

Aus dem Institut für Hygiene der Medizinischen Fakultät

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

(Direktorin: Prof. Dr. med. habil. Marianne Borneff-Lipp)

**Einfluss von bakteriendichten Filtern auf  
nosokomiale Infektionen in der Intensivpflege**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Zahnmedizin (Dr. med. dent.)

vorgelegt der

Medizinischen Fakultät

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Vanessa Ilona Mouchairefa, geb. Grund

geboren am 7. Januar 1980 in Wiesbaden/Sonnenberg

**Gutachter:**

Prof. Dr. Borneff-Lipp

Prof. Dr. Bucher

Prof. Dr. Martiny (Berlin)

22.09.2011

14.05.2012

## Referat

Nosokomiale Infektionen stellen besonders im Intensivpflegebereich eine Gefahr für Patienten dar. Ein möglicher Übertragungsweg ist das Trinkwasser. Endständig an den Wasserauslässen zu montierende Filtersysteme können zu einer Reduzierung und im besten Fall zu einer Verhinderung der Übertragung wasserassoziierter Mikroorganismen führen, indem sie diese aus dem Leitungswasser eliminieren.

Inwieweit damit auch ein Rückgang nosokomialer Infektionen mit den typischerweise vorwiegend im Wasser vorkommenden Keimen verbunden ist, wird in der Literatur kontrovers diskutiert.

Im Rahmen der vorliegenden retrospektiven Studie wurden Patientendaten bezüglich aufgetretener Infektionen mit nosokomialen Erregern betrachtet. Ausgangspunkt stellte der Einbau von bakteriendichten Filtern an wasserführenden Systemen auf einer Intensivstation eines Klinikums der Maximalversorgung dar und somit die Fragestellung nach einer Veränderung der klinischen Situation. Im Vergleichszeitraum von 8 Monaten vor Filtereinbau und im Kontrollzeitraum von 8 Monaten nach Filtereinbau wurden verschiedene Parameter der Patienten, wie z.B. Liegedauer, Antibiotikaeinnahmedauer, Antibiotikakosten und mikrobiologische Befunde vergleichend gegenübergestellt.

Im Kontrollzeitraum waren die Liegedauer ( $7 \pm 13$  vs.  $5 \pm 8$  Tage,  $p < 0,05$ ), Antibiotikaeinnahmedauer ( $6 \pm 12$  vs.  $4 \pm 8$  Tage,  $p < 0,05$ ) und die Nachweise der Keimarten, welche vorzugsweise über Trinkwasser übertragen werden, signifikant erniedrigt ( $33,8\%$  vs.  $23,8\%$ ,  $p < 0,005$ ). Die Keimarten, welche nicht vorzugsweise über Wasser übertragen werden, waren im Untersuchungszeitraum in geringerem Umfang nachzuweisen ( $44\%$  vs.  $39,9\%$ , n.s.). Die Kosten für Antibiotika waren im Untersuchungszeitraum um durchschnittlich 255,77 Euro pro Patienten reduziert.

Da auch die Infektionen mit typischen Wasserkeimarten im Untersuchungszeitraum gesunken sind, besteht Grund zur Annahme, dass dies möglicherweise auf die Installation der Wasserfiltersysteme im gesamten Stationsbereich zurückzuführen ist.

Grundsätzlich ist jedoch zu beachten, dass es sich bei nosokomialen Infektionsgeschehen um eine multifaktorielle Problematik handelt. So kann z.B. nicht ausgeschlossen werden, dass ein gesteigertes Hygieneverständnis des Personals im Zusammenhang mit der Verbesserung der Ausstattung der Station, wie z.B. dem Einbau von Filtersystemen, einhergeht und somit der sogenannte Hawthorne-Effekt zum Tragen kommt.

Mouchairefa, Vanessa: Einfluss von bakteriendichten Filtern auf nosokomiale Infektionen in der Intensivpflege  
Halle (Saale), Univ., Med.Fak., Diss., 65 Seiten, 2011

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Nosokomiale Infektionen	1
1.2	Übertragungswege auf der Intensivstation	4
1.3	Infektionsrisiken durch Trinkwasser	6
1.4	Möglichkeiten zur Prävention der Verkeimung von Trinkwasser	7
<b>2</b>	<b>Zielstellung</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>11</b>
3.1	Design	11
3.2	Patienten	11
3.3	Untersuchungsstation	12
3.4	Filter	13
3.5	Auswertungskriterien 1. Ordnung	16
3.5.1	Liegezeit der Patienten	16
3.5.2	Antibiotika-Verabreichungen	16
3.5.3	Mikrobiologische Befunde	18
3.6	Auswertungskriterien 2. Ordnung	19
3.6.1	Röntgen-Thorax	19
3.6.2	Patiententage mit Temperatur > 39°C	19
3.6.3	Patiententage mit Leukozytenanstieg > 10000/µl	19
3.6.4	MRSA- und ESBL-Nachweise	20
3.6.5	Verstorbene Patienten	20
3.7	Statistische Auswertung	20
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>21</b>
4.1	Auswertungskriterien 1. Ordnung	21
4.1.1	Liegezeit	21
4.1.2	Antibiotikaeinnahmedauer	22
4.1.3	Antibiotikapräparate und deren Einsatz	22
4.1.4	Antibiotika-Dosiskosten	23
4.1.5	Antibiotikakosten	25
4.1.6	Mikrobiologische Probenarten	26
4.1.7	Mikrobiologisch Befunde	28
4.1.8	Ergebnisse der Nasenabstriche	29

4.1.9	Ergebnisse der Rachenabstriche	30
4.1.10	Ergebnisse der Trachealsekretproben	31
4.1.11	Ergebnisse der mikrobiologischen Proben 2.Priorität	33
4.2	Auswertungskriterien 2. Ordnung	34
4.2.1	Röntgen-Thorax	34
4.2.2	Patiententage mit Temperatur > 39°C	35
4.2.3	Patiententage mit Leukozytenanstieg > 10000/µl	36
4.2.4	MRSA-Befunde	37
4.2.5	ESBL-Befunde	37
4.2.6	Verstorbene Patienten	38
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>39</b>
5.1	Ergebnisdiskussion der Auswertungskriterien 1. Ordnung	39
5.1.1	Liegezeit	39
5.1.2	Antibiotikaeinnahmedauer	41
5.1.3	Antibiotikapräparate	42
5.1.4	Antibiotika-Dosiskosten	43
5.1.5	Antibiotikakosten	44
5.1.6	Mikrobiologische Ergebnisse	44
5.2	Ergebnisdiskussion der Auswertungskriterien 2. Ordnung	47
5.2.1	Röntgen-Thorax	47
5.2.2	Temperaturerhöhungen	48
5.2.3	Erhöhte Leukozytenwerte	48
5.2.4	MRSA- und ESBL-Befunde	49
5.2.5	Verstorbene Patienten	50
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>51</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>52</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>54</b>
<b>9</b>	<b>Thesen</b>	<b>64</b>

Tabellarischer Lebenslauf

Selbständigkeitserklärung

Erklärung über frühere Promotionsversuche

Danksagung

## Verzeichnis der Abkürzungen

bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
ECDC	European Centre of Disease Prevention and Control
EHEC	Enterohämorrhagische <i>Escherichia coli</i>
EPIC	European Prevalence of Infection in Intensive Care
ESBL	Extended-Spectrum-Beta-Lactamase
ggf.	gegebenenfalls
IfSG	Infektionsschutzgesetz
ITS	Intensivstation
KBE/ml	Kolonie-bildende-Einheiten pro Milliliter
KISS	Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System
MAX	Maximalwert
MIN	Minimalwert
MRSA	Methicillin-resistenter <i>Staphylococcus aureus</i>
MW	Mittelwert
NEO-KISS	Neonatal-Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System
NIDEP	Nosokomiale Infektionen in Deutschland Erfassung und Prävention
NNIS	National Nosocomial Infections Surveillance System
NRZ	Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen
n.s.	nicht signifikant
o.g.	oben genannt
SARI	Surveillance der Antibiotikaaanwendung und bakteriellen Resistenzentwicklung auf deutschen Intensivstationen
SD	Standardabweichung
SENIC	Study of Efficacy of Nosocomial Infection Control
spp.	Subspezies
z.B.	zum Beispiel
µl	Mikroliter
µm	Mikrometer

## 1 Einleitung

### 1.1 Nosokomiale Infektionen

Gemäß § 2 Nr. 8 des Infektionsschutzgesetzes ist die nosokomiale Infektion definiert als:

„Eine Infektion mit lokalen oder systemischen Infektionszeichen als Reaktion auf das Vorhandensein von Erregern oder ihrer Toxine, die in zeitlichem Zusammenhang mit einer stationären oder einer ambulanten medizinischen Maßnahme steht, soweit die Infektion nicht bereits vorher bestand“ (IfSG, 2000).

Die Schwere der Grunderkrankung, die Komorbidität, eine Verweildauer auf der Intensivstation von mehr als 48 Stunden, eine maschinelle Beatmung, ein zentraler Venenkatheter und ein Harnwegskatheter sind signifikante Risikofaktoren, um an einer nosokomialen Infektion zu erkranken (Panknin et al., 2001).

Beatmungsassoziierte Pneumonien, katheterassoziierte Septikämien und Harnwegskatheterassoziierte Harnwegsinfektionen stellen die häufigsten nosokomialen Infektionen dar (Gastmeier und Reinhart, 2004; Gastmeier, 2005). Nosokomiale Infektionen werden hauptsächlich von *Staphylococcus aureus*, *P. aeruginosa* und *Escherichia coli* verursacht (Gastmeier und Reinhart, 2004; Gastmeier, 2005). Auch Trautmann stellte fest, dass die typischen Infektionsarten nosokomiale Pneumonien, Beatmungspneumonien, Harnwegsinfektionen, abdominelle Infektionen, Wundinfektionen und Septikämien sind (Trautmann, 2004).

Bei vorhandener Immunsuppression besteht allgemein ein erhöhtes Infektionsrisiko. Bei einer Neutropenie, d.h. einer verringerten Anzahl der neutrophilen Granulozyten < 500-1000/µl Blut, nimmt dieses Risiko nochmals zu (Exner et al., 2007). Durch häufig erforderliche Antibiotikatherapien kommt es oft zur Reduktion der physiologischen Mikroflora, welche vor Fremdbesiedlung schützt. Somit können sich nosokomiale Erreger leichter vermehren (Exner et al., 2007). Die Entwicklung von Antibiotikaresistenzen bei Staphylokokken, Enterokokken oder gramnegativen Bakterien, wie z. B. *P. aeruginosa*, erhöhen außerdem die Entwicklung nosokomialer Infektionen (Geffers et al., 2002).

Die Inzidenz von nosokomialen Infektionen in Deutschland geht aus dem Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS) hervor (Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen. <http://www.nrz-hygiene.de/surveillance/kiss/> abgerufen am 10.01.2011). Dieses wurde 1996 durch das Nationale Referenz-

zentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen und das Robert Koch-Institut gegründet (vgl. NRZ 2009).

Das KISS gibt einheitliche Methoden zur Überwachung von nosokomialen Infektionen vor und erzeugt Referenzdaten, auf welche andere Krankenhäuser Zugriff haben, um beispielsweise das eigene Qualitätsmanagement zu optimieren (<http://www.nrz-hygiene.de/surveillance/kiss/> abgerufen am 10.01.2011).

Aus den Daten des KISS und des statistischen Bundesamtes geht hervor, dass jährlich mehr als 60.000 nosokomiale Infektionen auf Intensivstationen auftreten, in allen Bereichen der Krankenhäuser zusammen sollen es zwischen 500.000 und 800.000 nosokomialer Infektionen sein (Geffers et al., 2002). Welcher Anteil von ihnen wahrscheinlich vermeidbar ist, ist problematisch zu beziffern (Gastmeier et al., 2010). Gastmeier nimmt an, dass von jährlich 400.000 bis 600.000 nosokomialen Infektionen ungefähr 80.000 bis 180.000 zu vermeiden wären. Die vermeidbaren Todesfälle beziffert Gastmeier auf 1500 bis 4500 (Gastmeier et al., 2010).

Europaweit erkrankt 1 Patient von 10 an einer nosokomialen Infektion und jährlich sterben laut dem Europäischen Zentrum für Prävention und Kontrolle von Krankheiten Stockholm (ECDC 2008) 50.000 Patienten an einer nosokomialen Infektion (Anonymus, 2007).

Aus der bundesweiten Studie NIDEP I (Nosokomiale Infektionen in Deutschland - Erfassung und Prävention) zur Prävalenz nosokomialer Infektionen in Deutschland von 1995 geht hervor, dass die häufigsten Infektionen Harnwegsinfektionen mit 40%, Infektionen der unteren Atemwege mit 20%, postoperative Wundinfektionen mit 15% und Sepsis mit 8%, sind (Wischnewski et al., 1997). Diese Studie beinhaltete die Untersuchung von 14.966 Patienten in 72 Krankenhäusern. Nosokomiale Infektionen stellen einen Anteil von 3,5% dar (Geffers et al., 2002; Wischnewski et al., 1997).

Im Jahr 2000 wurde eine weitere NIDEP Studie in Deutschland veröffentlicht. In dieser NIDEP II Studie wurden im Raum Freiburg und Berlin von 1995 bis 1998 auf Intensivstationen der chirurgischen Abteilungen von insgesamt acht Krankenhäusern Daten erhoben. Dabei wurde festgestellt, dass die nosokomialen Infektionen einen Anteil von 7,5% einnehmen (Rüden und Daschner, 2000). In einer europaweiten Studie von 1992, EPIC-Studie (European Prevalence of Infection in Intensive Care) wurden 2.064 Intensivstationen mit insgesamt 10.038 Patienten analysiert. Bei 4.501 Patienten wurde eine Infektion festgestellt, wovon 31% nosokomialen Ursprungs waren und 21% davon auf einer Intensivstation erworben wurden (Vincent et al., 1995; Vincent, 2000).

Bereits 1970 hat das US-amerikanische National Nosocomial Infections Surveillance System (NNIS) begonnen, Guidelines zu erstellen, welche national und international zur Anwendung kommen und Daten über Ausbreitung und Entwicklung von nosokomialen Infektionen erfassen und analysieren sollen (National Nosocomial Infections Surveillance System Report. [http://www.cdc.gov/nhsn/PDFs/dataStat/NNIS\\_2004.pdf](http://www.cdc.gov/nhsn/PDFs/dataStat/NNIS_2004.pdf) abgerufen am 10.01.2011).

Um einen internationalen Vergleich zu erhalten, wurden Schätzungen anderer Länder Hochrechnungen aus Deutschland gegenübergestellt (Gastmeier und Geffers, 2008, vgl.Tab.1).

Tab.1: Vergleich der Hochrechnungen in Deutschland mit denen anderer Länder des westlichen Kulturkreises (nach Gastmeier und Geffers, 2008).

Nation	Nosokomiale Infektionen pro Jahr	Tote aufgrund nosokomialer Infektionen	Nosokomiale MRSA-Infektionen
Deutschland (2006)	400.000-600.000	10.000-15.000	14.000
USA (2002)	1,7 Millionen	25.000	94.360
England (1995)	320.994	5.000	keine Angabe
Frankreich (2000/2001)	keine Angabe	8.929	keine Angabe

Zusätzliche Kosten durch den Ausbruch einer nosokomialen Infektion werden in Spanien auf ungefähr 1400 Euro (Diaz et al., 1993) und in Frankreich auf bis zu 15.000 Euro pro Fall geschätzt (Girou et al., 1996).

Aufgrund der weitreichenden Folgen, welche nosokomiale Infektionen auf den Gesundheitszustand der Patienten haben können, sollten diese durch entsprechende Präventivmaßnahmen unbedingt vermieden werden. In den USA wurde die SENIC-Studie (Study of Efficacy of Nosocomial Infection Control) ausgeführt, die verdeutlicht, dass beim Einsatz von ausreichendem Hygienefachpersonal und Durchführung der Surveillance nosokomialer Infektionen ungefähr ein Drittel der Krankenhausinfektionen vermieden werden können (Geffers et al., 2002).

Eine vorrangige Bedeutung kommt der Prävention der Entstehung von nosokomialen Infektionen zu. Zum Einen sollte speziell ausgebildetes Hygienepersonal eingesetzt

werden. Zum Anderen stellt auch die Surveillance einen wichtigen Faktor dar. Dies wird im § 23 des Infektionsschutzgesetzes (IfSG, 2000) nochmals verdeutlicht. Weitere wichtige Faktoren zur Vermeidung von nosokomialen Infektionen sind die Händedesinfektion, die Impfung des Personals, die Isolierung der Patienten mit übertragbaren Krankheiten, die Reinigung, Desinfektion und Sterilisation von Instrumenten und die Desinfektionen der Umgebung der Patienten (Geffers et al., 2002).

Das Robert Koch-Institut veröffentlicht hierzu regelmäßig Präventionsempfehlungen, vorzugsweise zur Erfassung und Bewertung nosokomialer Infektionen, zum Hygienemanagement sowie zur Bekämpfung und Kontrolle nosokomialer Infektionen (Robert Koch-Institut: Empfehlungen der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention).

([http://www.rki.de/cln\\_011/nn\\_226778/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Kommission/kommission\\_\\_node.html\\_\\_nnn=true](http://www.rki.de/cln_011/nn_226778/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Kommission/kommission__node.html__nnn=true) abgerufen am 22.07.2011).

### **1.2 Übertragungswege auf der Intensivstation**

Die Übertragung nosokomialer Infektionen kann endogen oder exogen erfolgen. Endogene Infektionen haben einen Anteil von ungefähr 2/3 aller nosokomialen Infektionen. Exogene Infektionen stellen ca. 1/3 aller nosokomialen Infektionen dar (Geffers et al., 2002). Demzufolge gibt es verschiedene Arten von Übertragungswegen, wie z.B. die Kontaktübertragung, die Tröpfchenübertragung, die Aerosolübertragung und die Übertragung über den Hygienewaschplatz sowie andere Utensilien im Arbeitsbereich (Geffers et al., 2002).

Nosokomiale Infektionen gehen nach der bisherigen Theorie ursächlich von vier wesentlichen Faktoren aus:

Der Patient selbst ist an erster Stelle zu nennen, der auf der Intensivstation unter Umständen immunsupprimiert ist. Des Weiteren kommen Umgebungsfaktoren in Frage, so z.B. nicht desinfizierte Hände des Personals. Außerdem spielt auch die jeweils eingesetzte Medizintechnik eine wichtige Rolle, deren ständige Fortschritte neue Übertragungsmöglichkeiten für Infektionserreger schaffen. Als vierter Faktor ist das allgemeine Hygieneverhalten des Personals zu nennen, womit z.B. unzureichende Hygienemaßnahmen durch überfordertes oder unzureichend informiertes Personal gemeint sind (Geffers et al., 2002).

Aufgrund verschiedener Risikofaktoren ist die Rate der nosokomialen Infektionen auf Intensivstationen im Vergleich zu anderen Stationen um den Faktor 2 bis 4 erhöht (Gastmeier, 2005). Die Risikofaktoren lassen sich in prädisponierende und expositionelle einteilen. Zu den prädisponierenden zählen Lebensalter, Grunderkrankungen, Immunstatus, operative Maßnahmen und Techniken sowie die Dauer der Operationen. Die expositionellen Faktoren umfassen Liegedauer, die Anlage verschiedener „Devices“ und die „Devicerate“, außerdem Personalschulung und Personalausstattung, Hygienemanagement, Antibiotikaregime und die Resistenzlage auf der betreffenden Intensivstation (Gastmeier, 2005).

Die Erfassung im KISS konzentriert sich bei Intensivstationen z.B. auf Pneumonien und Sepsis. Zusätzlich wird dort erfasst, ob der Patient verstorben ist oder nicht. Einer Analyse zufolge, welche Daten von 897.774 Intensivpatienten im Zeitraum von 1997 bis 2004 umfasst, beträgt die Letalität der Patienten mit nosokomialen Pneumonien 8,8%, die der Patienten mit Sepsis 10,9%. Bei 1.131 Patienten der 3.554 verstorbenen Intensivpatienten mit Sepsis oder Pneumonie war die nosokomiale Infektion die Ursache. Somit kann eine Hochrechnung erfolgen, die aussagt, dass in etwa 2.400 Todesfällen auf Intensivstationen erworbene Pneumonien oder Sepsis die direkte Todesursache darstellen (Gastmeier et al., 2005).

