

➤ Schlüsselwörter

Nosokomiale Infektionen
Inzidenz
Pseudomonas aeruginosa
Desinfektion
Biofilm
Selbstdesinfizierender
Geruchsverschluss

➤ Keywords

Nosocomial infections
Incidence
Pseudomonas aeruginosa
Disinfection
Biofilm
Self-disinfectant siphon trap

Balla Sissoko, Rolf Sütterlin

Oberlausitz-Kliniken gGmbH
Flinzstraße 1, 02625 Bautzen

Konrad Stöber, Alexander Schluttig

BIOREC
Nordstraße 18, 02991 Lauta
E-Mail: a.schluttig@envica.com
www.biorec.de

Die Autoren danken Herrn Prof. Dr. med. Gerd Döring, Tübingen für die anregenden Diskussionen zu Beginn der Entwicklungsarbeiten zum selbstdesinfizierenden Hygiene-Geruchsverschluss.

¹Modifiziert nach einem Vortrag anlässlich des 5. Ulmer Symposiums „Krankenhausinfektionen“, 20. bis 23. Mai 2003

B. Sissoko, R. Sütterlin, K. Stöber und A. Schluttig*

Prävention nosokomialer Infektionen aus Waschbecken-Abläufen¹

Prevention of Nosocomial Infections from Sink Drains of Washing Basins

Summary

Sink drains in hospitals are considered to be potential sources of nosocomial infections. In this study, the possibility to prevent them by eliminating those standard drains is examined. Within a period of 15 months (711 patients) the influence of the self-disinfecting siphon trap on the number of nosocomial infections at an intensive care unit of Oberlausitz-Kliniken gGmbH at Bischofswerda has been investigated. A systematic surveillance of bacterial colonisation and nosocomial infections is carried out at this unit since two years. In August 2002 all common sink drains have been exchanged by self-disinfecting drains developed by BIOREC. As a consequence the rates of microbial colonisation of patients as well as the rates of incidents due to nosocomial infections were decreased. Investigations will be continued

Zusammenfassung

Es wurde die Frage bearbeitet, ob die Ausschaltung des Geruchsverschlusses unter Waschbecken als Keimreservoir und potenzielle Erregerquelle eine Möglichkeit der Prävention nosokomialer Infektionen darstellt. Dazu wurde der Einfluss eines selbstdesinfizierenden Geruchsverschlusses auf die Häufigkeit nosokomialer Infektionen in einer bislang 15-monatigen Studie an 711 Patienten auf der chirurgischen Intensivstation der Oberlausitz-Kliniken gGmbH in Bischofswerda untersucht. Seit 23 Monaten (821 Patienten) werden auf dieser Station Erregerstatistiken geführt und die Erhebung nosokomialer Infektionen systematisch durchgeführt. Im August 2002 wurden alle Standard-Geruchsverschlüsse unter den Waschbecken zu Testzwecken gegen selbstdesinfizierende Geruchsverschlüsse der Fa. BIOREC ersetzt. Sowohl die Erregerstatistiken als auch die Erhebung nosokomialer Infektionen zeigen seit dem Einbau der Testgeräte eine deutliche Ab-

nahme der Kolonisierung von Patienten und des Auftretens nosokomialer Infektionen. Die Untersuchungen werden fortgesetzt. (Hyg Med 2004; 29 [1/2]: 12–16)

Einleitung

Geruchsverschlüsse unter Waschbecken, Badewannen und Duschbecken werden seit längerem als Reservoir und potenzielle Infektionsquellen (z. B. für *Pseudomonaden*) beschrieben (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10).

