auf der Intensivstation lediglich eine untergeordnete oder gar keine Bedeutung als mögliche Streuquelle für Mikroorganismen zukommt. Eine Gefahr für Kontaminationen bilden jedoch die Zapfstellen, wenn Ventile nicht mit der notwendigen Sorgfalt abgeschlossen werden.

Tabelle 5
Keimgehalt von Narkose- und Beatmungsgasen
Probenahmen: Gelatine-Filter; 250 l pro Probenahme
Nährboden: Blut-Agar (BA), Bebrütung bei 37 °C während 2 Tagen; Plate-Count-Agar (PCA), Bebrütung bei 22 °C während 5 Tagen; Anaerobier-Agar (AA), Bebrütung bei 37 °C während 1 Tag

| Gas | Anzahl Probenahmen zu 250 l | Steril | Kontaminiert |
|------------|-----------------------------|--------|-----------------|
| Pressluft | 18 | 18 | 0 |
| Lachgas | 18 | 17 | 1 (1 Pilz) |
| Sauerstoff | 20 | 18 | 2 (2mal 1 Pilz) |

7. Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen in Intensivpflegestationen ergaben zunächst, dass das Personal und dessen Tätigkeiten eine bedeutende Streuquelle für Mikroorganismen darstellen: je mehr Personen sich in einem Raum aufhalten und je intensiver ihre Tätigkeiten sind, desto grösser wird der Keimgehalt der Raumluft und damit das Risiko einer möglichen Infektion für die Patienten. Die Anzahl Personen, die sich im Raum aufhalten, ist deshalb auf ein Minimum zu beschränken. Die bei den Behandlungen und Arbeiten unvermeidbaren Ausstreuungen können mittels einer wirksamen Belüftung rasch eliminiert werden: mit einem ca. 20fachen Luftwechsel können Konzentrationen von 50–100 Keimen/m³ Luft eingehalten werden. Höhere Luftwechselraten mit tur-

bulenzarmer Verdrängungsströmung sind nur bei Behandlungen angezeigt, die besondere Isoliermassnahmen erfordern – wie z. B. bei Leukämie-Patienten und Knochenmark-Transplantationen; in solchen Fällen ist der Nutzen erwiesen [15]. Aber auch hier geht es in erster Linie darum, Keimübertragungen vom Pflegepersonal auf den Patienten und umgekehrt zu verhindern.

Als weitere mögliche massive Streuquelle traten kontaminierte Atemluftbefeuchter auf, welche dem Raum sowie dem Patienten ein konzentriertes Keim-aerosol zuführten. Die vorgeschlagenen Massnahmen zur Desinfektion und für den Betrieb von Atemluftbefeuchtern erwiesen sich als wirksam. Diese Massnahmen erfordern einen gewissen materiellen sowie organisatorischen Aufwand, der jedoch zur Verhinderung einer gefährlichen bakteriellen Streuquelle gerechtfertigt ist.

Grundsätzlich bestehen bei Respiratoren dieselben Kontaminationsprobleme wie bei Atemluftbefeuchtern. Da sie jedoch in der Regel häufiger desinfiziert werden – die Gefahr von Kreuzkontaminationen besteht hier ganz besonders –, können sich Rückstände des verwendeten Desinfektionsmittels anreichern. Diese gelangen – wie es sich im Falle des Formaldehyds gezeigt hat – kontinuierlich in die Beatmungsluft. Eine Möglichkeit, dies zu verhindern, bietet sich in der Wahl eines anderen Desinfektionsmittels, welches keine gesundheitsschädigenden Rückstände bildet.

Dagegen scheinen Narkose- und Beatmungsgase keine ins Gewicht fallende mikrobiologische Streuquelle darzustellen, auch wenn sie aus einer zentralen Anlage über ein verzweigtes Leitungsnetz zum Patienten geführt werden: in zahlreichen Probenahmen wurden lediglich vereinzelte Pilze nachgewiesen.

Zusammenfassung

Mittels bakteriologischer Untersuchungen in Intensivpflegestationen sollten mögliche Infektionsquellen erkannt und die Wirkung zweckmässiger Massnahmen zu deren Bekämpfung überprüft werden. Die Keimzahlen in der Raumluft lagen – je nach Belüftungsrate – zwischen 100 und 400 Keimen/m³. Gefährliche Streuquellen können Atemluftbefeuchter sein: im Wasser wurden bis zu 10⁴ Keime/ml, im Luftstrom bis zu 4000 Keime/m³ gemessen; häufiges Auswechseln und Sterilisieren dieser Geräte ist unerlässlich. Im Luftstrom von Engström-Beatmungsapparaten wurden bis zu 60 Keime/m³ festgestellt; hingegen wurden hier zum Teil ziemlich hohe Rückstände von der Desinfektion mit Formaldehyd gefunden. In der Pressluft, im Lachgas und im Sauerstoff waren praktisch keine Keime nachweisbar.