Die wichtigsten Erreger nosokomialer Infektionen und deren Folgen sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tab.2: Nosokomiale Infektionen und deren häufigste Erreger (Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen. Referenzdaten Dezember 2009. <http://www.nrz-hygiene.de/surveillance/kiss/its-kiss/> abgerufen am 10.01.2011)

Nosokomiale Pneumonie	<i>Staphylococcus aureus</i>
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
	<i>Klebsiella spp.</i>
Katheterassoziierte Sepsis	koagulasenegative Staphylokokken
	<i>Enterococcus spp.</i>
	<i>Staphylococcus aureus</i>
Harnwegsinfektionen	<i>Escherichia coli</i>
	<i>Enterococcus spp.</i>
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>

Auf einer Intensivstation muss multiresistenten Erregern, wie zum Beispiel dem Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA) besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, da dieser bei immungeschwächten Patienten zu besonders schwer verlaufenden Infektionen führen kann. Hierdurch kommt es wiederum zu einer längeren Krankenhausverweildauer und zu erhöhten Behandlungskosten.

Erste Priorität zur Verhinderung dieser Infektionen sollte die Prävention erhalten. In KISS wurde deshalb auch eine Komponente für den Vergleich der MRSA-Ausbreitungen etabliert (Chaberny et al., 2007). Viele Krankenhäuser erfassen inzwischen ihre MRSA Daten entsprechend den Vorgaben des § 23 des Infektionsschutzgesetzes regelmäßig (Anonymous, 2000).

MRSA-Infektionen haben im Vergleich zu Infektionen mit Methicillin-sensiblen *Staphylococcus aureus* (MSSA) eine ungünstigere Prognose (Cosgrove et al., 2003). Die Behandlungszeit ist unter Umständen verlängert und somit sind auch die Kosten erhöht (Chaix et al., 1999; Cosgrove et al., 2003). Die Gefahr, dass auch in Deutschland Infektionen mit MRSA und Vancomycin-resistenten *Staphylococcus aureus* vermehrt auftreten, sollte nicht verkannt werden (Anonymous, 2002).

### 1.3 Infektionsrisiken durch Trinkwasser

Wasser ist nach einer Einschätzung der WHO (World Health Organization) zufolge eine der wichtigsten Quellen für nosokomiale Infektionen (Kassubek, 2005). In den letzten Jahren wurden eindeutige Zusammenhänge von im Wasser vorkommenden nosokomialen Infektionserregern und schwer verlaufenden Infektionen bewiesen (Exner, 2004). Es wird davon ausgegangen, dass jährlich 10.000 bis 30.000 durch Wasser verursachte Legionellose auftreten. Als Hauptinfektionsweg gilt das Einatmen erregerrhaltiger, lungengängiger Aerosole (Kassubek, 2005). Ein weiterer trinkwasser-assoziiertes Krankheitserreger ist *P. aeruginosa*. Die Übertragung erfolgt z.B. beim Waschen von katheterisierten Patienten und durch Waschbecken in der Nähe der Patientenbetten (Kassubek, 2005).

Dass Wasserentnahmestellen und Flüssigkeiten Ausgangspunkte für nosokomiale Infektionen darstellen können, bestätigen auch weitere Autoren (Fanghänel et al., 2002). So können anspruchslöse opportunistische gramnegative Erreger in dem nassen Milieu überleben und sich vermehren (Fanghänel et al., 2002).

Für immunsupprimierte Patienten auf Intensivstationen stellt die Kontamination des Trinkwassers ein nicht zu unterschätzendes Risiko dar, da schwer verlaufende Infektionen zum Tod führen können (Kramer et al., 2006/2007). Als Verursacher kommen z.B. *P. aeruginosa*, *Enterobacter spp.*, *Klebsiella spp.*, *Serratia spp.* und *Aeromonas spp.* in Frage (Exner et al., 2005; Ortolano et al., 2005; Kramer et al., 2006/2007). Auch *Acinetobacter*, *Aspergillus spp.*, atypische Mykobakterien und Amöben-assoziierte Infektionserreger, wie z.B. *Legionella spp.* zählen zu den wasserassoziierten nosokomialen Krankheitserregern (Exner, 2004). Viele wasserassoziierte Mikroorganismen haben eine hohe Antibiotikaresistenzrate gegen bestimmte Wirkstoffgruppen, was die Behandlung solcher Infektionen erschwert (Exner et al., 2005).

Die Biofilmbildung gilt als der wichtigste Risikofaktor für das Auftreten wasserassoziierten Krankheitserreger. Unter günstigen Umständen sind bestimmte Mikroorganismen, wie Legionellen, Pseudomonaden, *Klebsiella spp.*, *Enterobacter spp.*, *Serratia spp.*, *Acinetobacter spp.*, in der Lage, innerhalb kürzester Zeit einen flächendeckenden Biofilm zu bilden (CDC, 2003; Exner et al., 2005).

Nosokomiale Infektionen durch *P. aeruginosa* werden zu etwa 50% durch Kontamination der Wasserleitungen mit Mikroorganismen verursacht (Trautmann et al., 2005). Anaisie et al. schätzen, dass in den USA 1.400 Todesfälle pro Jahr auf wasserassoziierte nosokomiale Pneumonien durch *P. aeruginosa* zurückzuführen sind (Anaisie et al., 2002).

Reuter et al. stellten in einer Studie fest, dass die zentralen Wasserleitungen keimfrei waren und eine Kontamination mit *P. aeruginosa* erst in den peripheren Wasserauslässen nachgewiesen werden konnte (Reuter et al., 2002).

Im Patientenzimmer stellen Geruchsverschlüsse unter den Waschbecken ein weiteres Infektionsreservoir dar. Dort ist die Möglichkeit der Vermehrung von pathogenen Keimen gegeben. Durch Aerosolbildung kann somit eine Übertragung der Mikroorganismen auf die Hände des Pflegepersonals stattfinden und in der Folge eine Kontamination der Patienten erfolgen (Sissoko und Sütterlin, 2004).

### **1.4 Möglichkeiten zur Prävention der Verkeimung von Trinkwasser**

Die Verbreitung von *P. aeruginosa* stammt ursächlich meist aus der Trinkwasserversorgung und deren Leitungssystemen. Der Erreger gilt in Krankenhäusern als einer der häufigsten Ursachen für nosokomiale Infektionen. Aus diesem Grund ist es von beson-

derer Bedeutung Verfahren einzuführen, welche die Kontamination des Trinkwassers unterbinden (Borneff-Lipp, 2005). In der Praxis hat sich herausgestellt, dass im Trinkwasser auch resistente Mikroorganismen auftreten können (Wingender, 1999). Nicht zuletzt aufgrund der im Frühjahr 2011 (Anonymus, 2011) aufgetretenen EHEC-Problematik muss auch dahingehend dies in Betracht gezogen werden

Grundvoraussetzungen zur Vermeidung einer Kontamination sind eine Leitungsisolation und die Sicherung eines konstanten Wasserflusses. Zum einen sollte Kaltwasser eine Temperatur  $< 20^{\circ}\text{C}$  aufweisen und Warmwasser mindestens eine Temperatur von  $55^{\circ}\text{C}$  (Borneff-Lipp, 2005). Eine Chlorung als zusätzliche gebäudeinterne Maßnahme muss den Vorgaben der Trinkwasserverordnung entsprechen und sollte in Absprache mit den zuständigen Gesundheitsämtern erfolgen (Borneff-Lipp, 2005).

Eine weitere Maßnahme stellt die thermische Desinfektion dar. Dies bedeutet, dass jede Wasserentnahmestelle für 3 Minuten bei  $70^{\circ}\text{C}$  mit geöffnetem Auslass zu spülen ist. Die Einhaltung der Zeit und Temperatur ist unbedingt notwendig (DVGW-Arbeitsblatt W 551, 2004).

Auch die chemische Desinfektion stellt eine weitere Alternative zur Keimeliminierung dar. Chemische Desinfektionsmittel sollen zur Zerstörung von zellulären Strukturen und zur Beeinträchtigung von Stoffwechselfunktionen der Krankheitserreger führen (Wingender, 1999). Die chemischen Desinfektionsmittel müssen mit Regelungen der gültigen Trinkwasserverordnung vereinbar sein (DVGW-Arbeitsblatt W 551, 2004). Eine kontinuierliche chemische Desinfektion grundsätzlich für alle Wasserversorgungen ist derzeit nicht sinnvoll, da Legionellen auf diesem Wege nicht ausreichend zu beseitigen sind. Deshalb müssen diskontinuierliche Zugaben von hohen Konzentrationen der Chemikalien durchgeführt werden (DVGW-Arbeitsblatt W 551, 2004).

Da jedoch im Einzelfall unter Umständen hierdurch keine ausreichende Keimeliminierung erfolgt, sind ggf. andere lokal zu applizierende Verfahren einzusetzen. Hierzu zählt der Einbau endständiger Filtersysteme (Borneff-Lipp, 2005). Hierbei ist jedoch die Gefahr einer retrograden Verkeimung zu beachten, da endständige Filter in nicht keimfreiem Milieu eingesetzt werden. So kann die Berührung der Außenseite des Filters oder das verkeimte Spritzwasser zu einer retrograden Kontamination führen. Auf diesem Weg können wiederum die Mikroorganismen in das zuvor gefilterte Wasser gelangen. Das Risiko einer retrograden Verkeimung steigt mit der Anwendungshäufigkeit der Wasserentnahmequelle. Eine geringe Nutzungshöhe zwischen Wasserauslauf am Filter und Waschbeckenboden erhöht außerdem die Gefahr der retrograden Verkeimung. Deshalb sollten nur solche endständige Filter zum Einsatz kommen, die

einen bestimmten Abstand zwischen Wasserentnahmestelle und Waschbeckenboden gewährleisten (Aqua Free, 2007).

Aus den Empfehlungen des Robert Koch-Instituts geht hervor, dass die Verwendung von endständigen Filtern, mit einer Porengröße von 0,2 µm, die Untersuchungsfrequenz von immunsupprimierten Patienten reduzieren kann (RKI, 2010). Schon bei der Installation muss jedoch beachtet werden, dass eine Kontamination der äußeren Filteroberfläche nicht immer ausgeschlossen werden kann (RKI, 2010).

Nach den Ergebnissen von Trautmann et al. tragen derartige Filter wesentlich zur Verringerung von nosokomialen Infektionen auf Intensivstationen bei (Trautmann et al., 2006). Nach Exner können neben dem Schutz der Patienten vor nosokomialen Infektionen auch Einsparungspotentiale durch Reduktion von Liegezeiten und Antibiotikagaben erzielt werden (Exner, 2002).

Für Hochrisikobereiche wird alternativ zu Filtersystemen die Bereitstellung steril abgefüllten Wassers empfohlen (Wendt et al., 1995; Tablan et al., 2004; Sheffer et al., 2005; Vonberg et al., 2005).

Eine weitere Alternative stellt das Abkochen des Wassers dar. Dies wird jedoch nicht empfohlen, da dies zu Verbrühungsunfällen führen kann und einen erheblichen Energieaufwand verursacht (RKI, 2010). Somit stellt der Einsatz von endständigen Filtern die beste Präventionsmaßnahme dar (RKI, 2010).

### **2 Zielstellung**

Ziel der Studie war es, Rückschlüsse auf die Auswirkungen von Filtern an wasserführenden Systemen, wie Wasserhähnen und Duschköpfen, zu ziehen. Es sollte untersucht werden, ob durch die Filtration von Trinkwasser auf einer Intensivstation bestimmte Kriterien positiv zu beeinflussen sind. Diese wurden in Parameter erster und zweiter Ordnung eingeteilt.

Die Auswertungsparameter 1. Ordnung umfassten:

- Liegezeit der Patienten auf der Intensivstation
- Einnahmedauer von Antibiotika der Intensivpatienten
- Antibiotikakosten
- mikrobiologische Nachweise

Zu den Auswertungskriterien 2. Ordnung zählten:

- Anzahl der Tage mit disseminierten Infiltraten im Röntgen-Thorax
- Anzahl der Tage mit erhöhten Leukozytenwerten
- Anzahl der Tage mit Temperaturerhöhung
- positive MRSA-Nachweise
- positive ESBL-Nachweise
- verstorbene Patienten

Die Erhebung sollte auf einer anaesthesiologischen Intensivstation eines Klinikums der Maximalversorgung durchgeführt werden, da aufgrund der hier zu behandelnden Krankheitsbilder von einer Häufung von Infektionen auszugehen ist.

### **3 Material und Methoden**

#### **3.1 Design**

Bei vorliegender Studie handelt es sich um eine retrospektive Erhebung, das heißt, nennenswerte Zielgrößen und Fakten wurden rückwirkend betrachtet.

Der Untersuchungszeitraum (Kontrollzeitraum) betrifft die Zeitspanne nach Filtereinbau, und zwar vom 01.01.2005 bis zum 31.08.2005.

Der Vergleichszeitraum vor Filtereinbau beinhaltet Daten vom 01.04.2004 bis zum 30.11.2004.

Die Zeiträume vor und nach Filtereinbau wurden insgesamt auf 8 Monate festgelegt.

Die Zeitspanne des erfolgten Filtereinbaus 01.12.2004 bis 31.12.2004 wurde aus der Datenerhebung ausgeschlossen.

#### **3.2 Patienten**

Im Rahmen der vorgenannten Erhebungszeiträume vor und nach Filtereinbau wurden Daten der Patienten der betreffenden anästhesiologischen Intensivstation eines Klinikums der Maximalversorgung zugrunde gelegt, die zum Untersuchungs- und Vergleichszeitraum auf dieser Station untergebracht waren.

Im Vergleichszeitraum wurden 373 Patienten auf der betreffenden Intensivstation behandelt. Im Einzelnen handelte es sich um 171 Frauen und 202 Männer im Alter von 17 bis 86 Jahren. Während des Untersuchungszeitraumes wurden 584 Patienten behandelt, davon 266 Frauen und 318 Männer. Die Altersspanne lag zwischen 17 und 96 Jahren.

### 3.3 Untersuchungsstation

Die Untersuchungsstation wurde in 8 Patientenzimmern sowie in allen Ver- und Ent-  
sorgungsräumen mit endständigen Filtern ausgestattet (vgl. Abb.1).

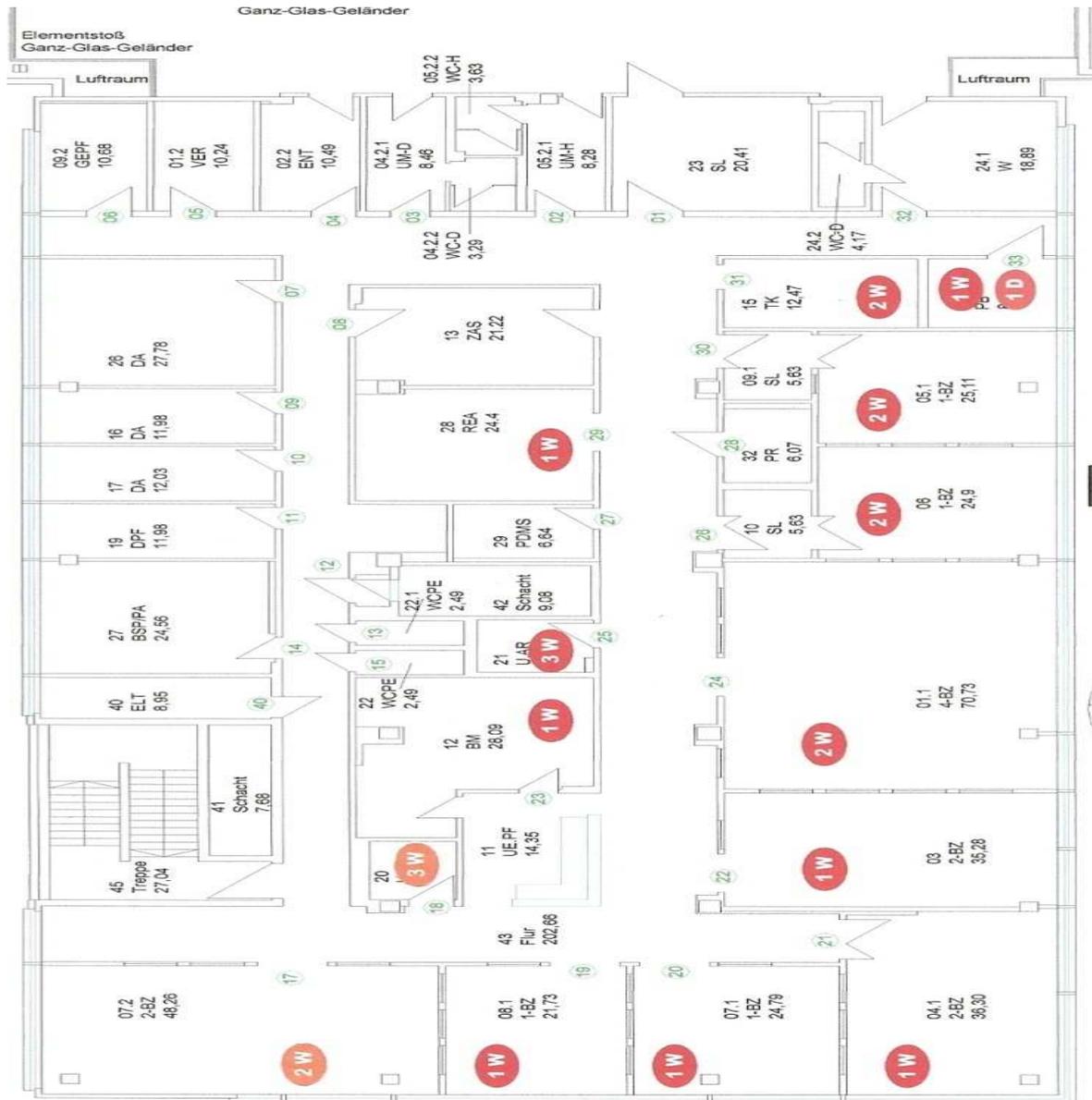


Abb.1: Verteilung der Filter auf der Untersuchungsstation (insgesamt 24 Filter, W= Filter an Wasserhähnen, D= Filter an Duschkopf)

### 3.4 Filter

An allen Wasserhähnen und Duschköpfen wurden endständig Wasserfilter installiert (vgl. Tab.3). Die Membran dieser bakteriendichten Filter (Pall Medical GmbH, Dreieich) hält wassergebundene Partikel bis zu einer Größe von 0,2 µm zurück. Somit werden auch Erreger eliminiert, die als Kontaminanten des Wassers in Krankenhäusern bekannt sind und nosokomiale Infektionen auslösen können.

Die Standzeit des Filtertyps für Wasserhähne (AQ7F1S vgl. Abb.2) und auch für diejenigen mit integriertem Duschkopf (AQ7F2 vgl. Abb.3) beträgt 7 Tage (Pall Medical, 2002. [http://www.exhausmed.com/docs/pall/2006/FichesProduits/12495\\_CC92\\_AQ7F\\_flyer\\_FRA.pdf](http://www.exhausmed.com/docs/pall/2006/FichesProduits/12495_CC92_AQ7F_flyer_FRA.pdf) abgerufen am 22.07.2011).

Die Kosten für einen installierten Filter für Wasserhähne (AQ7F1S) bliefen sich auf 31,41 Euro und jene für einen Duschfilter (AQ7F2) auf 23,81 Euro pro Filter.

Für den Kontrollzeitraum ergaben sich somit insgesamt Kosten von 25.905,19 Euro für die Installation mit vorgenannten Filtern.



Abb.2: Filter AQ7F1S für Wasserhähne

Diese Filter können an allen wasserführenden Systemen angebracht werden, die verschiedene Anwendungsbereiche enthalten. Zum Einen werden sie dort eingesetzt, wo keimfreies Wasser zur täglichen Körperpflege benötigt wird, zum Anderen dort, wo Instrumente wie z.B. Endoskope gespült werden müssen.