Die Sperrflüssigkeiten in Geruchsverschlüssen unter Waschbecken im Klinikbereich enthalten nach eigenen Untersuchungen durchschnittlich 10^6 – 10^{10} KBE/ml. Der Geruchsverschluss unter dem Waschbecken im Patientenzimmer stellt somit eines der größten Keimreservoirs außerhalb und in unmittelbarer Umgebung des Patienten dar. Während des Zulaufes von Wasser in den Geruchsverschluss bilden sich an der Oberfläche der Sperrflüssigkeit Aerosole, welche auch alle Keime der Sperrflüssigkeit enthalten (10). Durch die Verdrängung der über der Sperrflüssigkeit stehenden Luftsäule nach oben gelangen diese keimhaltigen Aerosole nach außen in die umgebende Raumluft. Durch Vermeidung des direkten Auftreffens eines Wasserstrahles auf den Zulauf des Geruchsverschlusses lässt sich die Aerosolbildung wohl verringern, jedoch nicht unterbinden. Neben der Offenheit des Geruchsverschlusses und seiner direkten Verbindung zur umgebenden Raumluft ist besonders aber die Möglichkeit der Vermehrung von Keimen in der Sperrflüssigkeit von Bedeutung. Nährstoff- und Sauerstoffangebot und Temperaturen zwischen 20 und 40 °C ermöglichen die schnelle Vermehrung von Mikroorganismen in der Sperrflüssigkeit.

Mittels unterschiedlicher Typisierungsmethoden wurde gezeigt, dass Patienten durch *Pseudomonas aeruginosa* aus

dem Geruchsverschluss besiedelt wurden (1, 2, 8, 9). Döring et al. (10) stellten fest, dass bei Keimzahlen von $>10^5$ KBE/ml Sperrflüssigkeit die Übertragung von Keimen der Sperrflüssigkeit des Geruchsverschlusses auf die Hände des Pflegepersonals erfolgt. Der aus dem Geruchsverschluss übertragene *Pseudomonas aeruginosa* persistiert bis zu 70 Minuten und kann somit in dieser Zeit lebend auf den Patienten übertragen werden.

Material und Methoden

Seit über dreißig Jahren werden von Zeit zu Zeit Methoden und Geräte zur Dekontaminierung von Geruchsverschlüssen entwickelt (9, 10, 11, 12). Die bislang fehlende Akzeptanz aller dieser Verfahren in der Klinik hat zwei Ursachen. Zum einen fehlt bislang der Nachweis der Wirksamkeit im Hinblick auf die Prävention nosokomialer Infektionen, zum anderen haben diese Entwicklungen erhebliche technische und/oder wirtschaftliche Nachteile. Der getestete selbstdesinfizierende Geruchsverschluss ist eine Entwicklung, welche die genannten Nachteile nicht aufweist (Abb. 1).

Durch eine neuartige Kombination dreier verschiedener Dekontaminations-

und Desinfektionsmechanismen werden zum einen die Keime in der Sperrflüssigkeit vollständig abgetötet und gleichzeitig wird die Bildung des Biofilms an der Innenwand des Geruchsverschlusses verhindert. Dadurch wird die für die Übertragung kritische Keimzahl von 105 KBE/ml in der Sperrflüssigkeit (10) nicht erreicht. Die Gefahr der Übertragung von Keimen aus der Sperrflüssigkeit des selbstdesinfizierenden Geruchsverschlusses auf den Patienten wird somit dauerhaft minimiert. Vollautomatischer und wartungsfreier Betrieb sowie niedrige Betriebskosten sind Nutzer-Eigenschaften des Gerätes.

Das Gerät realisiert folgende Funktionen:

- Thermische Abtötung (76°C) der von außen in die Sperrflüssigkeit des Geruchsverschlusses gelangenden und dort über längere Zeit verbleibenden pathogenen Keime.
- Unterbindung der Bildung des Biofilms und damit Verhinderung von mikrobieller Vermehrung. Diese Funktionen werden durch das Zusammenwirken einer Heizeinrichtung, einem Vibrationssystem und einer antimikrobielle Beschichtung der Innenwand des Geruchsverschlusses erreicht.

Die Untersuchung der Wirksamkeit des selbstdesinfizierenden Geruchsverschlusses erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurden vier Testgeräte im mikrobiologischen Laboratorium hinsichtlich ihrer Funktion „Keimabtötung“ untersucht.