Résumé

Contamination bactérielle de l'air des pièces dans une station de traitement intensif

Moyennant des études bactérielles dans une station de traitement intensif, les sources possibles d'infection devraient être reconnues et l'effet de mesures utiles pour leur élimination examiné. Les nombres de germes dans l'air des pièces se situaient – selon l'intensité de la ventilation – entre 100 et 400 germes/m³. Les humidificateurs de l'air à respirer peuvent être des sources de dispersion dangereuses: dans l'eau on a mesuré jusqu'à 10⁴ germes/ml, et dans le courant atmosphérique jusqu'à 4000 germes/m³; l'échange fréquent et la stérilisation de ces appareils est donc indispensables. Dans le courant atmosphérique des appareils respi-

rateurs Engström on a constaté jusqu'à 60 germes/m³; par contre des résidus assez grands de la désinfection avec formaldéhyde ont été trouvés en partie. Dans l'air comprimé, dans le gaz hilarant et dans l'oxygène il n'y avait pratiquement plus de germes.

Summary

Bacterial contamination of the room air in intensive care stations

By means of bacteriological studies in an intensive care station all possible sources of infection should be recognized and the effect of useful measures for their elimination examined. The numbers of airborne bacteria lay – according to the rate of ventilation – between 100 and 400 germs/m³. Respiratory air humidifiers could present dangerous dispersion sources: up to 10⁴ germs/ml were measured in the water, and in the airflow up to 4000 germs/m³. Frequent changing and sterilising of these devices is inevitable. In the airflow of Engström respirators up to 60 germs/m³ were measured, whereas rather high residues of disinfection with formaldehyde were found. In the condensed air, in the laughing gas and in the oxygen practically no germs could be traced.

Literatur

- [1] *Altshuler A. P., Miller D. L., Sleva S. F.*: Determination of Formaldehyde in Gas Mixtures by the Chromotropic Acid Method. *Anal. Chem.* 33, 621–625 (1961).
- [2] *Griehle H. G., Colton F. R., Bird T. J., Toigo A., Griffith L. G.*: Fine-particle humidifiers. Source of pseudomonas aeruginosa infections in a respiratory-disease unit. *New Engl. J. Med.* 282, 531–535 (1970).
- [3] *Grün L.*: Zur Epidemiologie der Ps.-pyocyanea-Infektion im Krankenhausbereich. *Österreichische Krankenhauszeitung* 10, 31–37 (1969).
- [4] *Keller H., Spengler H., Latscha U.*: Befeuchterfieber. *Schweiz. med. Wschr.* 102, 865–872 (1972).
- [5] *Pestalozzi C.*: Febrile Gruppenerkrankungen in einer Modellschreiberei durch Inhalation von mit Schimmelpilzen kontaminiertem Befeuchterwasser («Befeuchterfieber»). *Schweiz. med. Wschr.* 89, 710–713 (1959).
- [6] *Phillips I. and Spencer G.*: Pseudomonas aeruginosa cross-infection, due to contaminated respiratory apparatus. *Lancet* II, 1325–1327 (1965).
- [7] *Russenberger H. J.*: Keimgehalt der Raumluft in Abhängigkeit der Belegung und des Luftwechsels. *Diss. ETH Zürich* (1974).
- [8] *Russenberger H. J.*: Keimgehalt der Raumluft in Abhängigkeit des Luftwechsels. *Chemische Rundschau* Nr. 23, Seite 3 (1974).
- [9] *Sanders Ch., Johanson W. G., Sanford J. P.*: Serratia marcescens infections from inhalation therapy medications: nosocomial outbreak. *Ann. intern. Med.* 73, 15–21 (1970).
- [10] *Sever J. L.*: Possible role of humidifying equipment in spread of infections from the newborn nursery. *Pediatrics* 24, 50–53 (1959).
- [11] *SUVA*: Zulässige Werte am Arbeitsplatz. *Form.* 1903, d-8.72 (1972).
- [12] *Wanner H. U.*: Die Luftqualität in klimatisierten Räumen. *Schweiz. Bl. Heizung und Lüftung* 37, 129–136 (1970).
- [13] *Wanner H. U.*: Untersuchungen über die Wirkung von Ultravioletstrahlen auf den Keimgehalt der Raumluft. *Schweiz. med. Wschr.* 102, 670–677 (1972).
- [14] *Wanner H. U., Russenberger H. J.*: Bakterielle Kontamination von Atemluftbefeuchtern. *Schweiz. med. Wschr.* 103, 1103–1107 (1973).
- [15] *Wanner H. U.*: Der Keimgehalt in der Luft von Operationssälen in Abhängigkeit des Belüftungsverfahrens. *Immunität und Infektion* 2, 118–122 (1974).
- [16] *Wewalka G., Werner H. P.*: Die Anwendung von Peressigsäure-Aerosol zur Desinfektion medizinischer Apparate. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B* 156, 557–563 (1973).

Adresse der Autoren

Dr. sc. nat. *Hans-Jörg Russenberger, Elisabeth Scholz*, PD Dr. *H. U. Wanner*, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, Eidg. Technische Hochschule, Clausiusstrasse 25, CH-8006 Zürich.