Einer der wichtigsten Einsatzbereiche besteht im direkten Gebrauch bei der Versorgung von immungeschwächten Patienten. Diese Filter sind jedoch nicht zur Herstellung von Wasser für Infusionen oder Injektionen geeignet (Pall Medical, 2002. [http://www.exhausmed.com/docs/pall/2006/FichesProduits/12495\\_CC92\\_AQ7F\\_flyer\\_FRA.pdf](http://www.exhausmed.com/docs/pall/2006/FichesProduits/12495_CC92_AQ7F_flyer_FRA.pdf) abgerufen am 22.07.2011).



Abb.3: Filter AQ7F2 mit integriertem Duschkopf

Tab.3: Verteilung der Filter auf der Untersuchungsstation

<b>Zimmer/Raum</b>	<b>Filteranzahl Handwaschbecken</b>
1 Isolierzimmer (1 Bett)	2 (Vorraum, Isolierzimmer)
2 Isolierzimmer MRSA (1 Bett)	2 (Vorraum, Isolierzimmer)
3 Patientenzimmer (4 Betten)	2 (Patientenzimmer)
4 Patientenzimmer (2 Betten)	1 (Patientenzimmer)
5 Patientenzimmer (2 Betten)	1 (Patientenzimmer)
6 Patientenzimmer (1 Bett)	1 (Patientenzimmer)
7 Patientenzimmer (1 Bett)	1 (Patientenzimmer)
8 Patientenzimmer (2 Betten)	2 (Patientenzimmer)
Lageraum	1
Arbeitsraum unrein	1
Arbeitsraum unrein	3
Arbeitsraum unrein	3
Patientenbad	2 (1 Handwaschbecken, 1 Dusche)
Stationsküche	2

### **3.5 Auswertungskriterien 1. Ordnung**

#### **3.5.1 Liegezeit der Patienten**

Die Angabe der Liegezeit erfolgte in Tagen. Die Liegezeit der Patienten wurde anhand des Patientenkontrollbuches der Station festgestellt. Dort sind jeweils das Aufnahme- datum auf die Intensivstation und das Entlassungs- oder Verlegungsdatum festgehalten. Dieser Zeitraum wurde mit dem Liegezeitraum, welcher in der jeweiligen Patientenakte notiert war, verglichen. In den Patientenakten sind Verlegungsberichte von anderen Stationen auf die Untersuchungsstation sowie Verlegungsberichte von dieser auf andere Stationen vorhanden, so dass der Abgleich der Daten mit dem Aufnahme- datum aus dem Kontrollbuch exakt erfolgen konnte. Zudem beinhaltet jede Patienten- akte ein Diagnoseblatt, welches ebenfalls das Aufnahmedatum auf die Intensivstation enthält. Zusätzlich wurde der Liegezeitraum jedes Patienten mit der Anzahl der Tages- blätter bzw. der Behandlungsblätter abgeglichen.

#### **3.5.2 Antibiotika-Verabreichungen**

Dem Behandlungsblatt wurde die Spezifikation der verschiedenen Antibiotikaverab- reichungen entnommen (vgl.Tab.4). Die Einnahmedauer jedes Antibiotikums wurde ebenfalls festgehalten. Zusätzliche Informationen über die genaue Dosierung konnten ebenfalls den Behandlungsblättern entnommen werden. Auch die Angabe der jeweili- gen Dosierung und die Einnahmedauer waren zu entnehmen.

Aus der Einnahmedauer sowie der Dosierung wurde die Gesamtdosierung berechnet. Anhand der Roten Liste können die gesetzlich geregelten Kosten der Antibiotika pro Gramm ermittelt werden, so dass eine Kostenberechnung durchgeführt werden konnte. Anstelle einer Berechnung mit Tagesdosiskosten wurden die Kosten pro Gramm der Antibiotika summiert, da die üblichen Tagesdosiskosten nicht bei jedem Patienten An- wendung fanden. Somit konnte eine genauere Berechnung der Antibiotikakosten erzielt werden. Diese wurden dann im Vergleichs- und Untersuchungszeitraum miteinander verglichen.

Tab.4: Handelsnamen und Substanznamen der Antibiotika

<b>Handelsnamen</b>	<b>Substanznamen</b>
Amikacin	Amikacin
Amoxicillin	Amoxicillin
Ampicillin ®	Ampicillin
Augmentan®	Amoxicillin/Kaliumclavulanat
Avalox®	Moxifloxacin
Baypen®	Mezlocillin-Natrium 1 H <sub>2</sub> O
Ceftriaxon ®	Ceftriaxon-Dinatrium 3,5 H <sub>2</sub> O
Cefuroxim®	Cefuroximaxetil
Ciprobay®	Ciprofloxacin-HCL 1 H <sub>2</sub> O
Claforan®	Cefotaxim-Natrium
Clindamycin®	Clindamycin-HCl
Clont®	Metronidazol
Combactam®	Sulbactam-Natrium
Cotrim®	Trimethoprim, Sulfamethoxazol
Diflucan®	Fluconazol
Doxycyclin®	Doxycyclin 1 H <sub>2</sub> O
Fortum®	Ceftizidim 5 H <sub>2</sub> O
Gentamycin®	Gentamicinsulfat
Infectofos®	Fosfomycin-Natrium
Klacid®	Clarithromycin
Maxipime®	Cefipim-2HCL 1 H <sub>2</sub> O
Meropenem®	Meropenem 3 H <sub>2</sub> O
Metronidazol	Metronidazol
Pipril Hexal®	Piperacillin
Rifampicin	Rifampicin
Rocephin®	Ceftriaxon-Dinatrium 3,5 H <sub>2</sub> O
Sobelin®	Clindamycin-HCl 1 H <sub>2</sub> O
Spizef®	Cefotiam-2 HCL

Tab.4 (Fortführung): Handelsnamen und Substanznamen der Antibiotika

Handelsnamen	Substanznamen
Targocid®	Teicoplanin
Tavanic®	Levofloxacin
Tazobac®	Piperacillin-Natrium, Tazobactam-Natrium
Vancomycin®	Vancomycin-HCL
Vfend®	Voriconazol
Zienam®	Imipenem
Zinaceph®	Cefuroximum
Zyvoxid®	Linezolid

### 3.5.3 Mikrobiologische Befunde

Zur Auswertung der mikrobiologischen Befunde wurden sowohl die positiven, als auch die negativen Befunde herangezogen. Es wurde die Anzahl der verschiedenen Keimarten, zum Beispiel Trinkwasser-typischer Keimarten, wie *P. aeruginosa* und Keime anderer Übertragungswege, wie z. B. *Candida spp.* und *S. aureus*, in Bezug zur Liegedauer analysiert.

Die Angabe der verschiedenen Probearten in Bezug auf die Liegedauer wurde ebenfalls zur Betrachtung herangezogen. Unter den verschiedenen Probearten wurden Nasen- und Rachenabstriche, Trachealsekrete, Urin- und Blutproben aerob und anaerob, sowie Liquorproben subsumiert. Die Probenart wurde beschrieben und die der mikrobiologische Differenzierung festgehalten. Die mikrobiologischen Befunde wurden im Institut für Medizinische Mikrobiologie des Klinikums erstellt und auf der Station in der Patientenakte abgelegt. Auf den Auswertungsbögen wurden die Entnahmeart, das Entnahmedatum und der Keimname festgehalten.

Da zum Zeitpunkt der Erhebung das Datensystem des Klinikums auf ein Online-System umgestellt wurde, ist die Aktenführung während dieses Zeitraumes nicht immer komplett. Um die mikrobiologischen Befunde trotzdem vollständig auswerten zu können, mussten die Daten bezüglich der Entnahmeart und der mikrobiologischer Befundung jedes Patienten erneut abgerufen und notiert werden.

### **3.6 Auswertungskriterien 2. Ordnung**

#### **3.6.1 Röntgen-Thorax**

Zur Auswertung des jeweiligen Röntgen-Thorax-Befundes wurden die Befundblätter der Klinik für Diagnostische Radiologie herangezogen. Aus diesen ging hervor, ob disseminierte Infiltrate auftraten und ob es zu einem Erguss kam. Die Anzahl der positiven Befunde in Bezug auf die Liegezeit war hier von Bedeutung. Somit konnte bei jedem Patienten angegeben werden, an wie vielen Tagen Infiltrate im Röntgen Thorax zu verzeichnen waren.

Zur Vervollständigung der Auswertung wurden auch die negativen Befunde beurteilt. Fehlten in Patientenakten Thoraxaufnahmen, so wurden diese Befunde als „keine Information“ definiert.

#### **3.6.2 Patiententage mit Temperatur > 39°C**

Die Tage mit einer erhöhten Temperatur über 39°C wurden aus den Patientenkurven entnommen. Für jeden Liegetag war eine Temperaturkurve vorhanden, so dass die Anzahl der Tage genau festgelegt war. Aufgrund der Möglichkeit von postoperativen Temperaturerhöhungen wurde der Grenzwert von 39°C festgelegt.

#### **3.6.3 Patiententage mit Leukozytenanstieg > 10000/µl**

Eine ggf. erhöhte Leukozytenanzahl war dem Laborbefund zu entnehmen. Für jeden Liegetag auf der Intensivstation war ein Laborbefundblatt vorhanden. Demzufolge konnte die Anzahl der Tage mit erhöhten Leukozytenwerten genau bestimmt werden. Da ein Leukozytenanstieg auf mehr als 10000/µl auf Infektionen hindeutet, wurde dieser Wert als Grenze festgesetzt.

### 3.6.4 MRSA und ESBL Nachweise

Die Befunde zum Vorkommen von Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA) und Extended-Spectrum-Beta-Lactamase (ESBL) waren den mikrobiologischen Befundblättern zu entnehmen. Auch hier erfolgte nochmals ein Abgleich über die Computerdaten aus dem Befund erstellenden Institut. Eine Angabe erfolgte nur bei positiven MRSA- oder ESBL-Befunden.

### 3.6.5 Verstorbene Patienten

Verstarb ein Patient, wurde dies in der Akte auf dem Patientendatenblatt vermerkt. Die Todesursache konnte aus den Akten jedoch nicht ermittelt werden.

## 3.7 Statistische Auswertung

Die Auswertung der gewonnenen Daten wurde tabellarisch im Programm Microsoft Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) zusammengestellt. Mit diesem Programm konnten auch die Minimal- (Min) und Maximalwerte (Max), der Median, der Mittelwert (MW) sowie die Standardabweichung (SD) errechnet werden. Dies erfolgte sowohl für die Liegezeitdauer, als auch die Einnahmedauer der verschiedenen Antibiotika.

Die Liegezeit wurde mit dem Student's T-Test auf Signifikanz überprüft. Hierzu wurde der T-Test von unabhängigen Stichproben verwendet, um eine eventuelle Signifikanz der Liegezeit des Vergleichszeitraumes mit der Liegezeit des Untersuchungszeitraumes zu errechnen. Um eine eventuelle Signifikanz der Antibiotikaeinnahmedauer vor und nach Filtereinbau festzustellen, wurde auch hier der T-Test zur Berechnung herangezogen.

Ein weiterer Signifikanztest wurde für die positiven und negativen Keimbefunde durchgeführt. Hierzu wurde der exakte Test nach Fisher verwendet. Er liefert auch bei einer geringen Anzahl von Beobachtungen zuverlässige Resultate und wurde deshalb zur Signifikanzberechnung ausgewählt. Diese Berechnung erfolgte mit dem Statistikprogramm Stat 3.5 Systat Software, Inc. SigmaStat Executable.

Bei allen weiteren Untersuchungsergebnissen wurden die absoluten Zahlen vor und nach Filtereinbau miteinander verglichen.

## 4 Ergebnisse

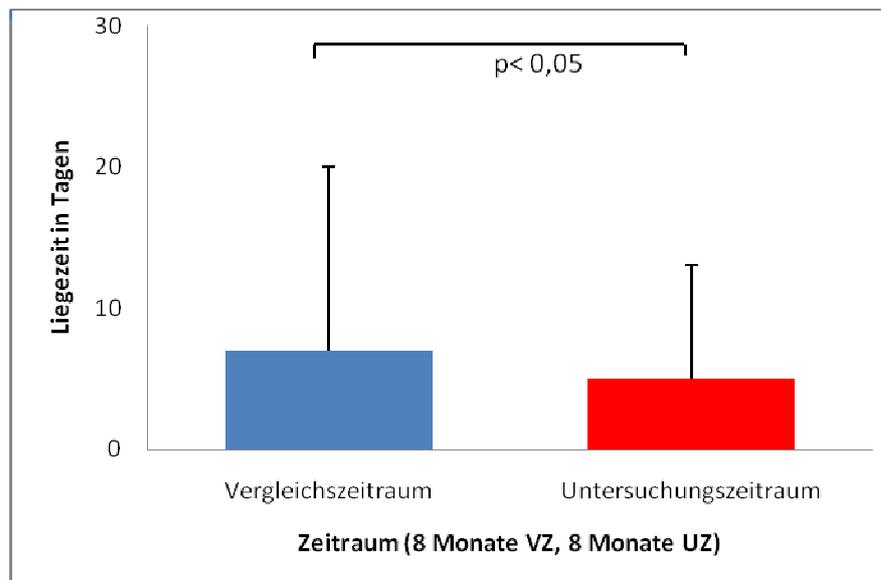
Die Ergebnisse der vorliegenden Studie lassen sich grundsätzlich in zwei Hauptgruppen unterteilen. Zum Einen in die Gruppe derjenigen mit Ergebnissen der Auswertungskriterien 1. Ordnung, d.h. Beobachtung der Liegezeit, Antibiotika und mikrobiologischen Befunde und zum Anderen in diejenige mit Ergebnissen der Auswertungskriterien 2. Ordnung.

### 4.1 Auswertungskriterien 1. Ordnung

#### 4.1.1 Liegezeit

Im Vergleichszeitraum lagen insgesamt 373 Patienten mindestens 1 Tag und maximal 108 Tage auf der Untersuchungsstation. Die Patienten verbrachten somit im Durchschnitt in der Intensivpflege  $7 \pm 13$  Tage (MW  $\pm$  SD).

Im Untersuchungszeitraum betrug die Liegedauer  $5 \pm 8$  Tage. Die Patienten verweilten mindestens 1 Tag und maximal 59 Tage (vgl. Abb.4). Die Liegezeitdauer vor und nach Filtereinbau unterscheidet sich signifikant ( $p=0,0367$ ).



**Abb.4:** Liegezeit im Vergleichs- und Untersuchungszeitraum; Angabe in Tagen (MW mit SD)

#### 4.1.2. Antibiotikaeinnahmedauer

Die Minimaleinnahmedauer der Antibiotika betrug in beiden Zeiträumen 0 Tage. Im Vergleichszeitraum wurden den Patienten maximal 96 Tage Antibiotika und im Untersuchungszeitraum 59 Tage verordnet. Dies bedeutet eine Einnahmedauer im Vergleichszeitraum von  $6 \pm 12$  Tagen (MW  $\pm$  SD) und im Untersuchungszeitraum  $4 \pm 8$  Tage (vgl. Abb.5). Es konnte eine Signifikanz von  $p= 0,017$  ermittelt werden (vgl. Abb.5).

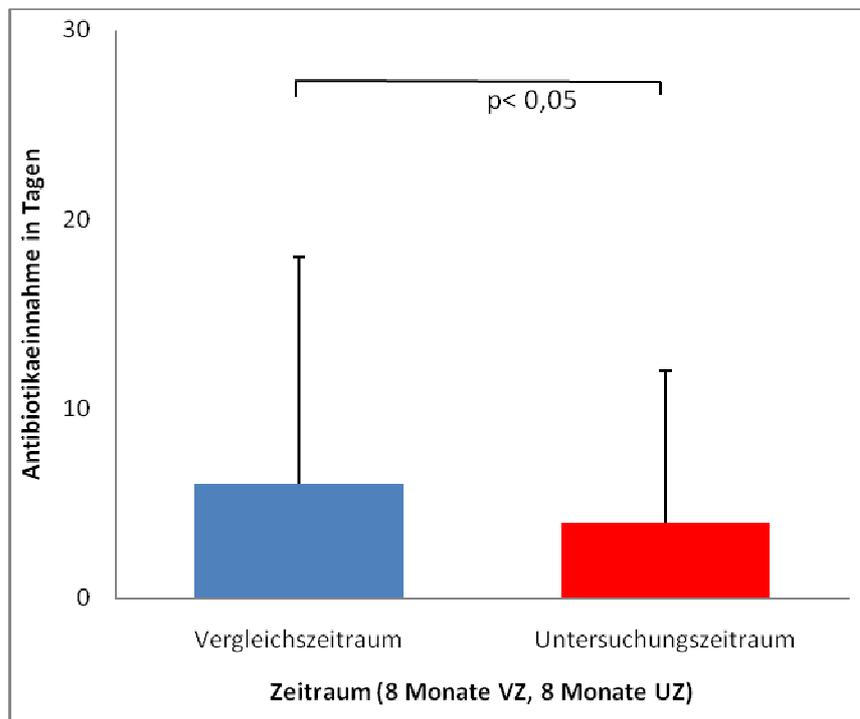
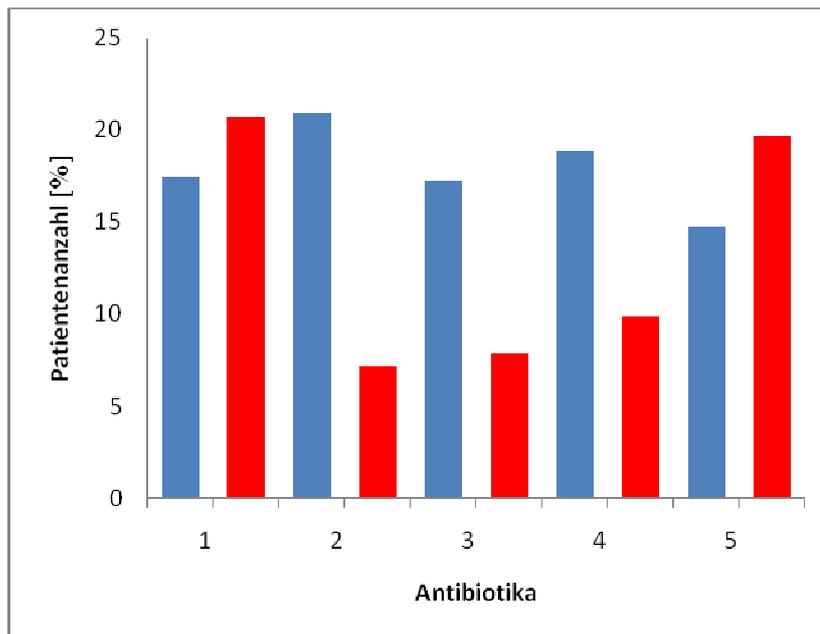


Abb.5: Antibiotikaeinnahme im Vergleichs- und Untersuchungszeitraum; Angabe in Tagen (MW mit SD)

#### 4.1.3 Antibiotikapräparate und deren Einsatz

Die am häufigsten im Vergleichszeitraum verordneten Antibiotikapräparate waren Cefuroxim® (17,4% der Patienten), Claforan® (20,9%), Clont® (17,2%) und Rocephin® (18,8%). 14,7% der Patienten wurden keine Antibiotika verordnet. Die Angaben waren insofern vollständig, da es keinen Patienten gab, zu welchem aus der Akte keine Information entnommen werden konnte. Im Untersuchungszeitraum wurde

am häufigsten Zinaceph® (14,4%) verordnet. Claforan® (7,2%) und Ceftriaxon® (9,9%) kamen im Untersuchungszeitraum im Vergleich zum Zeitraum vor Filtereinbau wesentlich weniger zum Einsatz. Claforan® wurde im Vergleichszeitraum ungefähr um das 3-fache öfter verabreicht und Ceftriaxon® sowie Clont® doppelt so häufig. Die Anzahl der Nichtverordnungen von Antibiotika lag im Untersuchungszeitraum bei 19,7%, also genau 5 % höher als im Vergleichszeitraum (vgl. Abb.6). Bei 0,3% der Patienten konnten im Untersuchungszeitraum keine Angaben gemacht werden.