Dabei wurden vier Testgeräte im Labor mit je 200ml einer *Pseudomonas aeruginosa*-Suspension (10^8 KBE/ml) befüllt, in Betrieb gesetzt und ihre Wirksamkeit überprüft. Danach erfolgte im August 2002 der Einbau dieser Geräte auf der chirurgischen Intensivstation der Oberlausitz-Kliniken gGmbH in Bischofswerda. Die Testgeräte wurden monatlich bezüglich der Keimzahlen in der Sperrflüssigkeit durch sterile Entnahme von Flüssigkeitsproben untersucht. Die Bildung eines Biofilms wurde visuell beobachtet. Die seit 2001 auf der Station durchgeführte Erhebung nosokomialer Infektionen und die Erfassung der Erregernachweise am Patienten (Erregerstatistik) wurde weitergeführt, so dass ein direkter Vergleich der Kolonisierung und der Inzidenzen nosokomialer Infektionen bei Verwendung von üblichen Standard-Geruchsverschlüssen und bei der Anwendung der Testgeräte des selbstdesinfizierenden Geruchsverschlusses möglich ist.

Ergebnisse

Keimabtötung

In Abbildung 2 ist die Abnahme der Keimzahl über die Behandlungszeit dargestellt. Die Abtötung des Testkeimes erfolgte innerhalb von 2 Stunden vollständig. Nach einer Stunde wird die für die Übertragung kritische Konzentration von 10^5 KBE/ml (10) unterschritten.



Abbildung 1: Selbstdesinfizierender Geruchsverschluss unter einem Waschbecken der chirurgischen Intensivstation der Oberlausitz-Kliniken gGmbH in Bischofswerda.

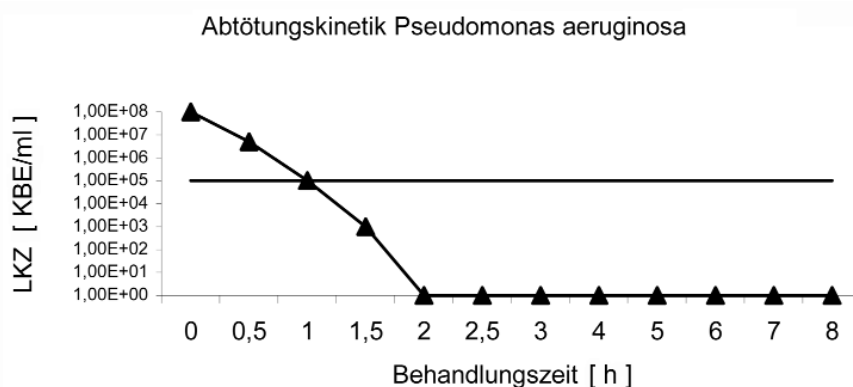


Abbildung 2: Abtötungskurve (Dreiecke) einer *Pseudomonas aeruginosa*-Suspension (10^8 KBE/ml) im selbstdesinfizierenden Geruchsverschluss. Linie ohne Markierung: Kritische Keimkonzentration = 10^5 KBE/ml, nach (10).

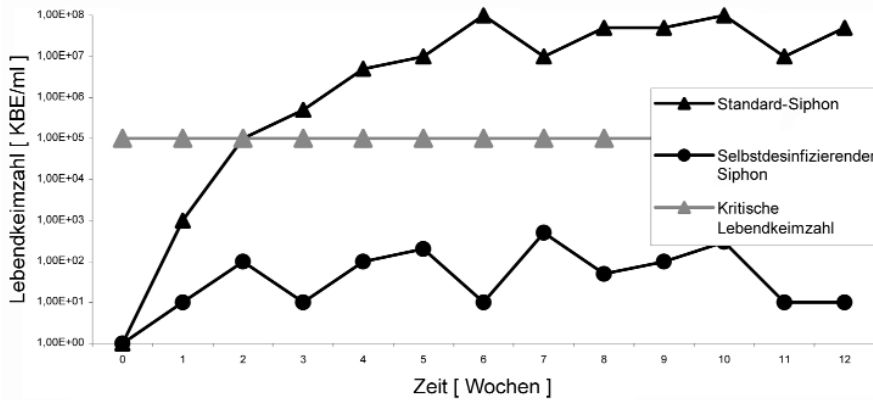


Abbildung 3: Kinetik der Besiedlung eines fabrikneuen Standard-Geruchsverschlusses (Dreiecke) und eines selbstdesinfizierenden Geruchsverschlusses nach Einbau unter das Waschbecken auf einer chirurgischen Intensivstation.