**Abb.6:** Antibiotikaspezifikationen und -gaben im Vergleichszeitraum (blau) und im Untersuchungszeitraum (rot); 1=Zinaceph®, 2=Claforan®, 3=Clont®, 4=Ceftriaxon®, 5=kein Antibiotikum

#### 4.1.4 Antibiotika-Dosiskosten

In Tab.5 sind die Dosiskosten jedes einzelnen verordneten Antibiotikums pro Gramm in Euroangabe aufgeführt. Die Preise wurden der Roten Liste entnommen.

Es sind deutliche Unterschiede der Preise zu erkennen. Somit ist Targocid® mit 304,42 Euro pro Gramm das teuerste Antibiotikum. Das günstigste verabreichte Antibiotikum ist Cotrim® mit 1,09 Euro pro Gramm.

**Tab.5:** Antibiotikaspezifikationen und Dosiskosten pro Gramm in Euroangabe  
(Rote Liste online 2009)

<b>Antibiotika</b>	<b>Dosiskosten pro g in Euro</b>
Amikacin®	6,75
Augmentan®	5,31
Avalox®	16,25
Azillin®	2,28
Baypen®	9,52
Ceftriaxon®	25,8
Ciprobay®	5,19
Claforan®	15,61
Clont®	3,57
Combactam®	keine Angabe
Cotrim®	1,09
Fortum®	26,18
Infectofos®	8,3
Klacid®	7,97
Maxipime®	25,61
Meronem®	52,46
Pipril®	7,83
Refobacin®	59,05
Rifa®	12,02
Sobelin®	15,44
Supracyclin®	57,51
Spizef®	28,98
Targocid®	304,42
Tavanic®	19,72
Tazobac®	63,94
Unacid®	1,6
Vancomycin®	80,6
Zienam®	48,66
Zinaceph®	3,87
Zyvoxid®	155,69

#### 4.1.5 Antibiotikakosten

Im Untersuchungszeitraum wurden Antibiotika im Gesamtwert von 290.607,70 Euro verabreicht. Dieser Betrag war im Vergleichszeitraum geringer und lag bei 281.012,63 Euro. Da jedoch die Patientenzahl im Untersuchungszeitraum wesentlich höher war, müssen die Kosten ins Verhältnis zur Patientenzahl gesetzt werden.

Ermittelt man nun die Durchschnittskosten für Antibiotika pro Patient, ergibt sich, dass im Untersuchungszeitraum die Kosten der Antibiotika mit 497,62 Euro pro Patient geringer waren als im Vergleichszeitraum. Im Vergleichszeitraum ergibt sich ein Durchschnittswert von 753,39 Euro pro Patient (vgl. Abb.7) und somit eine Differenz von durchschnittlich 255,77 Euro pro Patient.

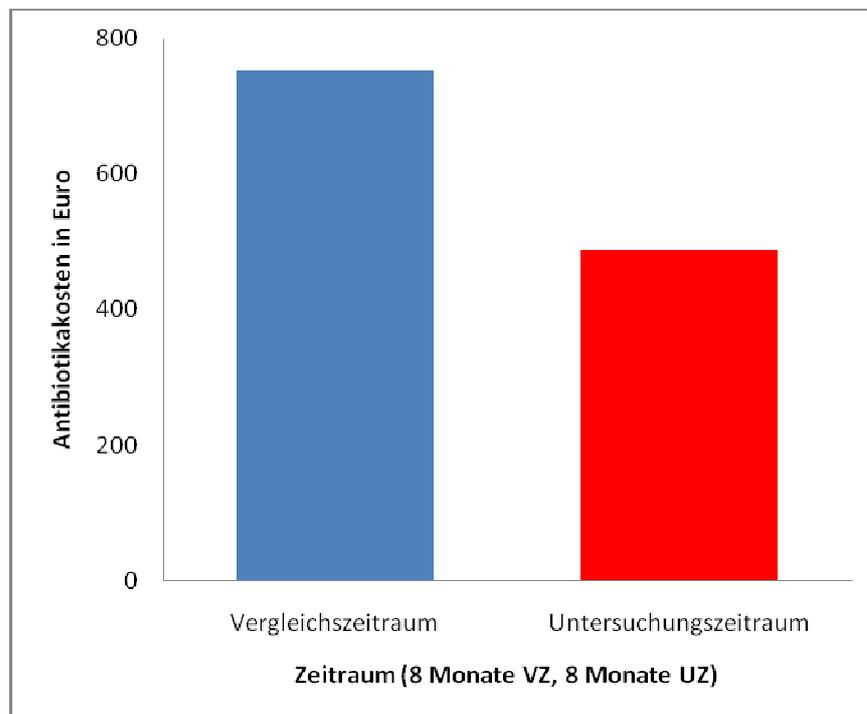


Abb.7: Antibiotikakosten im Vergleichszeitraum und Untersuchungszeitraum im Durchschnitt pro Patient; Angabe in Euro gemäß Rote Liste 2009

### 4.1.6 Mikrobiologische Probenarten

Die häufigsten entnommenen Abstriche stellten sowohl im Vergleichs-, als auch im Untersuchungszeitraum die Rachen- und Nasenabstriche dar. Diese wurden der Probengruppe mit „1. Priorität“ zugeordnet. In der Rangordnung folgten die Urinproben und andere mikrobiologische Proben, denen die Kategorie „2. Priorität“ zugeordnet wurde. Diese wurden allerdings bei weniger als einem Drittel der Patienten entnommen. Keine diesbezüglichen Informationen konnten im Vergleichszeitraum bei 22 von 373 Patienten gefunden werden, im Untersuchungszeitraum betraf dies 35 von 584 Patienten.

Aus Abb.8 geht hervor, dass im Vergleichszeitraum der Anteil der entnommenen Rachen- und Nasenabstriche bei unter 90% lagen, nämlich bei 87,7% und 87,4%. Im Untersuchungszeitraum ist ein geringfügiger Anstieg zu erkennen auf 91,3% bzw. 92,4%.

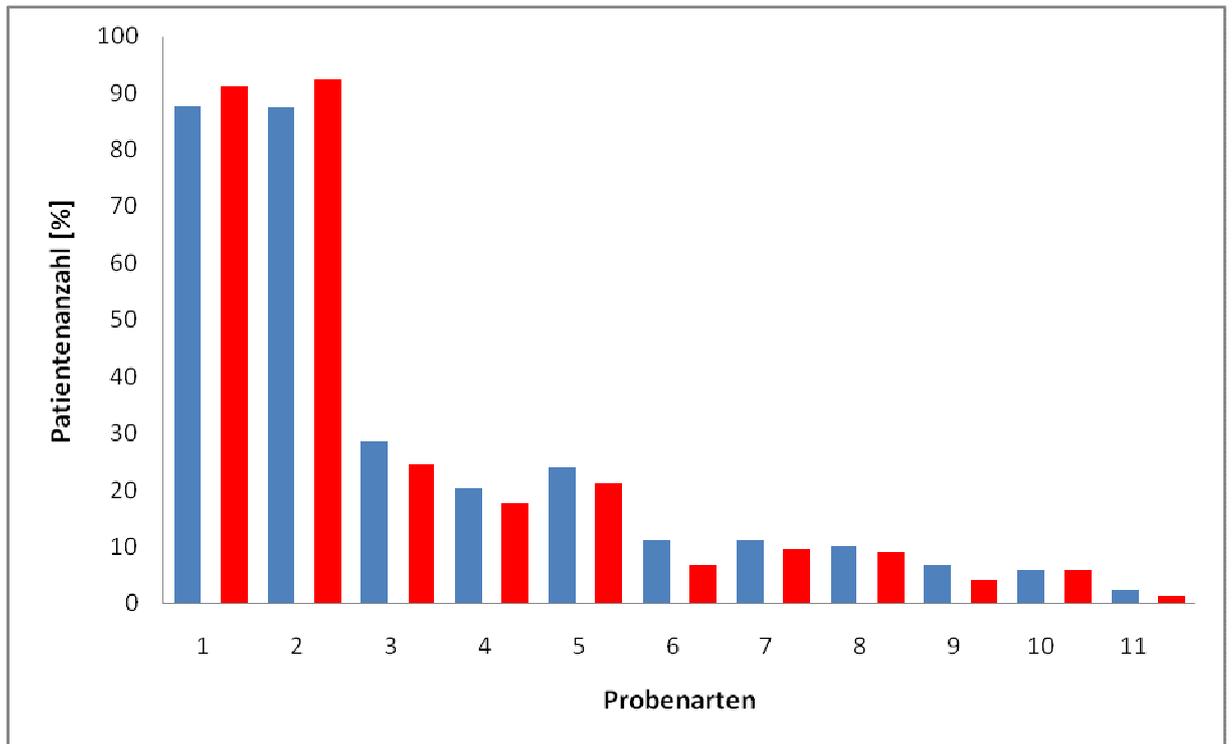
Urinproben wurden im Vergleichszeitraum bei 28,7% der Patienten entnommen. Dieser Wert lag im Untersuchungszeitraum nur bei 24,5%.

Diese Tendenz konnte auch beim Trachealsekret beobachtet werden. Lag der Wert im Vergleichszeitraum noch bei 20,4%, so sank er im Untersuchungszeitraum auf 17,6% der Patienten.

Auch der Anteil der anderen Probenarten, welcher alle nicht gesondert aufgeführten Proben zusammenfasst, lag im Untersuchungszeitraum niedriger als im Vergleichszeitraum. Zu dieser Gruppe zählen Abstriche, welchen einen Wert von unter 1% der Patienten darstellten und nicht detailliert aufgeführt waren, wie z.B. andere Wundabstriche oder Analabstriche. Im Vergleichszeitraum lag die Prozentzahl der Patienten bei 23,9% und im Untersuchungszeitraum bei 21,2%.

Blutproben aerob und anaerob, Liquorproben sowie Bronchiallavage und -sekret wurden im Untersuchungszeitraum geringfügig weniger entnommen, als im Vergleichszeitraum. Eine aerobe Blutprobe wurde bei 11% der Patienten im Vergleichszeitraum entnommen und im Untersuchungszeitraum bei 9,4%. Vor Filtereinbau lag der Anteil der Patienten mit entnommenem Blut anaerob bei 10,2% und nach Filtereinbau bei 9%. Liquor wurde im Untersuchungszeitraum bei 4,1% der Patienten entnommen, im Vergleichszeitraum bei 6,7%.

Keine Informationen konnten vor und nach Filtereinbau bei jeweils 6% der Patienten gewonnen werden.



**Abb.8:** Entnommene Proben und Anzahl der Patienten in % im Vergleichszeitraum (blau) und im Untersuchungszeitraum (rot)

1=Nasenabstriche, 2=Rachenabstriche, 3=Urin, 4=Trachealsekret, 5=andere Probenarten, 6=Katheterspitze, 7=Blut aerob, 8=Blut anaerob, 9=Liquor, 10=keine Information, 11=Bronchiallavage, -sekret

#### 4.1.7 Mikrobiologische Befunde

Alle mikrobiologischen Isolate wurden zwei Hauptgruppen zugeordnet, welche sich bezüglich der Wahrscheinlichkeit einer wasserassoziierten Übertragung unterschieden (vgl. Tab.6).

Tab.6: Unterteilung der Keime in zwei Hauptgruppen

<p><b>Hauptgruppe 1</b> (Übertragung vorzugsweise durch Wasser)</p>	<p><i>Pseudomonas aeruginosa</i>  <i>Legionella spp.</i>  <i>Acinetobacter spp.</i>  <i>Klebsiella spp.</i>  <i>Enterococcus faecalis</i> rsp. <i>faecium</i>  <i>Enterobacter cloacae</i> rsp. <i>aerogenes</i>  <i>Escherichia coli</i></p>
<p><b>Hauptgruppe 2</b> (Übertragung vorzugsweise nicht durch Wasser)</p>	<p>vergrünende Streptokokken  <i>Candida species</i>  <i>Neisseria species</i>  koagulasenegative Staphylokokken  <i>Staphylococcus aureus</i></p>

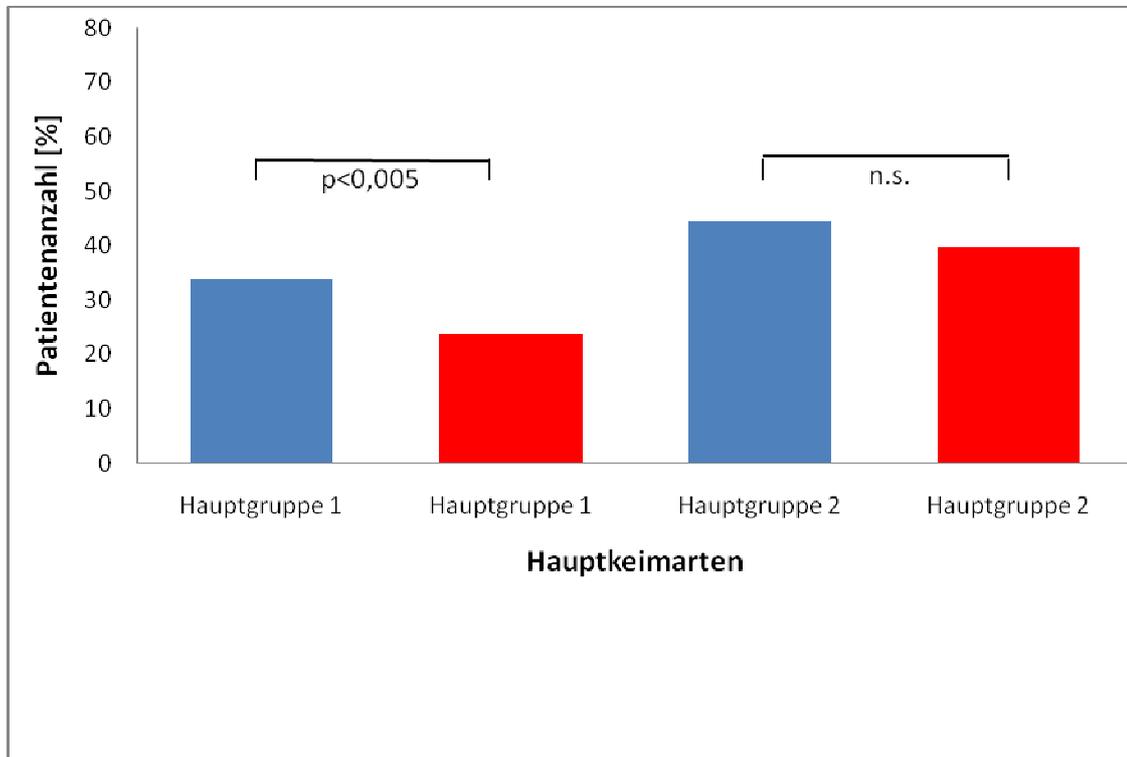
Folgt man dieser Einteilung in „vorzugsweise durch Wasser übertragen“ (Hauptgruppe 1) und „vorzugsweise nicht durch Wasser übertragen“ (Hauptgruppe 2), so wird deutlich, dass der größte Anteil der nachgewiesenen Keimarten der Gruppe der Keimarten, welche vorzugsweise nicht durch Wasser übertragen werden zuzuordnen war (vgl. Abb.9). Keimarten, welche vorzugsweise durch Wasser übertragen werden, stellten den geringeren Anteil der positiven Keimnachweise dar.

Die Ergebnisse im Vergleichszeitraum vor Filtereinbau werden des Weiteren mit den Ergebnissen im Untersuchungszeitraum nach Filtereinbau verglichen.

Bei mehr als einem Drittel (33,8%) der Patienten konnte im Vergleichszeitraum vor Filtereinbau ein positiver Nachweis von Wasserkeimarten erfolgen.

Im Untersuchungszeitraum nach Filtereinbau ist der Anteil der Patienten mit nachgewiesenen wasserassoziierten Keimarten um 10% auf 23,8% gesunken. Dieses Ergebnis ist hoch signifikant ( $p < 0,001$ ).

Beim Vergleich der Keimarten, die vorzugsweise nicht durch Wasser übertragen werden, wird deutlich, dass ein Rückgang um rund 5%, von 44,5% auf 39,9%, erzielt wurde. Dieses Ergebnis ist nicht signifikant ( $p=0,2$ ).



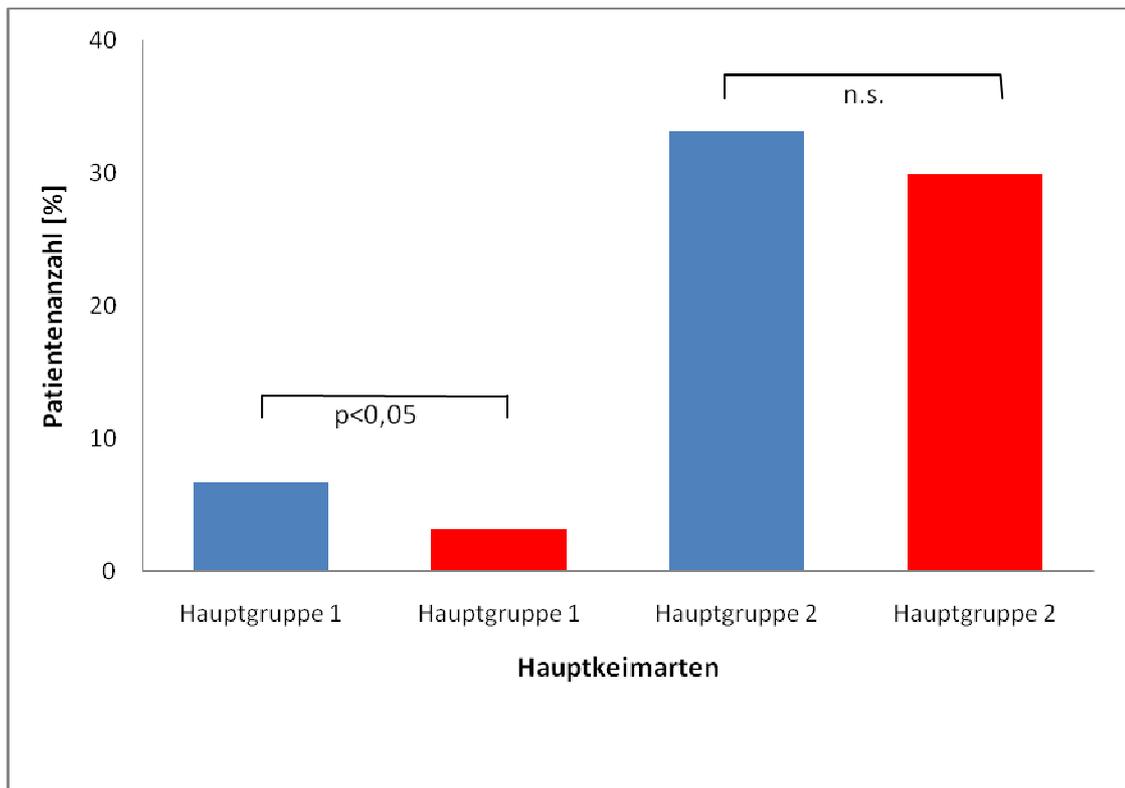
**Abb.9:** Anzahl der positiven Keimnachweise mit Angabe der Patienten in % im Vergleichszeitraum (blau) und Untersuchungszeitraum (rot)

### 4.1.8 Ergebnisse der Nasenabstriche

Im Vergleichszeitraum wurden bei 87,4% der Patienten Nasenabstriche entnommen (Abb.8). Im Untersuchungszeitraum lag die Entnahme von Nasenabstrichen bei 92,4%. Die nachgewiesenen Keimarten können den zwei Gruppen aus Tab.6 zugeordnet werden.

Der Nachweis von Keimarten, welche vorzugsweise über das Wasser übertragen werden können (Hauptgruppe 1), erfolgte im Vergleichszeitraum bei 6,7% der Patienten (vgl. Abb.10). Im Untersuchungszeitraum konnte eine Reduzierung um 3,6% erzielt werden. Dieses Ergebnis ist signifikant ( $p=0,02$ ).

Keimarten, welche nicht vorzugsweise über das Wasser zu übertragen werden (Hauptgruppe 2), konnten im Vergleichszeitraum bei mehr als einem Drittel der Patienten, 33,1%, nachgewiesen werden. Eine Reduzierung war auch hier im Untersuchungszeitraum nach Filtereinbau auf 29,9%, ersichtlich. Hier konnte keine Signifikanz ( $p=0,33$ ) ermittelt werden.



**Abb.10:** Positive Nasenabstriche mit Einteilung in Hauptkeimarten im Vergleichszeitraum (blau) und Untersuchungszeitraum (rot)

### 4.1.9 Ergebnisse der Rachenabstriche

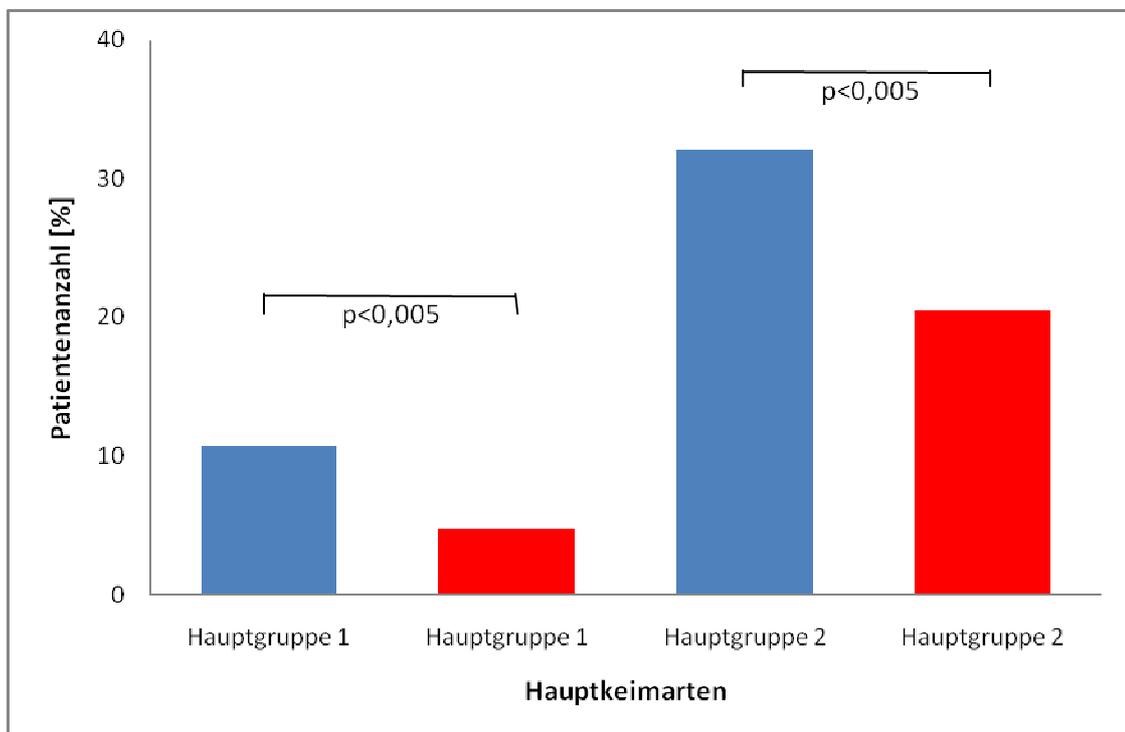
Rachenabstriche wurden im Vergleichszeitraum bei 87,7% der 373 Patienten entnommen. Im Untersuchungszeitraum war ein Anteil von 91,3% der 584 untersuchten Patienten zu verzeichnen.

Wieder stellte die Gruppe der Hauptgruppe 1 den geringsten Anteil dar und die Gruppe der Keimarten mit anderen Übertragungswegen den größten Teil. Nur bei ungefähr

einem Zehntel der Patienten konnten im Vergleichszeitraum ein oder mehrere Wasserkeime im Rachenabstrich nachgewiesen werden.

Die Anzahl der wasserkeimassoziierten Keimarten ist im Untersuchungszeitraum um 6%, von 10,7% im Vergleichszeitraum, auf 4,7%, gesunken (vgl. Abb.11). Dieses Ergebnis ist signifikant ( $p=0,001$ ).

Die Patienten mit positiven Keimarten unterschiedlicher Übertragungswege sanken im Untersuchungszeitraum um 9%, von 18,3% auf 9,4%. Somit stellt auch dieses Ergebnis einen signifikanten Befund dar ( $p=0,0002$ ).



**Abb.11:** Positive Rachenabstriche mit Einteilung in Hauptkeimarten im Vergleichszeitraum (blau) und Untersuchungszeitraum (rot)

#### 4.1.10 Ergebnisse der Trachealsekretproben

Aus den Daten der Abb.12 geht hervor, dass die Gruppe der Keimarten mit nicht vorzugsweisem Übertragungsweg durch das Wasser, den größten Anteil aller Trachealsekretproben darstellt. Im Vergleichszeitraum wurden bei insgesamt 20,4%

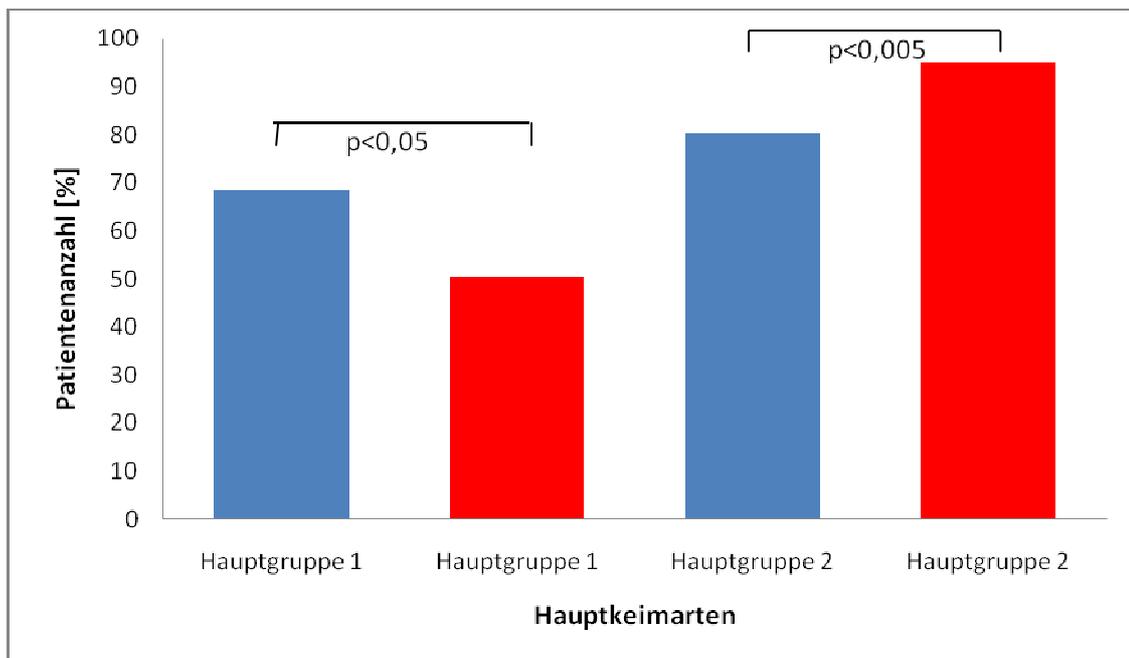
der Patienten Trachealsekretproben entnommen, im Untersuchungszeitraum hingegen bei 17,6% der Patienten.

Die Trachealsekretproben mit positivem Keimnachweis wiesen jeweils bei über 50% der Patienten beider Hauptgruppen aus Tab.6 auf.

Bei der Betrachtung ist zu beachten, dass zum Teil Mehrfachnachweise vorlagen.

Keimarten der Hauptgruppe 1 (vgl. Tab.6) waren im Zeitraum nach Filtereinbau bei der Hälfte aller Patienten zu finden. Somit ist zu erkennen, dass dieser Nachweis im Vergleich zum Zeitraum vor Filtereinbau von 68,4% auf 50,5% stark gesunken ist. Dieses Ergebnis ist signifikant ( $p=0,02$ ).

Beim Vergleich der Ergebnisse der Hauptgruppe 2 (vgl. Tab.6), wird deutlich, dass die Anzahl der positiven Keimnachweise von 80,3% vor Filtereinbau auf 95,1% nach Filtereinbau angestiegen ist. Dieses Ergebnis ist signifikant ( $p=0,003$ ).



**Abb.12:** Positive Trachealsekretproben mit Einteilung in Hauptkeimarten im Vergleichszeitraum (blau) und Untersuchungszeitraum (rot)

#### 4.1.11 Ergebnisse der mikrobiologischen Proben 2. Priorität

Die Ergebnisse der Urinproben, der Blutkulturen aerob und anaerob, der Liquorabstriche und der Bronchiallavage/-sekrete sind nicht signifikant (vgl. Tab.7), so dass auf eine Abbildung verzichtet wurde.

Tab.7: Signifikanzwerte der Proben 2. Priorität

	Keimarten vorzugsweise durch Wasser zu übertragen	Keimarten vorzugsweise nicht durch Wasser zu übertragen
Urinproben	p=0,6	p=0,2
Blutkulturen aerob	p=0,7	p=0,6
Blutkulturen anaerob	p=0,5	p=0,3
Liquorabstriche	p=0,9	p=0,8
Bronchiallavage/ Bronchialsekret	p=0,9	p=0,6

## 4.2 Auswertungskriterien 2. Ordnung

### 4.2.1 Röntgen-Thorax

Im Vergleichszeitraum lagen bei 60,3 % der Patienten keine Informationen über eine Röntgenaufnahme des Thorax vor. Mit 3,5% hatte nur ein geringer Anteil der restlichen Patienten einen positiven Röntgenbefund des Thorax aufzuweisen, mehr als ein Drittel der Patienten, 36,2%, wies einen negativen Befund auf.

Im Untersuchungszeitraum konnte bei 63,9% der Patienten keine Information gewonnen werden. 2,2 % der restlichen Patienten wiesen einen positiven Befund auf und 33,9% der Patienten einen negativen Befund.

Der Vergleich der Röntgenbefunde des Thorax im Vergleichszeitraum und im Untersuchungszeitraum macht deutlich, dass die Anzahl der positiven Röntgenbefunde um etwas mehr als 1% gesunken sind, von 3,5% auf 2,2% (vgl. Abb.13). Dieses Ergebnis ist nicht signifikant ( $p=0,3$ ). Auch die negativen Befunde waren rückläufig, von 36,2% im Vergleichszeitraum auf 33,9% im Untersuchungszeitraum. Auch hier liegt keine Signifikanz vor ( $p=0,5$ ). Der Anteil der Patienten ohne Informationen ist jedoch nochmals um 3,6% von 60,3% auf 63,9% gestiegen. Auch dieses Ergebnis weist keine Signifikanz auf ( $p=0,3$ ).

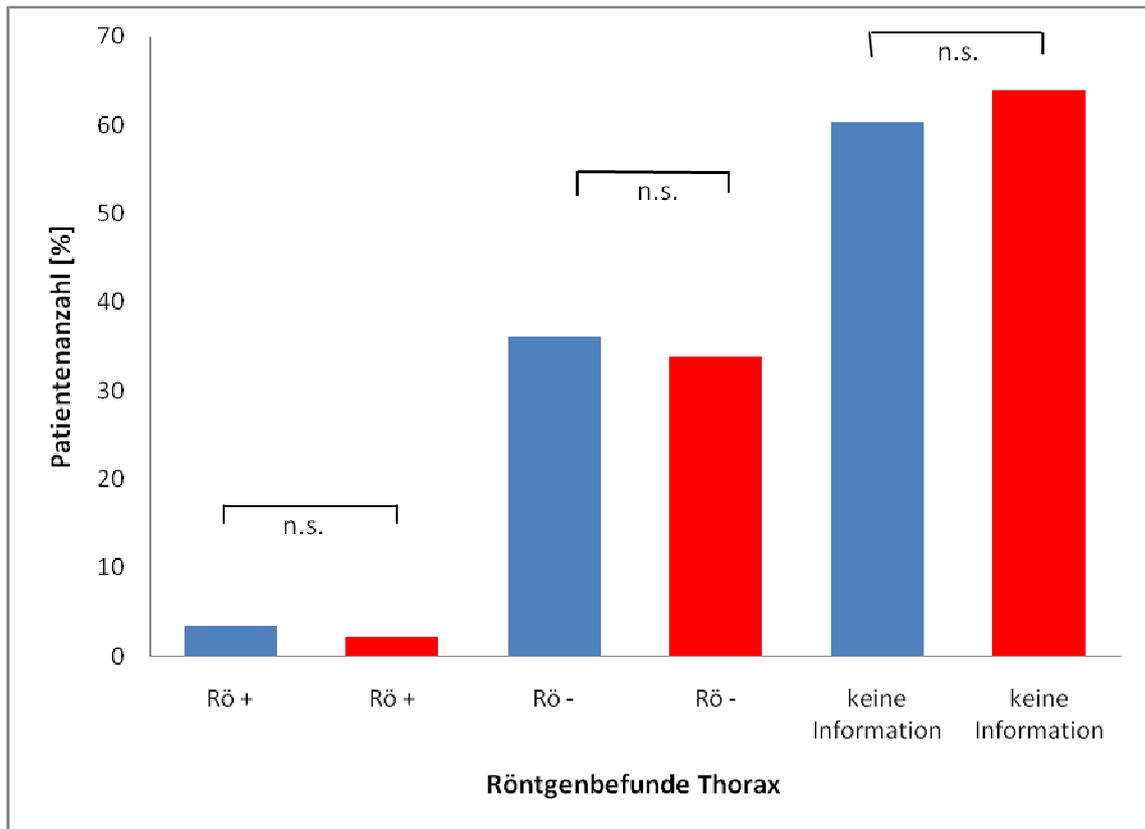


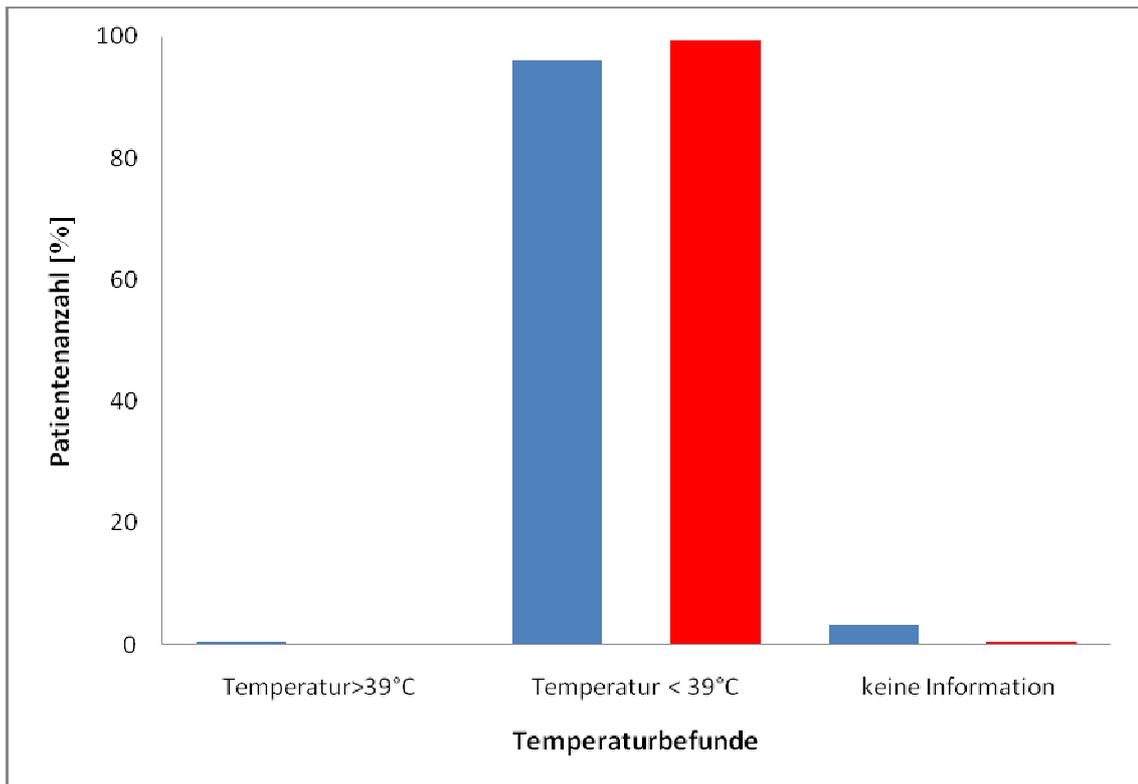
Abb.13: Röntgenbefunde des Thorax im Vergleichszeitraum (blau) und im Untersuchungszeitraum (rot)

#### 4.2.2 Patiententage mit Temperatur > 39°C

Im Vergleichszeitraum ohne Filterapplikation wiesen 0,5% der Patienten eine Temperaturerhöhung mehr als 39°C auf. Im Untersuchungszeitraum nach Filterapplikation waren es 0,2% der Patienten (vgl. Abb.14).

Im Vergleichszeitraum konnte bei 358 Patienten von insgesamt 373 Patienten keine Temperaturerhöhung größer als 39°C festgestellt werden, dies entspricht 96%. Im Untersuchungszeitraum waren es 580 von 584 Patienten, also 99,3%.

Der Anteil der Patienten ohne Informationen zum Temperaturverlauf lag im Vergleichszeitraum bei 3,2% der Patienten. Im Untersuchungszeitraum waren es 0,5%.



**Abb.14:** Temperaturbefunde im Vergleichszeitraum (blau) und Untersuchungszeitraum (rot)

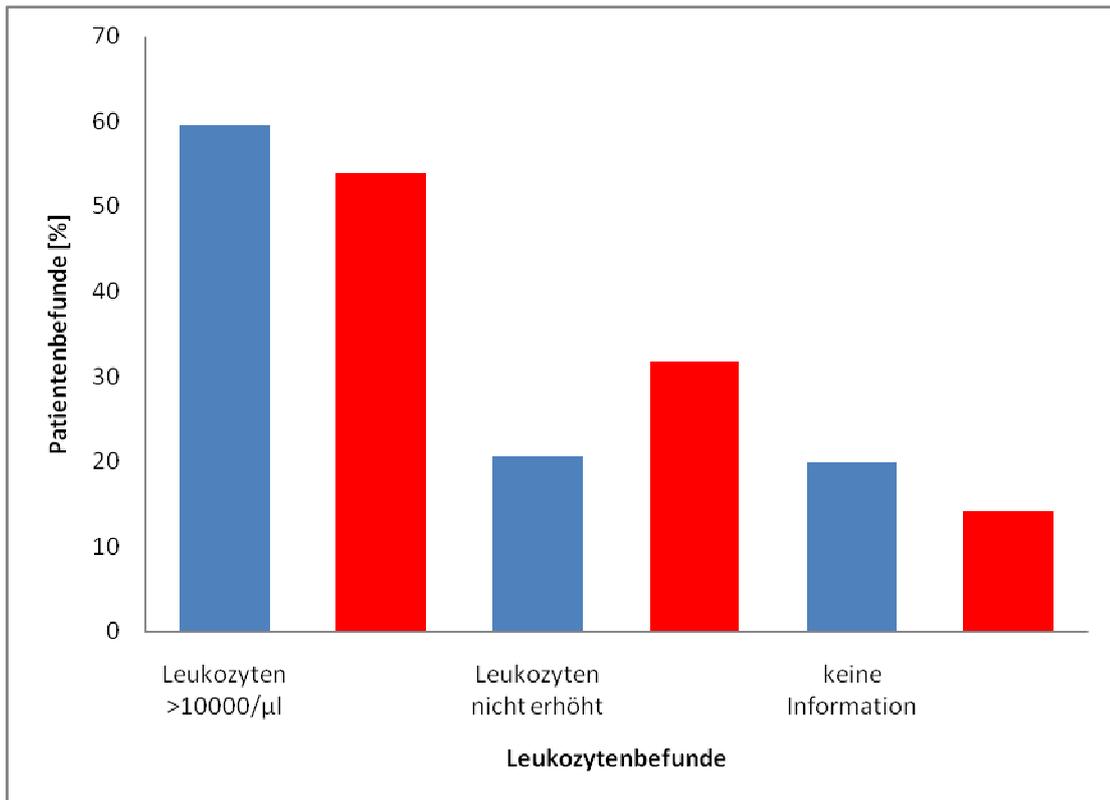
#### 4.2.3 Patiententage mit Leukozytenanstieg >10000/ $\mu$ l

Im Vergleichszeitraum wiesen, mit 59,5%, die Mehrzahl der Patienten eine Leukozytenanzahl größer als 10000/ $\mu$ l auf (vgl. Abb.15).