Biofilmbildung

Die Bildung des Schleimbelages (Biofilm) an der Innenwand der Geruchsverschlusses unter Klinikbedingungen wurde im Dauerbetrieb über einen Zeitraum von bisher 1,5 Jahren visuell untersucht. In diesem Zeitraum wurde – wie in früheren Vorversuchen auch – keine Biofilmbildung beobachtet. Standard-Geruchsverschlüsse zeigen unter Klinikbedingungen innerhalb einiger Tage eine beginnende Biofilmbildung. Innerhalb weniger Wochen sind die Innenwände des Geruchsverschlusses mit einer mehrere Millimeter starken, dunkelbraunen bis schwarzen Schleimschicht belegt. Darüber hinaus kommt es an Stellen geringer Turbulenz oft zur Bildung zentimeterstarker Schleimbeläge. Im selbstdesinfizierenden Geruchsverschluss wird die Bildung eines Biofilmes vollständig und dauerhaft verhindert.

Mikrobielle Besiedlung

In Abbildung 3 ist der Verlauf der mikrobiellen Besiedlung der Sperrflüssigkeit eines Standard-Siphons und eines fabrikneuen selbstdesinfizierenden Geruchsverschlusses unter Klinikbedingungen über 12 Wochen dargestellt.

Mit der Zunahme der Keimzahl in der Sperrflüssigkeit ist die Ausbildung eines Biofilmes an der Innenwand des Geruchsverschlusses verbunden. Nach 4 bis 6 Wochen ab Einbau wird eine relativ konstante – für den entsprechenden Waschplatz charakteristische – potenziell

infektiöse Keimzahl in der Sperrflüssigkeit des Geruchsverschlusses gemessen.

Die Besiedlung des selbstdesinfizierenden Geruchsverschlusses wurde im Dauerbetrieb über einen Zeitraum von 1,5 Jahren durch monatliche Bestimmung der Keimzahl in der Sperrflüssigkeit untersucht. Die Durchschnittswerte dieser Untersuchung im Vergleich zur Besiedlungsdichte eines Standard-Siphons sind in Abbildung 4 dargestellt. Die für die Übertragung von Keimen aus der Sperrflüssigkeit in die Umgebung notwendige kritische Keimzahl der Sperrflüssigkeit von 10^5 KBE/ml (10) wird beim üblichen Standardgerät 2 bis 3 Wochen nach Einbau erreicht.

In selbstdesinfizierenden Geruchsverschlüssen wurden während der bisher 15 Testmonate Keimzahlen von 0 bis maximal 10^3 KBE/ml gemessen. Diese Werte stellen maximal 1 % der von Döring et al. (10) für eine Übertragung auf die Hände

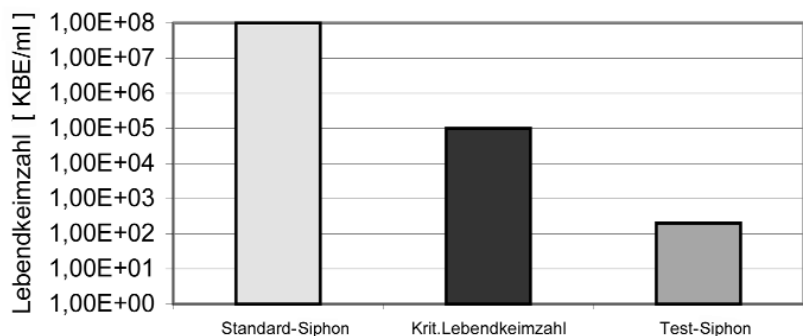


Abbildung 4: Vergleich der maximalen Keimzahlen in der Sperrflüssigkeit von Standard-Siphons und selbstdesinfizierenden Geruchsverschlüssen.

des Pflegepersonals gemessenen notwendigen Keimzahl in der Sperrflüssigkeit von 10^5 KBE/ml dar.