Im Untersuchungszeitraum betrug die Anzahl der Patienten mit erhöhten Leukozytenwerten ebenfalls mehr als die Hälfte( 53,9%).

Die Patientenanzahl mit nicht erhöhter Leukozytenanzahl lag im Vergleichszeitraum bei 20,6% und im Untersuchungszeitraum bei 31,8%.

Im Vergleichs-, sowie im Untersuchungszeitraum gab es Patienten, bei welchen keine Informationen vorlagen. Dies war bei 19,8% der Patienten im Vergleichszeitraum und bei 14,2% der Patienten im Untersuchungszeitraum der Fall.



**Abb.15:** Angabe der Leukozytenbefunde im Vergleichszeitraum (blau) und Untersuchungszeitraum (rot)

#### 4.2.4 MRSA-Befunde

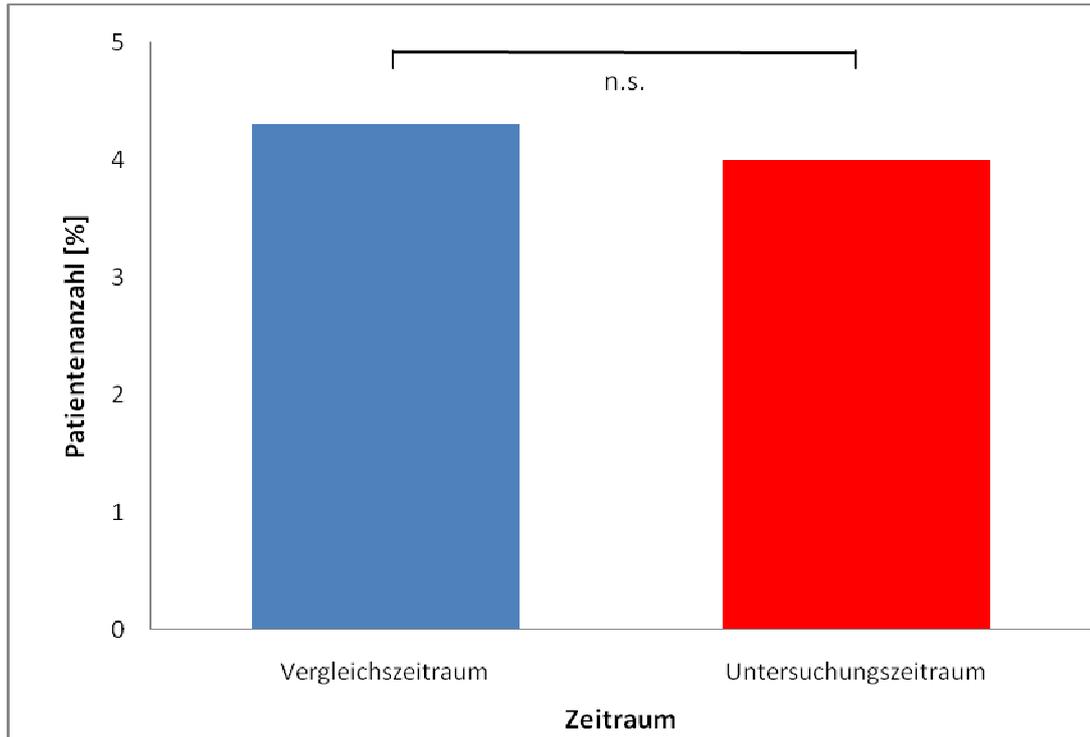
Im Vergleichszeitraum erlitten insgesamt 17 Patienten Besiedelungen und/oder Infektionen mit MRSA (4,6%). Im Untersuchungszeitraum waren es hingegen 20 Patienten (3,4%). Somit ist die Anzahl der Patienten mit einem Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* besiedelten oder infizierten um 1,2% gesunken. Eine Signifikanz konnte nicht ermittelt werden ( $p=0,48$ ).

#### 4.2.5 ESBL-Befunde

Die Anzahl der ESBL Befunde ist leicht gestiegen, und zwar von 0,3% im Vergleichszeitraum auf 0,9% im Untersuchungszeitraum. Es konnte keine Signifikanz ermittelt werden ( $p=0,48$ ).

#### 4.2.6 Verstorbene Patienten

Sowohl im Vergleichs-, als auch im Untersuchungszeitraum sind Patienten auf der Untersuchungsstation verstorben (vgl. Abb.16). Im Zeitraum vor Filtereinbau waren es 16 Patienten, also 4% und nach Filtereinbau 23 Patienten und damit ebenfalls 4%. Diese Ergebnisse sind nicht signifikant ( $p=0,92$ ).



**Abb.16:** Angabe der verstorbenen Patienten im Vergleichszeitraum (blau) und Untersuchungszeitraum (rot)

## 5 Diskussion

Seitdem die technischen Voraussetzungen gegeben sind, endständige Filtersysteme unter Berücksichtigung geltender gesetzlicher Vorgaben (vgl. MPG 2003) in Krankenhaus und Praxis zu installieren, wird der klinische Nutzen derartiger Maßnahmen diskutiert (Exner, 2004; Borneff-Lipp, 2005; Trautmann et al., 2008).

Die vorliegende Studie betrachtet die Veränderungen patientenbezogener Parameter in einem definierten Vergleichs- und Untersuchungszeitraum vor und nach Filtereinbau auf einer Intensivstation eines Klinikums der Maximalversorgung. Es fanden keine Interventionen statt, da die Studie im retrospektiven Design erfolgte.

### 5.1 Ergebnisdiskussion der Auswertungskriterien 1. Ordnung

#### 5.1.1 Liegezeit

Nach Kramer et al. verlängert sich der Krankenhausaufenthalt bei einer nosokomialen Infektion auf einer Intensivstation signifikant von drei auf 51 Tage (Kramer et al., 2006/2007). Exner nimmt an, dass eine erworbene nosokomiale Infektion zu einer Liegezeitverlängerung von mindestens 7 bis 8 Tagen führt (Exner, 2007). Weitere Untersuchungen ergaben, dass Patienten ohne Kolonisation von *P. aeruginosa* im Durchschnitt drei Tage auf der Intensivstation lagen, hingegen Patienten mit Kolonisation bis zu 50 Tagen (Exner, 2007).

Im Rahmen unserer Studie wiesen die Patienten im Untersuchungszeitraum eine kürzere Liegezeit auf als im Vergleichszeitraum, wobei ein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte (vgl. Abb.4).

Die Verlängerung der Liegezeit auf einer Intensivstation aufgrund einer nosokomialen Infektion ist nach der Literatur abhängig von der Infektionsart. Besonders gefährdet sind Patienten mit nosokomialer Pneumonie, welche eine der häufigsten nosokomialen Infektionen auf Intensivstationen darstellt (Wischnewski et al., 1997). Tab.8 macht deutlich, dass die nosokomiale Pneumonie zu einer erheblichen Verlängerung der Liegezeit führen kann.

**Tab.8:** Verlängerung der Liegezeit auf Intensivstationen aufgrund nosokomialer Pneumonie (Geffers et al., 2002)

Studie	Liegezeitverlängerung in Tagen
Craig et al. 1984.	8
Leu et al. 1989	9,2
Kappstein et al. 1992	10
Fagon et al. 1993	13
Baker et al. 1996	9
Papazian et al. 1996	8,8
Aznar et al. 1996	25
Heyland et al. 1999	4,7

Die Verkürzung der Liegezeit der Patienten auf der Intensivstation im Zeitraum nach Filtereinbau im Vergleich zum Zeitraum vor Filtereinbau, von  $7 \pm 13$  Tagen im Vergleichszeitraum auf  $5 \pm 8$  Tage im Untersuchungszeitraum, deutet darauf hin, dass der Einbau von Sterilfiltern eine Auswirkung auf die Verweildauer der Patienten auf der Station haben kann.

In der Literatur finden sich Belege, dass Geruchsverschlüsse unter Waschbecken, in unmittelbarer Umgebung des Patienten, ein Keimreservoir mit Lebendkeimgehalt von  $10^6$  bis  $10^{10}$  KBE/ml darstellen (Sissoko und Sütterlin, 2004). Auf der interdisziplinären Intensivstation der Oberlausitz-Kliniken GmbH in Bischofswerda wurden in diesem Zusammenhang alle Geruchsverschlüsse durch sogenannte selbstdesinfizierende Hygienegeruchsverschlüsse ersetzt.

Es konnte daraufhin ein direkter Vergleich vor und nach dem Einbau durchgeführt werden. Hierbei stellte sich heraus, dass eine Senkung der nosokomialen Infektionen die Folge war. Dies führte wiederum dazu, dass die Liegezeit der Patienten auf dieser Station um 15% niedriger war, als vor Einbau der selbstdesinfizierenden Hygienegeruchsverschlüsse (Sissoko und Sütterlin, 2004). Die Autoren konnten zeigen, dass neben der Installation von Sterilfiltern nosokomiale Infektionen auf einer interdisziplinären Intensivstation auch mit anderen Präventionsmaßnahmen, in diesem Fall durch selbstdesinfizierende Geruchsverschlüsse, zu einer Verkürzung der Liegedauer der Patienten führen können.

Es gilt zu beachten, dass eine intensivmedizinische Betreuung eine Vielzahl von verschiedenen Kosten aufwirft, die schwer zu überblicken sind, um einen genauen Tageskostenwert zu bestimmen. Diese setzen sich aus patientenspezifischen und nicht patientenspezifischen Kosten zusammen (Graf et al., 2003). Patientenspezifische Kosten fassen u.a. Dialyse, Radiologie, mikrobiologische Laboranalysen, Kosten für Pathologie, für Einmalartikel und Medikamente zusammen. Zu den nicht patientenspezifischen Kosten zählen u. a. Verwaltungs-, Energie- und Bereitstellungskosten und auch Personalkosten für Organisation und Ausbildung der Mitarbeiter (Graf et al., 2003).

Verschiedene Literaturstellen belegen, dass ein Tag unter intensivmedizinischer Betreuung Kosten von ungefähr 1300 Euro verursacht (Kaufmann und Briegel, 2000; Graf et al., 2003; Burchardi und Moerer, 2007; Thix et al., 2008).

An diesen Kosten orientiert würden sich für die vorliegende Studie Ausgaben, bezogen auf die Liegezeit, von  $9100 \pm 16.900$  Euro im Vergleichszeitraum und  $6500 \pm 10.400$  Euro im Untersuchungszeitraum ergeben. Durch eine Verringerung der Liegezeit könnte ggf. eine Kostenreduzierung um ungefähr  $1/3$  erzielt werden.

Dieser Rückschluss deckt sich mit der aktuellen Literatur, die besagt, dass eine Kostenreduktion vor allem durch eine Verkürzung der Liegezeit zu gewährleisten ist (Graf et al., 2003).

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass eine eindeutige ursächliche Zuordnung der Einzelmaßnahmen noch immer problematisch ist.

### **5.1.2 Antibiotikaeinnahmedauer**

Im Rahmen der vorliegenden Erhebung wurde festgestellt, dass die Einnahmedauer von Antibiotika im Untersuchungszeitraum kürzer war, als im Vergleichszeitraum.

Zu erkennen war auch ein Unterschied innerhalb der beiden Zeiträume, wenn die „Nichtverordnungen“ von Antibiotika betrachtet werden. Im Untersuchungszeitraum wurden 19,7% der Patienten keine Antibiotika verordnet. Im Vergleichszeitraum hingegen 14,7%. Somit sind die „Nichtverordnungen“ um 5% gestiegen.

Betrachtet man die Antibiotikaspezifikationen näher, wird jedoch nicht deutlich, welches Antibiotikum für welche Art von Infektion verordnet wurde. Somit kann kein Rückschluss gezogen werden, ob die Infektionen, die durch Wasserkeime verursacht wurden oder solche, verursacht durch andere Bakterien, abgenommen haben.

Es ist jedoch spekulativ, ob der Einbau der Filtersysteme einen Einfluss auf die Verordnungen der Antibiotika hat, und somit einen Rückgang der Infektionen mit Erregern, die möglicherweise mit dem Trinkwasser übertragen werden unterstützt. Ebenso waren jedoch auch die Infektionen bzw. Kolonisationen durch Keime anderer Übertragung im Untersuchungszeitraum rückläufig (vgl. Abb.9). Somit könnte auch dieser Rückgang einen Einfluss auf die Abnahme der Antibiotikaverordnungen haben.

Daraus lässt sich schließen, dass mit der wirkungsvollen Prävention bei nosokomialen Infektionen eine Senkung des Antibiotikaverbrauchs einhergehen könnte. Dieser Rückschluss konnte auch von Sissoko und Sütterlin bei einer Studie gezogen werden, die den Geruchsverschluss als Infektionsreservoir nachweisen konnte. Auf einer interdisziplinären Intensivstation wurde innerhalb von 26 Testmonaten festgestellt, dass Geruchsverschlüsse ein offenes Keimreservoir mit hohem Infektionspotential darstellen. Deshalb wurden zur Prävention die Standardgeruchsverschlüsse gegen selbstdesinfizierende Geruchsverschlüsse ausgetauscht. Im Folgezeitraum wurde eine Senkung des Antibiotikaverbrauchs um ungefähr 30 % beobachtet (Sissoko und Sütterlin, 2004).

Dieser eindeutige Zusammenhang, wie er von Sissoko und Sütterlin gesehen wird, kann unseres Erachtens nicht aus den eigenen Daten hergestellt werden.

### **5.1.3 Antibiotikapräparate**

Während des Vergleichszeitraums kamen die Antibiotikapräparate Zinaceph®, Claforan®, Clont® und Ceftriaxon® am häufigsten zum Einsatz. Zinaceph® wurde im Untersuchungszeitraum vergleichsweise am häufigsten verordnet. Claforan®, Clont® und Ceftriaxon® hingegen deutlich seltener. Daraus könnte man schließen, dass im Untersuchungszeitraum generell weniger Antibiotika verordnet wurden, was auch erheblich niedrigere Kosten verursachte. Dies deutet wiederum darauf hin, dass auch die Infektionen während des Untersuchungszeitraums deutlich abgenommen haben könnten.

Unter diesen Aspekten ist der Anwendungsbereich bzw. das Wirkungsspektrum der verordneten Antibiotika näher zu betrachten, hierbei lassen sich eindeutige Indikationsgruppen feststellen:

Zinaceph® wird unter anderem bei Erkrankungen der unteren Atemwege, wie akuter Exazerbation einer chronischen Bronchitis sowie Pneumonien verordnet. Bei Infektionen der Nieren und der ableitenden Harnwege kommt dieses Antibiotikum ebenfalls zum Einsatz. Weitere Einsatzgebiete sind Infektionen der oberen Atemwege, wie Otitis media, Sinusitis, Pharyngitis und Tonsillitis, Infektionen der Haut- und Weichteilgewebes und akute Gonorrhö.

Das Anwendungsspektrum von Claforan® erstreckt sich ungefähr auf die gleichen Infektionsarten. Hinzu kommt noch eine Verordnung bei Sepsis und Erkrankungen des zentralen Nervensystems, sowie Endokarditis.

Clont® wird bei Infektionen mit Beteiligung von Anaerobiern, besonders im gynäkologischen Bereich, eingesetzt.

Das Einsatzgebiet von Ceftriaxon® ist vielfältig. Es wird ebenfalls bei Infektionen der Atemwege, der Nieren und Harnwege, der Haut- und Weichteilgewebe, Wundinfektionen, Bauchraum, Knochen und Gelenke, sowie Sepsis und Meningitis verabreicht.

Claforan®, Clont® und Ceftriaxon® werden außerdem zur Infektionsprophylaxe bei geschwächter Immunabwehr angewandt (Rote Liste online 2009).

Da Pneumonien, Sepsis und Harnwegsinfektionen durch Trinkwasserkeime ausgelöst werden können, könnte man eine Verbindung zwischen der rückläufigen Verordnung von Claforan®, Clont® und Ceftriaxon® zur Infektionsrate im Untersuchungszeitraum ziehen. Dies kann jedoch nicht mit Sicherheit behauptet werden, da ebenfalls eine Verordnung zur Infektionsprophylaxe möglich ist.

### **5.1.4 Antibiotika-Dosiskosten**

Werden die Dosiskosten der verschiedenen Antibiotika miteinander verglichen, so sind deutliche Unterschiede zu erkennen. Das teuerste eingesetzte Antibiotikum ist Targocid® mit 304,42 Euro pro Gramm. Das günstigste verordnete Antibiotikum stellte Cotrimazol® mit 1,09 Euro pro Gramm dar.

Eine Kostenreduktion der Antibiotika steht jedoch nicht mit einer reduzierten Verabreichung des teuersten Antibiotikums Targocid® in Verbindung, da es im Untersuchungszeitraum öfter verabreicht wurde, als im Vergleichszeitraum.

Gemäß SARI (Surveillance der Antibiotikaaanwendung und bakteriellen Resistenzentwicklung auf deutschen Intensivstationen) erhält jeder Patient auf Intensivstationen

durchschnittlich 1,3 Tagesdosen eines Antibiotikums. SARI Daten ergaben, dass durch eine Verkürzung der Therapie auch der Antibiotikaverbrauch signifikant sank. Es ist davon auszugehen, dass allein die Infektionsüberwachung ein Problembewusstsein erzeugt und schärft und somit die Notwendigkeit von präventiven Hygienemaßnahmen untermauert (Meyer und Gastmeier, 2007).

### 5.1.5 Antibiotikakosten

Die Gesamtkosten für Antibiotikaverordnungen beliefen sich im Vergleichszeitraum für 373 Patienten auf 281.012,63 Euro und im Untersuchungszeitraum für 584 Patienten auf 290.607,70 Euro. Somit sind die Durchschnittskosten für die Aufwendungen der Antibiotika pro Patient deutlich gesunken. Im Vergleichszeitraum betragen die Kosten pro Patient durchschnittlich 753,39 Euro und im Untersuchungszeitraum 497,62 Euro. Somit ergab sich im Zeitraum nach Filtereinbau eine Ersparnis von ungefähr 30%. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass im Untersuchungszeitraum die Antibiotikaeinnahmedauer kürzer war als im Vergleichszeitraum (vgl. Abb.5) und die Zahl der Nichtverordnungen gestiegen ist. Darüber hinaus könnte dies auch ein weiterer Hinweis darauf sein, dass die Infektionen auf der Intensivstation während des Untersuchungszeitraumes deutlich zurückgegangen sind.

Eine Kostenreduktion durch den Einbau von Trinkwasserfiltern wurde u.a. dagegen von Trautmann postuliert. In dessen Untersuchung wurde die Zahl der Infektionen auf einer chirurgischen Intensivstation am Klinikum Stuttgart, insbesondere verursacht durch *P. aeruginosa* durch den Einbau von Sterilfiltern, von vier auf zwei Fälle reduziert. Den monatlichen Kosten von ungefähr 750 Euro für die Ausrüstung mit Einmalfiltern standen Einsparungen von mehr als 4000 Euro gegenüber. Diese Kosten waren im Vorfeld durch 10 Tages- Therapien mit Antibiotika, vor allem Ceftazidim® oder Piperacillin®/Tazobactam®, verursacht worden. Die erheblichen Mehrkosten für die verlängerte Pflege- und Liegezeit nach Infektionen mit *P. aeruginosa* wurden in der Kostenanalyse dabei nicht einmal berücksichtigt (Reiter, 2004; Trautmann, 2004).

### 5.1.6 Mikrobiologische Ergebnisse

Das Erregerspektrum auf deutschen Intensivstationen hat sich nach der Literatur in den letzten 10 Jahren verschoben. Nach Trautmann et al. führten gezielte Präventionsmaßnahmen dazu, dass *Enterobacter spp.* und *Proteus spp.* in der Frühphase der

Intensivbehandlung weitgehend verschwunden sind (Trautmann et al., 2009). *Enterobacter spp.* waren im Untersuchungszeitraum der vorliegenden Untersuchung noch seltener zu finden, als im Vergleichszeitraum (vgl. Tab.9). Diese Beobachtung unterstützt somit die Annahme von Trautmann.

*P. aeruginosa* blieb jedoch nach Trautmann weitgehend unbeeinflusst (Trautmann et al., 2009). So werden nach Literaturangaben ungefähr 30% aller Beatmungspneumonien, 20% der Wundinfektionen, 15 bis 20% der Harnwegsinfekte und 4% der nosokomialen Septikämien durch diesen Keim verursacht (Richards et al., 2000; Pawar et al., 2003; National Nosocomial Infections Surveillance (NNIS) System, 2004).

Weiterhin stellten Trautmann et al. fest, dass vor Filtereinbau 15,5% der Patienten einer chirurgischen Intensivstation mit *P. aeruginosa* besiedelt waren, und nach Filtereinbau nur 4,3%. Zudem konnte durch die Filtration mit Einwegfiltern auf einer chirurgischen Intensivstation eine Ersparnis von 64.000 \$ pro Jahr erzielt werden (Trautmann et al., 2008).

Anhand der vorliegenden Untersuchung geht hervor, dass die Anzahl der Infektionen oder Kolonisationen verursacht durch *P. aeruginosa* vom Vergleichszeitraum zum Untersuchungszeitraum gesunken ist.

Der Anteil des *P. aeruginosa*-Nachweises in der vorliegenden Studie lag bei 7,8% vor Filtereinbau und bei 3,9% nach Filtereinbau (vgl. Tab.9). Diese Ergebnis ist signifikant ( $p=0,02$ ).

**Tab.9:** Vergleich der Kolonisationen (%) im Vergleichszeitraum 2004 und im Untersuchungszeitraum 2005

<b>Erreger</b>	<b>Patientenanzahl (%) 2004 Vergleichszeitraum der vorliegenden Studie</b>	<b>Patientenanzahl (%) 2005 Untersuchungszeitraum der vorliegenden Studie</b>	<b>p-Wert</b>
<i>Escherichia coli</i>	2,7	3,6	0,6
<i>Enterococcus spp.</i>	14,5	10,4	0,07
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	7,8	3,9	0,02
<i>Klebsiella spp.</i>	3,5	3,3	0,9
<i>Enterobacter spp.</i>	3,5	1,9	0,1
<i>Staphylococcus aureus</i>	25,7	27,1	0,7
<i>Candida albicans</i>	14,5	7,0	<0,01
koagulasenegative Staphylokokken	24,7	15,8	<0,01

Werden die Ergebnisse der eigenen Studie des Vergleichszeitraumes 2004 mit jenen des Untersuchungszeitraumes 2005 verglichen sind deutliche Unterschiede zu erkennen. 2004 wurden Patientendaten ohne Einfluss von Sterilfiltern erfasst und im Jahr 2005 mit Einsatz von Sterilfiltern. Im Jahr 2005 haben die Infektionen bzw. die Kolonisationen abgenommen, außer jene verursacht durch *E. coli* und jene durch *S. aureus*.

Auch eine Studie von Vianelli et al. zeigte, dass durch Anwendung von steriler Filtersystemen an Dusch- und Wasserhähnen eine signifikante Reduzierung um bis zu 50% der *P. aeruginosa*-Infektionen herbeigeführt werden konnte (Vianelli et al., 2006). Andere Autoren konnten bereits zuvor ebenfalls zeigen, dass durch die Installation endständiger Filter eine deutliche Reduzierung von *P. aeruginosa* Infektionen und Kolonisationen erzielt wurde (Sabria und Yu, 2002; Trautmann et al., 2004; Exner et al., 2005). Ricci et al. gaben im Rahmen einer Studie in Italien an, dass durch den Ein-

satz von Filtern die Infektionsrate um mehr als zwei Drittel gesenkt wurde (Ricci et al., 2004).

Es besteht auch die Möglichkeit, Leitungswasser in abgekochtem Zustand zu verabreichen oder steriles Wasser am Patienten anzuwenden. Ein englische Studie belegt jedoch, dass eine Verwendung von Filtern kostengünstiger ist (Hall et. al., 2004).

### **5.2 Ergebnisdiskussion der Auswertungskriterien 2. Ordnung**

#### **5.2.1 Röntgen-Thorax**

Die im Rahmen der eigenen Studie nachgewiesenen positiven und negativen Röntgen-Thorax-Befunde (vgl. Abb.13) waren im Untersuchungszeitraum jeweils rückläufig. Die Anzahl für Patienten ohne Informationen hingegen war erhöht. Eine Röntgenaufnahme des Thorax wurde in der Regel nur bei Patienten durchgeführt, welche einen Verdachtsbefund schon vor der Untersuchung aufwiesen. Damit würde sich auch die hohe Prozentzahl der Patienten ohne Informationen erklären.

Andere Autoren, wie z.B. Toltzis et al. konnten in einer Studie auf einer Intensivstation feststellen, dass bei 9 von 57 Patienten mit sekundärem Fieber, welches erst nach Aufnahme auf diese Station auftrat, im Röntgen-Thorax ein Infiltrat vorlag. 154 von insgesamt 215 untersuchten Patienten wiesen primäres Fieber auf, welches also bereits bei Aufnahme auf die Intensivstation bestand. 98 dieser Patienten hatten einen positiven Röntgenbefund (Toltzis et al., 2001).

Die Anzahl der positiven Röntgen-Thorax-Befunde war im Untersuchungszeitraum im Rahmen dieser Untersuchung von 3,5% auf 2,2% rückläufig. Dies deutet daraufhin, dass die Infektionen, ausgelöst durch Trinkwasserkeime, welche zu einem Infiltrat im Thorax führen können, weniger häufig aufgetreten sind. Damit könnte die Annahme bestätigt werden, dass im Untersuchungszeitraum nach Einbau der Filtersysteme die Infektionen mit Erregern, die typischerweise mit dem Trinkwasser übertragen werden gesunken sind, was auch aus den Ergebnissen der mikrobiologischen Befunde abzuleiten wäre.

### 5.2.2 Temperaturerhöhungen

Die Anzahl der Patienten mit einer Temperaturerhöhung  $> 39^{\circ}\text{C}$  war im Vergleichs-, sowie im Untersuchungszeitraum sehr niedrig (vgl. Abb.14). Der Richtwert von  $39^{\circ}\text{C}$  wurde dieser Erhebung zugrunde gelegt, da es nach größeren operativen Eingriffen öfter zu leichten Temperaturerhöhungen kommen kann.

Mit einer Temperaturerhöhung können ein positiver bakterieller Befund, ein positiver Pilznachweis, eine positive virale Probe, leichte Anzeichen einer Infektion und ein radiologischer Befund eines Infektionsherdes einhergehen. Dies ergab eine Studie, die als Fieber eine Temperatur  $\geq 38,3^{\circ}\text{C}$  Axillartemperatur über 4 Stunden definiert hatte. In diese Studie wurden auch Patienten mit einer einmaligen Temperatur  $\geq 38^{\circ}\text{C}$  einbezogen sowie Patienten mit parenteraler Antibiose (Toltzis et al., 2001). Dieser Studie liegen Daten von insgesamt 215 Patienten zugrunde. 72,9% dieser Patienten hatten Fieber, welches zur Aufnahme auf die Intensivstation führte und somit als primäres Fieber bezeichnet wurde. Dieses Fieber wurde immer durch eine Infektion ausgelöst. Sekundäres Fieber, welches erst nach Aufnahme auf die Intensivstation auftrat, wurde bei 57 Patienten festgestellt (Toltzis et al., 2001).

Da in der eigenen Studie nur wenige Daten von Patienten mit einer Temperaturerhöhung  $> 39^{\circ}\text{C}$  vorlagen, kann keine Aussage getroffen werden, ob der Filtereinbau einen Einfluss auf diesen Parameter hatte. Da die Datenlage keine detaillierte Beurteilung zulässt, war die Entscheidung, dass die Temperatur den Kriterien 2. Ordnung zuzuordnen ist, aus unserer Sicht angemessen.

### 5.2.3 Erhöhte Leukozytenwerte

Erhöhte Leukozytenwerte sind meist in Verbindung mit Infektionen zu finden. Dies zeigt eine Studie von 400 Patienten, in welche Patienten mit erhöhter Leukozytenanzahl über  $15.000/\mu\text{l}$  einbezogen wurden. Von diesen 400 Patienten hatten 200 Patienten Leukozytenwerte zwischen  $15.000$  und  $19.999/\mu\text{l}$  und 200 Patienten Werte  $\geq 20.000/\mu\text{l}$ . Bei 48-60% lag die Ursache in einer Infektion, wie Pneumonie, Harnwegsinfektion, Infektion der Weichteile oder auch nosokomialen Infektionen mit *Clostridium difficile* (Wanahita et al., 2002).

Eine weitere Studie betrachtete 3.770 Tumorpatienten mit Leukozytenwerten  $> 40.000/\mu\text{l}$  im Zeitraum von drei Jahren, von 2005 bis 2008. Von diesen litten 758 Patienten

(20%) an einem Tumor, 15 % dieser Tumorpatienten hatten zusätzlich eine nosokomiale Infektion, wie Pneumonie, Sepsis oder Harnwegsinfektionen. Dies erklärt auch die extrem erhöhte Leukozytenanzahl innerhalb dieses Patientenkollektivs (Granger und Kontoyiannis, 2009).

Die Leukozytenwerte waren im Rahmen der vorliegenden Studie im Vergleichs- und im Untersuchungszeitraum mit über 50% deutlich erhöht (vgl. Abb.15). Da auf einer Intensivstation Patienten nach operativen Eingriffen oder mit Komplikationen behandelt werden, ist davon auszugehen, dass bei vielen Patienten generell eine erhöhte Anzahl Leukozyten nachzuweisen ist. Damit wäre dies eine mögliche Erklärung für die gleich hohen Leukozytenwerte beider Zeiträume. Eine weitere Möglichkeit wäre die Behandlung von Patienten mit bereits geschwächtem Immunsystem, was wiederum auch die Leukozytenwerte ansteigen lässt. Somit kann auf der Basis unserer Untersuchung keine definitive Aussage getroffen werden, welche Ursache den erhöhten Werten beider Zeiträume zugrunde liegt.

### **5.2.4 MRSA- und ESBL-Befunde**

Der Anstieg von MRSA-Infektionen führt bekanntermaßen zu erhöhten Kosten für die Pflege und die medizinische Therapie. Hieraus resultiert eine verlängerte Liegezeit (Geldner et al., 1999; Popp et al., 2003) und somit höhere Kosten.

Die MRSA-Rate in Deutschland liegt bei etwa 20% und nimmt in Europa eine Mittelstellung ein. Die Rate in den skandinavischen Ländern liegt unter 1%, in England sowie Südeuropa jedoch bei über 50% (Trautmann, 2008). Trautmann belegt mit eigenen Daten eines Klinikums der Maximalversorgung, dass ein positiver Effekt durch ein „Generalscreening“ auf Intensivstationen zu erwarten ist, allerdings in der Verbindung mit anderen hygienischen Maßnahmen. Sowohl eine Kolonisation als auch eine Infektion wurden in den von ihm vorgelegten Studien verringert (Trautmann et al., 2007; Trautmann, 2008).

Im Vergleichszeitraum ohne Filterinstallation konnte in der eigenen Studie bei 4,6% der Patienten eine Kolonisation mit MRSA nachgewiesen werden. Im Untersuchungszeitraum waren es 3,4%.

Werden die Werte der positiven MRSA-Kolonisationen beider Zeiträume unserer Studie miteinander verglichen, so ist keine Signifikanz festzustellen. Ein direkter Zusammenhang zwischen MRSA und dem Einbau von bakteriendichten Filtern kann ohnehin

nicht direkt gegeben sein. Da jedoch eine Abnahme der MRSA-Kolonisationen zu verzeichnen ist, könnte eine mögliche Erklärung im geringeren Einsatz von Antibiotika (vgl. Abb.5) liegen. Durch geringere Antibiotikagabe könnte es zu geringeren Resistenzbildungen gekommen sein. Eine weitere mögliche Erklärung für den Rückgang könnte auch hier ein besseres Hygienebewusstsein liefern.

### **5.2.5 Verstorbene Patienten**

Im Zeitraum vor Filtereinbau verstarben 16 Patienten (4%), davon 2 Patienten, die zuvor mit MRSA infiziert wurden. Im Zeitraum nach Filtereinbau waren es 23 Patienten (4%), davon 1 Patient mit MRSA-Kolonisation. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die MRSA-Kolonisations- oder Infektionssituation kausal mit dem Todesgeschehen verbunden war.

Eine Beurteilung der Todesursache aufgrund einer nosokomialen Infektion ist schwierig. Es lässt sich nicht immer sicher nachweisen, ob der Patient „an“ der Infektion verstorben ist. Die Möglichkeit, dass ein Patient „mit“ einer nosokomialen Infektion stirbt ist ebenfalls denkbar, da der Patient eventuell auch ohne diese Infektion an seinen bereits bestehenden Grunderkrankungen verstorben wäre (Gastmeier et al., 2010).

Gastmeier nimmt an, dass von jährlich 400.000 bis 600.000 nosokomialen Infektionen ungefähr 80.000 bis 180.000 zu vermeiden wären. Die vermeidbaren Todesfälle beziffert Gastmeier auf 1500 bis 4500 (Gastmeier et al., 2010).

Die Todesfälle vor und nach Filtereinbau unserer Studie lagen jeweils bei 4%. Ein Zusammenhang mit dem Einbau der Filter kann weder bewiesen, aber auch nicht ausgeschlossen werden.

### **6 Schlussfolgerungen**

Infektionen mit Erregern, die möglicherweise mit dem Trinkwasser übertragen werden sind im Rahmen unserer Studie nach dem Einbau der Filter auf der Untersuchungsstation signifikant gesunken. Die gewonnenen Ergebnisse lassen darauf schließen, dass nosokomiale Infektionen verursacht durch wassertypische Keimarten mit dem Einbau endständiger Sterilfilter an wasserführenden Systemen reduziert werden können. Allerdings konnte keine nosokomiale Infektionskette im Einzelfall nachgewiesen werden.

Da im Rahmen der Studie auch die Keimarten mit typischerweise anderen Übertragungsmechanismen im Untersuchungszeitraum signifikant reduziert waren, könnten andererseits auch Einflüsse, wie z.B. der sogenannte Hawthorne-Effekt ausschlaggebend gewesen sein. Hierzu zählt die Präsenz von speziell ausgebildetem Hygienefachpersonal, die Erfassung nosokomialer Infektionen, das Monitoring der Compliance mit den Händehygieneregimen, ein Schulungsprogramm für das Personal und regelmäßige Auditierung der Strategien und Präventionsstandards (RKI-Empfehlung, 2009).

Der in der Literatur von einigen Autoren postulierte Zusammenhang zwischen der Reduktion nosokomialer Infektionen auf Intensivpflegestationen mit wasserassoziierten Keimarten als Folge von Filterinstallationen im Leitungsnetz kann aufgrund unserer Ergebnisse nicht ohne weiteres betätigt werden.

Vielmehr ist davon auszugehen, dass nur in der Kombination hygienetechnischer Präventionsmaßnahmen, wie Installation von Sterilfiltern an wasserführenden Systemen sowie anderen qualitätssichernden Maßnahmen es gelingen kann, den nosokomialen Infektionen entgegenzuwirken.

## 7 Zusammenfassung

Da nosokomiale Infektionen schwerwiegende Auswirkungen auf die Gesundheit von Patienten haben können, ist die Prävention nach wie vor von großer Bedeutung. Infolge bereits bestehender Grunderkrankungen, Infektionen oder Operationen sind Patienten auf Intensivstationen besonders gefährdet, an nosokomialen Infektionen zu erkranken. Somit ist es sinnvoll, mögliche Risikofaktoren zu beseitigen. Um das Trinkwasser als Gefahrenquelle auszuschließen, ist eine Installation endständiger Filtersysteme an die Wasserversorgung als sichere Möglichkeit zu betrachten, eine mikrobielle Kontamination des Wassers zu verhindern.

Um den Einfluss solcher Maßnahmen auf die klinische Situation der Patienten zu untersuchen, wurden Filter mit einer Porengröße von 0,2 µm auf einer Intensivpflegestation eines Krankenhauses der Maximalversorgung installiert.

Die Studie im retrospektiven Design beinhaltete die Auswertung von Patientendaten, 8 Monate vor und 8 Monate nach Filtereinbau.

Kriterien 1. Ordnung stellten Liegedauer, Antibiotikaeinnahmedauer, Antibiotikakosten und mikrobiologische Befunde dar. Als Kriterien 2. Ordnung wurden Befunde des Röntgen-Thorax, der Temperatur, der Leukozyten, MRSA- und ESBL- Befunde und die Letalität von Patienten erhoben.

.

Als wesentliche Ergebnisse sind festzuhalten:

Die Liegedauer der Patienten vor Filtereinbau war signifikant länger als nach Filtereinbau ( $7 \pm 13$  vs.  $5 \pm 8$  Tage,  $p < 0,05$ ).

Bei der Einnahmedauer der Antibiotika konnte eine signifikante Reduzierung nach dem Filtereinbau beobachtet werden ( $6 \pm 12$  vs.  $4 \pm 8$  Tage,  $p < 0,05$ ). Daraus resultierte eine durchschnittliche Kostenersparnis von 255,77 Euro pro Patient.

Bei der Beurteilung der mikrobiologischen Befunde wurde eine Einteilung der diversen Keimarten in Hauptgruppen vorgenommen. Im Einzelnen betraf dies eine Gruppe, die vorzugsweise durch Wasser übertragene Keimarten beinhaltet, wie z.B. *P.aeruginosa* und *L. pneumophila* und solche deren Übertragung nicht hauptsächlich auf diesem Weg erfolgt, wie z.B. vergrünende Streptokokken.

Die Infektionen verursacht durch sogenannte Keimarten der 1. Hauptgruppe reduzierten sich signifikant (33,8% vs. 23,8%,  $p < 0,005$ ). Keimarten der 2. Hauptgruppe waren ebenfalls im Kontrollzeitraum seltener nachweisbar, als im Vergleichszeitraum. Dieses Ergebnis war jedoch nicht signifikant (44,5% vs. 39,9%). Die Einstufung der Parameter Röntgen-Thorax, Temperatur, Leukozyten, MRSA, ESBL und Todesfälle als Auswertungskriterien 2. Ordnung bestätigte sich, da die Datenlage gering war und keine Signifikanzen ermittelt werden konnten.

Schlussfolgernd sind die Ergebnisse der Auswertungskriterien 1. Ordnung als Hinweis zu werten, dass der Einbau der bakteriendichten Filter einen positiven Einfluss auf die Reduzierung der nosokomialen Infektionen haben könnte.

Die Kriterien 2. Ordnung ließen aufgrund der geringen und nicht immer eindeutigen Datenlage keine gesicherte Aussage hinsichtlich eines Einflusses der Filterinstallation auf der Station auf die Häufigkeit der nosokomialen Infektionen zu.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass dem in der Literatur postulierten Zusammenhang zwischen der Installation von endständigen Filtersystemen an den Wasserauslässen von Intensivpflegestationen und einem Rückgang von nosokomial verursachten Infektionen der Patienten mit wassertypischen Keimarten aufgrund der vorliegenden Daten keine eindeutig bestätigenden Aussage hinzugefügt werden kann.

Gleichwohl kann ein derartiger Zusammenhang andererseits nicht ausgeschlossen werden. Allerdings gilt es zu bedenken, dass es sich um ein multifaktorielles Geschehen handelt, in das andere Faktoren, wie z.B. verändertes Hygieneverhalten des Personals aufgrund des sogenannten Hawthorne-Effektes mit einfließen können.