Erregerstatistik und Kolonisierungsraten

Nachdem über 8 Monate Erregernachweise und die Erhebung nosokomialer Infektionen systematisch in Anwesenheit von Standard-Geruchsverschlüssen durchgeführt und ausgewertet wurden, erfolgte im August 2002 ein Austausch sämtlicher Verschlüsse durch die zu testenden selbstdesinfizierenden Geruchsverschlüsse. Alle Hygienemaßnahmen auf der Station blieben im Untersuchungszeitraum unverändert. In allen Waschbecken trifft der Wasserstrahl nicht direkt auf die Auslauföffnung auf. Ebenso besitzen alle Waschbecken keinen Überlauf. Bei den Waschbecken wird somit den Empfehlungen zur Minimierung der Aerosolbildung entsprochen. Für die Beurteilung der Wirksamkeit der Testgeräte als mögliche Hygienemaßnahme zur Prävention nosokomialer Infektionen wurden mittels Erregerstatistik die Kolonisierung von Patienten (Kolonisierungsrate) und die Erhebung nosokomialer Infektionen (als Inzidenzrate und Inzidenzdichte) herangezogen. Es wurden über einen Zeitraum von 23 Monaten an insgesamt 821 Patienten die Kolonisierung und das Auftreten nosokomialer Infektionen erfasst und ausgewertet.

In Abbildung 5 sind die Verläufe der Kolonisierungsraten für die ausgewählten typischen Wasserkeime *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, und *Ac-*

Nosokomiale Infektionen

Die Häufigkeit des Auftretens nosokomialer Infektionen (Inzidenzraten und Inzidenzdichten) wurde im Kliniktest bislang über einen Zeitraum von 23 Monaten erfasst. Inzidenzraten und Inzidenzdichten nosokomialer Infektionen unterlagen bei Anwendung von Standard-Siphons von Januar 2002 bis August 2002 starken Schwankungen. Maximalwerte traten in den Sommermonaten Juni bis September auf. Im achten Versuchsmonat (August 2002) erfolgte der Austausch aller Standard-Siphons durch selbstdesinfizierende Geruchsverschlüsse. Alle anderen Hygienemaßnahmen auf der Station blieben im gesamten Untersuchungszeitraum unverändert. Der Austausch der Geruchsverschlüsse hatte einen Rückgang nosokomialer Infektionen zur Folge.

In Abbildung 6 sind die Inzidenzraten vergleichbarer Versuchsperioden (Januar bis August 2002 und 2003) bei Ausrüstung der Station mit Standard-Siphons (2002) und mit selbstdesinfizierenden Siphonen (2003) dargestellt.

Die Inzidenzraten sind nach Anwendung der Testgeräte um mehr als 40 %, die Inzidenzdichten nosokomialer Infektionen ca. 30 % reduziert.

Diskussion

In der Klinikpraxis gehen die Meinungen über die Bedeutung von Geruchsverschlüssen für die Entstehung nosokomialer Infektionen weit auseinander. Bei der Beurteilung der hygienischen Relevanz von Geruchsverschlüssen ist auf Einzeluntersuchungen und praktische Erfahrungen hinzuweisen. Untersuchungen zur Surveillance nosokomialer Infektionen in Abhängigkeit von der Desinfektion von Geruchsverschlüssen sind noch nicht durchgeführt worden. Die Ursache dafür ist im Fehlen guter technischer und wirtschaftlicher Lösungen der Geruchsverschlussdesinfektion zu sehen.

Die dauerhafte Unterschreitung der von Döring et al. (10) für eine Übertragung von Keimen aus der Sperrflüssigkeit auf die Hände des Pflegepersonals gemessenen notwendigen Keimzahl in der Sperrflüssigkeit von 10^5 KBE/ml stellt die

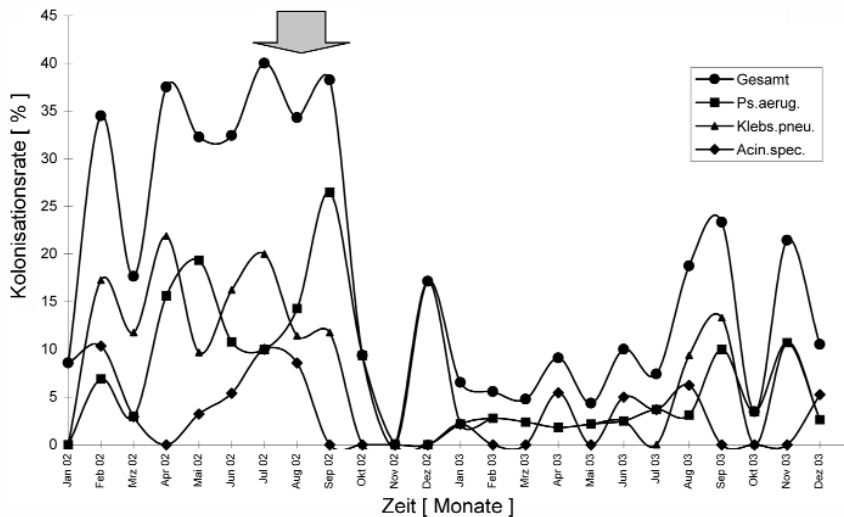


Abbildung 5: Verlauf der Kolonisationsraten vor und nach dem Ersatz von Standard-Siphons (Pfeil) durch die Testsiphons.

netobacter spec. dargestellt. Unter der Kolonisierungsrate ist die Anzahl der Erregernachweise pro Patientenabgänge pro Monat in Prozent zu verstehen. Bei Gebrauch von Standard-Geruchsverschlüssen liegen die Kolonisationsraten dieser typischen Wasserkeime zwischen 20 und 40 %. Dies bedeutet, dass diese Keime bei 20–40 % aller Patienten nachgewiesen wurden. Nach Austausch der Standard-Siphone gegen selbstdesinfizierende Siphone sinken die Kolonisationsraten auf Werte zwischen durchschnittlich 5 bis 10 % ab. Nur in drei Monaten wurden Einzelwerte von 15–22 % gemessen.

Der Zeitpunkt des Austausches aller Standard-Siphons auf der Station gegen die Testgeräte (August 2002) wird durch

den Pfeil signalisiert. Der Kurvenverlauf „Gesamt“ in Abbildung 5 stellt die Summe der Wasserkeim-Nachweise (*Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* und *Acinetobacter spec.*) dar.

In der Krankenhauspraxis spielen nosokomiale Infektionen durch typische Wasserkeime der Gattungen *Pseudomonas*, *Klebsiella* und *Acinetobacter* eine besonders dominante Rolle. Durch den Einbau der selbstdesinfizierenden Geruchsverschlüsse nehmen bei diesen Erregern die Kolonisationsraten am Patienten ab.

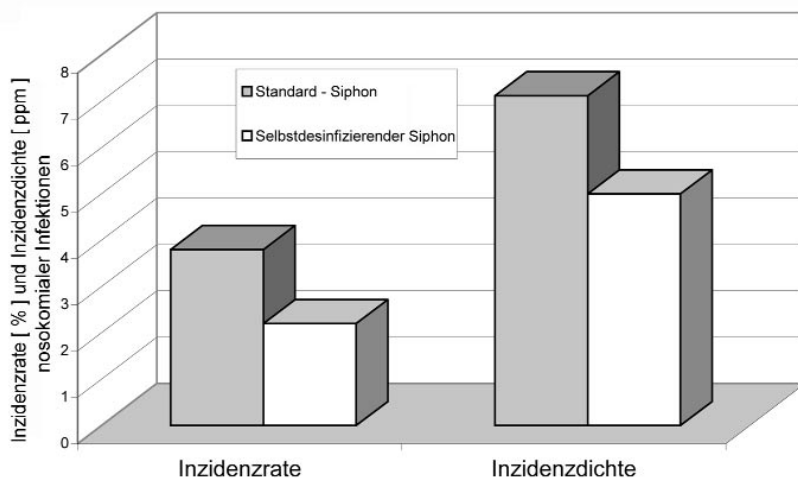


Abbildung 6: Inzidenzraten und Inzidenzdichten nosokomialer Infektionen für vergleichbare Untersuchungszeiträume mit Standard- (dunkle Säulen) und selbstdesinfizierenden Geruchsverschlüssen (hellere Säulen).

Basis für die hygienische Wirksamkeit der zu testenden selbstdesinfizierenden Geruchsverschlüsse in der Klinik dar.

Die Testung dieser Geräte, die den Geruchsverschluss als offenes Keimreservoir ausschalten, ergab während der bisher 15 Testmonate eine hygienische Relevanz des Geruchsverschlusses für das Auftreten nosokomialer Infektionen auf einer chirurgischen Intensivstation.

Der Austausch der üblichen Standard-Geruchsverschlüsse gegen den selbstdesinfizierenden Geruchsverschluss hatte einen Rückgang von Patientenkolonialisierung und nosokomialen Infektionen zur Folge. Die Inzidenzraten und Inzidenzdichten nosokomialer Infektionen wurden durch Anwendung der Testgeräte um 30–40 % reduziert.

Da die Untersuchungen auf einer Intensivstation ohne direkten Kontakt des Patienten zum Waschbecken sehr deutliche Hinweise auf die Möglichkeit der Verminderung des Auftretens nosokomialer Infektionen durch Ausschaltung des Geruchsverschlusses als Keimquelle zeigen, ist anzunehmen, dass auf Stationen mit immunsupprimierten Patienten, die sich selbst waschen und somit direkten Kontakt mit dem Waschbecken haben, dieser Einfluss noch verstärkt nachweisbar sein wird.

Die Untersuchungen werden auf weiteren Stationen der Oberlausitz-Kliniken gGmbH fortgesetzt. Darüber hinaus wurde ein Versuchsprogramm zur Untersuchung des Einflusses des selbstdesinfizierenden Geruchsverschlusses auf die retrograde Kontamination von Wasserhähnen und Wasserleitungen begonnen, über dessen Ergebnisse später an dieser Stelle berichtet wird.

Literatur

1. Chadwick P: Relative importance of airborne and other routes in the infection of tracheostomised patients with *P. aeruginosa*. In: Airborne transmission and airborne infection, eds. Hers JF and Winkler KC, 6th Intern. Symp. on Aerobiology. Oosthoek Publ. Co., Utrecht / The Netherlands 1973.
2. Teres D, Schweers P, Bushnell LS, Hedley-Whyte P, Feingold DS: Sources of *Pseudomonas aeruginosa* infection in a respiratory/surgical intensive-therapy unit. *Lancet* 1973; i 415–417.
3. Noone MR, Pitt TL, Bedder M, Hewlett AM, Rogers KB: *Pseudomonas aeruginosa* colonization in an intensive therapy unit: role of cross infection and host factors. *Br Med J* 1983; 286: 341–344.
4. Levin MH, Olson B, Nathan C, Kabis SA, Weinstein RA: *Pseudomonas* in the sinks in an intensive care unit in relation to patients. *J Clin Path* 1984; 37: 424–427.
5. Morrison AJ, Wenzel RP: Epidemiology of infections due to *Pseudomonas aeruginosa*. *Rev Infect Dis* 1984; 6: 627–642.
6. Botzenhart K, Rüden H: Hospital infections caused by *Pseudomonas aeruginosa*. In: Basic research and clinical aspects of *Pseudomonas aeruginosa*, eds. Döring G, Holder IA and Botzenhart K. *Antibiot Chemother* 39: 1–15, Karger-Verlag, Basel 1987.
7. Hoiby N, Pedersen SS, Shand GH, Döring G, Holder IA (eds.): *Pseudomonas* infection. *Antibiot Chemother* 42, Karger-Verlag, Basel 1989.
8. Worlitzsch D, Wolz C, Botzenhart K, Hansas M, Burgdörfer H, Ogle JW, Döring G: Molecular epidemiology of *Pseudomonas aeruginosa* urinary tract infections in paraplegic patients. *Zbl Hyg* 1989; 189: 175–184.
9. Brown DG, Baublis J: Reservoirs of *Pseudomonas* in an intensive care unit for newborn infants: mechanisms of control. *J Pediatr* 1977; 90: 453–457.
10. Döring G, Ulrich M, Müller W, Bitzer J, Schmidt-Koenig L, Grupp H, Wolz C, Stern M, Botzenhart K: Generation of *Pseudomonas aeruginosa* aerosols during hand-washing from contaminated sink drains, transmission to hands of hospital personnel, and its prevention by use of a new heating device. *Zbl Hyg* 1991; 191: 494–505.
11. Mäkelä P, Ojajarvi J, Salminen E: Decontaminating waste trap. *Lancet* 1972; ii: 1216–1217.
12. Kohn JA: Waste-trap-sterilising method. *Lancet* 1970; ii: 550–551.