Unabhängig von der Wertigkeit der jeweiligen Maßnahme ist aller Erfahrung nach, nur eine Kombination hygienetechnischer, klinisch-präventiver und verhaltensbezogener Maßnahmen im Sinne eines optimalen Hygienemanagements geeignet, nosokomiale Infektionen zu verhindern.

## 8 Literaturverzeichnis

Anaissee E, Penzak S, Dignani C (2002) The hospital water supply as a source of nosocomial infections. Arch Intern Med 162:1483-1492.

Anonymous (2000) Surveillance nosokomialer Infektionen sowie die Erfassung von Erregern mit speziellen Resistenzen und Multiresistenzen. Bundesgesundheitsblatt 43:887-90.

Anonymous (2002) Staphylococcus aureus resistant to vancomycin. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 51:565-567.

Anonymous (2007) Nosokomiale Infektionen EU-weit auf dem Vormarsch. Deutsches Ärzteblatt Nachrichten Ausland 11.Juni 2007.

<http://www.aerzteblatt.de/v4/news/news.asp?id=28746&src=suche&p=nosokomiale+infektion> abgerufen am 18.04.2011.

Anonymous (2011) Experten warnen vor Ehec im Trinkwasser. <http://www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/0,1518,770591,00.html> abgerufen am 26. Juni 2011

Aznar E, Torres JM, Gatell R, Rodriguez-Roisin, Soriano E (1996) Attributable mortality and costs of ventilator associated nosocomial pneumonia (VANP). 36th Interscience Conference on Antimicrobial Agents and Chemotherapy. New Orleans.

Baker AM, Meredith JW, Haponik EF (1996) Pneumonia in intubated trauma patients: microbiology and outcomes. Am J Resp Crit Care Med 153:343-349.

Borneff-Lipp M (2005) Lösungen für die Trinkwasserhygiene. Management & Krankenhaus 24:27-28.

Burchardi H, Moerer O (2007) Kosten der Intensivmedizin – Ergebnisse einer nationalen Studie Frais de la médecine intensive-résultats d’une étude nationale. [http://www.medicom.cc/medicom/inhalte/intensiv-news/entries/2274/entries\\_sec/2277.php](http://www.medicom.cc/medicom/inhalte/intensiv-news/entries/2274/entries_sec/2277.php) abgerufen am 6. Juni 2011.

Centers of Disease Control and Prevention (2003) Guidelines for environmental infection control in health-care facilities: Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 52:1-48.

Chaberny IF, Sohr D, Ruden H, Gastmeier P (2007) Development of a Surveillance System for MRSA in German Hospitals. *Infect Control Hosp Epidemiol* 28 (4):446-452.

Chaix C, Durand-Zaleski I, Alberti C, Brun-Buisson C (1999) Control of endemic methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: a cost-benefit analysis in an intensive care unit. *Jama* 282:1745-1751.

Cosgrove SE, Sakoulas G, Perencevich EN, Schwaber MJ, Karchmer AW, Carmeli Y (2003) Comparison of mortality associated with methicillin-resistant and methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus* bacteremia: a meta analysis. *Clin Infect Dis* 36:53-59.

Craig CP, Conelly S (1984) Effect of intensive care unit nosocomial pneumonia on duration of stay and mortality. *Am J Infect Control* 12:233-238.

Diaz-Molina C, Garcia MM, Bueno CA, Lopez LA, Delgado RM, Galvez VR (1993) The estimation of the costs of nosocomial infection in an intensive care unit. *Medicina Clinica* 1993:329-332.

DVGW-Arbeitsblatt W 551 (2003) Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen; Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Postfach 140151, 53056 Bonn. <http://dvgw.de/wasser/trinkwasser-und-hygiene/trinkwasserhygiene/legionellen/abgerufen> am 22. Juli 2011.

ECDC (2008) Annual epidemiological report on communicable diseases in Europe. [ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/0812\\_SUR\\_Annual\\_Epidemiological\\_Report\\_2008.pdf](http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/0812_SUR_Annual_Epidemiological_Report_2008.pdf) abgerufen am 22.10.2009.

Exner M (2002) Interview aus *Management & Krankenhaus* 15.

Exner M (2004) Hausinstallationen als Infektionsreservoir – Prävention und Kontrolle. Umweltmedizin in Forschung und Praxis 9:191-193.

Exner M (2007) Kostensenkend: Sinnvolle Hygiene realisieren. Management & Krankenhaus 24:15.

Exner M, Kramer A, Lajole L, Gebel J, Engelhart S, Hartemann P (2005) Prevention and control of health care associated waterborne infections in health care facilities. Am J Infect Control 33:26-40.

Exner M, Kramer A, Kistemann T, Gebel J, Engelhardt S (2007) Wasser als Infektionsquelle in medizinischen Einrichtungen, Prävention und Kontrolle. Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 50:302-331.

Fagon JY, Chastre J, Hance AJ, Montravers P, Novara A, Gibert C (1993) Nosocomial pneumonia in ventilated patients: A cohort study evaluating attributable mortality and hospital stay. Am J Med 95:281-288.

Fanghänel S, Irmischer HM, Runck C, Thriene B (2002) Wasserentnahmestellen und wässrige Flüssigkeiten im Krankenhaus als Keimreservoir und potentielle Ausgangspunkte nosokomialer Infektionen. Krh-Hyg+ Inf verh 5:190-195.

Gastmeier P (2005) Reduktion nosokomialer Infektionen durch Surveillance: Nationale Referenzdaten durch das Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System. Deutsches Ärzteblatt 102:30: A-2098, B-1770, C-1674.

Gastmeier P (2008) Prävention nosokomialer Infektionen. Der Chirurg 79:263-272.

Gastmeier P, Reinhart K (2004) Hohe Infektionsgefahr auf Intensivstationen DIVI NEWS 2.

Gastmeier P, Sohr D, Geffers C, Zuschneid I, Behnke HM, Rüden H (2005) Letalität auf deutschen Intensivstationen: Mit oder wegen nosokomialer Infektion? Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 40:267-272.

Gastmeier P, Geffers C (2008) Nosokomiale Infektionen in Deutschland: Wie viele gibt es wirklich? Eine Schätzung für das Jahr 2006. Dtsch Med Wochenschr 133:1111-1115.

Gastmeier P, Brunkhorst F, Schrappe M, Kern W, Geffers C (2010) Wie viele nosokomiale Infektionen sind vermeidbar? Dtsch Med Wochenschr 135:91-93.

Geffers C , Rüden H, Gastmeier P (2002): Nosokomiale Infektionen. Gesundheitsberichterstattung des Bundes Robert Koch-Institut Heft 8.

Geldner G, Rudoff M, Hoffmann HJ, Kiefer P, Georgieff M, Wiedeck H (1999) Cost analysis concerning MRSA infection in ICU. Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzth 34:409-413.

Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (IfSG) 2000 §2 Nr.8. [http://bundesrecht.juris.de/ifsg/\\_\\_2.html](http://bundesrecht.juris.de/ifsg/__2.html) abgerufen am 31. Mai 2011.

Girou E, Stephan F, Novara A, Safar M, Fagon JY (1996) Evaluation of costs attributable to nosocomial infection in ICU patients: a case-control study. 6th Annual Meeting of Society of Health care Epidemiology. Washington. Infect Control Hosp Epidemiol 17:22.

Graf J, Graf C, Koch KC, Hanrath P, Janssens U (2003) Kostenanalyse und Prognoseabschätzung internistischer Intensivpatienten mittels des "Therapeutic Intervention Scoring System" (TISS und TISS-28). Med Klein 98:123-132.

Granger JM, Kontoyiannis DP (2009) Etiology and outcome of extreme leukocytosis in 758 nonhematologic cancer patients. Cancer 3919-3923.

Hall J, Hodgson G, Kerr KG (2004) Provision of safe potable water for immunocompromised patients in hospital. J Hosp Infect 58:155-158.

Heyland D, Cook D, Griffith L, Keenan S, Breen-Buisson C (1999) The attributable morbidity and mortality of ventilator-associated pneumonia in the critically ill patient. Am J Resp Crit Care Med 159:1249-1256.

Kappstein I, Schulgen G, Beyer U, Geiger K, Schumacher M, Daschner F (1992) Prolongation of hospital stay and extra costs due to ventilator-associated pneumonia in an intensive care unit. Eur J Clin Microbiol Infect Dis 11:504-508.

Kassubek A (2005) Infektionsprävention in Risikobereichen: Die sicherste Wasserversorgung ist auch die kostengünstigste. Hyg Med 30:471-472.

Kaufmann I, Breigel J (2000) Therapeutic Intervention Scoring System (TISS) – a method of calculating costs in the intensive care unit (ICU) and intermediate care unit (IMCU). Crit Care 4:139.

KISS: Krankenhaus-Infektions-Surveillance System. Modul KISS Referenzdaten. Nationales Referenzzentrum für Surveillance von Nosokomialen Infektionen. <http://www.nrz-hygiene.de>.

Kramer A, Daeschlein G, Dyck A, Doelken G, Krüger W (2006/2007) Endständige Sterilfilter für Wasserauslässe in Risikobereichen. IHKS Fach Journal 32-35.

Leu HS, Kaiser SL, Mori M, Woolson RF, Wenzel RP (1989) Hospital-acquired pneumonia. Am J Epidemiol 129:1258-1267.

Meyer E, Gastmeier P (2007) Antibiotikatherapie Einfluss und Methodik der Surveillance. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2:116-121.

Gesetz über Medizinprodukte MPG vom 2. August 1994, BGBl. I: 1963; zuletzt geändert durch Art. 109V vom 25 November 2003, BGBl. I: 2304.

National Nosocomial Infections Surveillance (NNIS) System Report, data summary from January 1992 through June 2004, issued October 2004. Am J Infect Control 2004; 32:470-485. [http://www.cdc.gov/nhsn/PDFs/dataStat/NNIS\\_2004.pdf](http://www.cdc.gov/nhsn/PDFs/dataStat/NNIS_2004.pdf) abgerufen am 22.07.2011.

Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen. Referenzdaten Dezember 2009. <http://www.nrz-hygiene.de/surveillance/kiss/its-kiss/> abgerufen am 10.01.2011.

Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen. <http://www.nrz-hygiene.de/surveillance/kiss/> abgerufen am 10.01.2010.

Ortolano GA, Mc Alister MB, Angelbeck JA, Schaffer J, Russel RL, Maynard E, Wenz B (2005) Hospital water point of use filtration: A complementary strategy to reduce the risk of nosocomial infection. *Am J Infect Control* 33:1-19.

Panknin HT, Schwemmler K, Vogel F (2001) Nosokomiale Infektionen auf operativen Intensivstationen– Ursachen, Diagnostik und Prävention. *Medizin im Dialog* 1.

Papazian L, Bregeon F, Thirion X, Gregoire R, Saux P, Denis J-P, Charrel J, Dumaon J-F, Affray J-P, Gouin F (1996) Effect of ventilator-associated pneumonia on mortality and morbidity. *Am J Respir Crit Care Med* 154:91-97.

Pawar M, Mehta Y, Khurana P, Chaudhary A, Kulkarni V, Trehan N (2003) Ventilator-associated pneumonia: incidence, risk factors, outcome, and microbiology. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 17:22-28.

Popp W, Hilgenhöner M, Leisebein T, Müller H (2003) Personalkosten durch Isolierungsmaßnahmen von MRSA- Patienten. *Gesundheitsökonomie und Qualitätsmanagement* 8:187-190.

Pressemitteilung der Firma Aqua Free (2007) Wasserhygiene durch Membranfilter. *Hyg Med* 32:266.

Reiter M (2004) Nosokomiale Infektionen. *Management & Krankenhaus* 21.

Reuter S, Sigge A, Reuter U, Wiedeck H, Trautmann M (2002) Nosokomiale Verbreitung von *Pseudomonas aeruginosa* durch Leitungswasser. Präventionskonzepte werden stärker auf Wasserkeime fokussiert. *Krh-Hyg + Inf verh* 24 184-187.

Ricci P, Graldi P, Galli S, Vinelli N (2004) *Pseudomonas* infections and water treatment in haematology wards. 30. National Congress L`Azienda Sanitaria Sorrent Italien Abstract 164.

Richards MJ, Edwards JR, Culver DH, Gaynes RP (2000) Nosocomial infections in combined medical-surgical intensive care units in the United States. *Infect Control Hosp Epidemiol* 21:510-515.

Robert Koch-Institut (2009) Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention. Präambel zum Kapitel D, Hygienemanagement, der Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention. Bundesgesundheitsbl. 52:949-950.

Robert Koch-Institut (2010) Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention bezüglich Betriebsorganisation in bestimmten Bereichen. Anforderungen an die Hygiene bei der medizinischen Versorgung von immunsupprimierten Patienten. Bundesgesundheitsblatt 53:357-388.

Robert Koch-Institut: Empfehlungen der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention bezüglich Erfassung und Bewertung nosokomialer Infektionen, Hygienemanagement und Bekämpfung und Kontrolle nosokomialer Infektionen. [http://www.rki.de/cln\\_011/nn\\_226778/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Kommission/kommission\\_\\_node.html\\_\\_nnn=true](http://www.rki.de/cln_011/nn_226778/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Kommission/kommission__node.html__nnn=true) abgerufen am 22.07.2011.

Rüden H, Daschner F, Schumacher M: Nosokomiale Infektionen in Deutschland – Erfassung und Prävention: NIDEP- Studie, Teil 1: Prävalenz nosokomialer Infektionen; Qualitätssicherung in der Krankenhaushygiene. Bundesministerium für Gesundheit. Nomos, Baden-Baden, 1995, Band 56.

Rüden H, Daschner F: Nosokomiale Infektionen in Deutschland – Erfassung und Prävention: NIDEP- Studie, Teil 2: Studie zur Einführung eines Qualitätsmanagementprogrammes. Bundesministerium für Gesundheit. Nomos, Baden-Baden, 2000, Band 126.

Sabria M, Yu VL (2002) Hospital-acquired legionellosis: solutions for a preventable infection. Lancet Infect Dis 2:368-373.

Sheffer PJ, Stout JE, Wagener MM, Muder RR (2005) Efficacy of new point of use water filters to prevent exposure to Legionella and waterborne bacteria. Am J Infect Control 33:820-825.

Sissoko B, Sütterlin R (2004) Infektionsreservoir Geruchsverschluss: Effiziente Prävention nosokomialer Infektionen auf einer interdisziplinären Intensivstation. Umweltmed Forsch Prax 9:216.

Tablan OC, Anderson LJ, Besser R, Bridges C, Hajjeh R (2004) Guidelines for preventing health care associated pneumonia, 2003; Recommendations of CDC and the healthcare infection control practices advisory committee. *Morb Mort Wkly Rep Recomm Rep* 53:1-36.

Thix CA, Döbele AR, Unertl KE (2008) Die Intensivmedizin im deutschen DRG (Diagnosis Related Groups)- System. *Bull Soc Sci Med* 4:541-550.

Toltzis P, Rosolowski B, Salvator A (2001) Etiology of fever and opportunities for reduction of antibiotic use in a pediatric intensive care unit. *Infect Control Hosp Epidemiol* 22:449-504.

Trautmann M (2004) Nosokomiale Infektionen durch *Pseudomonas aeruginosa*. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 9:191-193.

Trautmann M (2008) Krankenhaushygiene - Generalscreening auf Intensivstationen- der Schlüssel der effektiven MRSA-Prävention? *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzth* 5:360-361.

Trautmann M, Royer H, Helm E, May W, Haller M (2004) *Pseudomonas aeruginosa*: new insights into transmission pathways between hospital water and patients. *Filtration* 1:63-70.

Trautmann M, Lepper PM, Haller M (2005) Ecology of *Pseudomonas aeruginosa* in the intensive care unit and the evolving role water outlets as a reservoir of the organism. *Am J Infect control* 33:41-49.

Trautmann M, Bauer C, Schumann C, Hahn, P, Höher M, Haller M, Lepper PM (2006) Common RAPD pattern of *Pseudomonas aeruginosa* from patients and tap water in a medical intensive care unit, *Int J Hyg Environ Health* 209:325-331.

Trautmann M, Pollitt A, Loh U, Synowzik I, Reiter W, Stecher J, Rohs M, May U, Meyer E (2007) Implementation of an intensified infection control program to reduce MRSA transmission in a German tertiary care hospital. *Am J Infect Control* 35:643-649.

Trautmann M, Halder S, Hoegel J, Royer H, Haller M (2008) Point-of-use water filtration reduces endemic *Pseudomonas aeruginosa* infections on a surgical ICU. *Am J Infect Control* 36:421-429.

Trautmann M, Halder S, Lepper PM, Exner M (2009) Reservoir von *Pseudomonas aeruginosa* auf der Intensivstation: Die Bedeutung des Wassers als Infektionsquelle. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 52:339-344.

Vianelli N, Giannini MB, Quarti C, Bucci Sabattini MA, Fiacchini M, de Vivo A, Graldi P, Galli S, Nanetti A, Baccarani M, Ricci P (2006) Resolution of a *Pseudomonas aeruginosa* outbreak in a hematology unit with the use of disposable sterile water filters. *Haematologica* 91:983-985.

Vincent JL (2000) Microbial resistance: lessons from the EPIC study. *European Prevalence of Infection. Intensive Care Med* 26:3-8.

Vincent JL, Bihari D, Suter PM (1995) The prevalence of nosocomial infection in intensive care units in Europe: The result of the EPIC study. *JAMA* 1995 274: 639-644.

Vonberg RP, Rotermund-Rauchenberger D, Gastmeier P (2005) Reusable terminal tap water filters for nosocomial legionellosis prevention. *Ann Hematol* 84: 403-405.

Wanahita A, Goldsmith EA, Musher DM (2002) Conditions associated with leukocytosis in a tertiary care hospital, with particular attention to the role of infection caused by *Clostridium difficile*. *CID* 34:1585-1592.

Wendt C, Weist K, Dietz E, Schlattmann P, Rüden H (1995) Field study to obtain legionella free water from shower and sinks of a transplantation unit by a system of water filters. *Zbl Hyg* 196:515-531.

Wingender J: Resistenz von Trinkwasser-Bakterien gegenüber Desinfektionsmitteln. In: IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung: Trinkwasserdesinfektion in der Praxis. Berichte aus dem IWW Rheinisch-Westfälischem Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH, Mülheim an der Ruhr, 1999, Band 23, S. 26-61.

Wischnewski N, Gastmeier P, Kampf G, Schlingmann J, Schumacher M, Rüdén H (1997) Nosokomiale Infektionen in Deutschland – Erfassung und Prävention: NIDEP-Studie, Teil 1: Zur Prävalenz in der Inneren Medizin. *Medizinische Welt* 48:446-450.

## 9 Thesen

1. Nosokomiale Infektionen haben eine hohe Bedeutung für Patienten und behandelnde Krankenhäuser, da sie einen verlängerten Heilungsprozess und damit erhöhte Kosten verursachen.
2. Intensivstationen sind für die nosokomiale Übertragung von Infektionen aus klinisch-infektiologischer, aber auch hygienisch-technischer Sicht besonders prädestiniert.
3. Eine mögliche Gefahrenquelle für nosokomiale Infektionen stellt unter anderem die Trinkwasserversorgung der jeweiligen Station dar.
4. Zu den nosokomialen Erregern, welche möglicherweise mit dem Trinkwasser übertragen werden, zählen unter anderem *P. aeruginosa*, *L. pneumophila*, *Acinetobacter spp.*, *Klebsiella spp.*, *E. faecalis* und *E. faecium*, *E. cloacae* und *aerogenes* und *E. coli*.
5. Der aktuellen Literatur sind eine Reihe von Berichten zu entnehmen, die auf eine mögliche Reduzierung und im besten Fall Vermeidung von Trinkwasser-assoziierten nosokomialen Infektionen durch den Einsatz bakteriendichter Filtersysteme hinweisen.
6. Die vorliegende retrospektive Studie untersuchte Patientendaten einer Intensivstation 8 Monate vor Filtereinbau (Vergleichszeitraum) und 8 Monate nach Filtereinbau (Kontrollzeitraum).
7. Es wurden Filter einer Porengröße von 0,2 µm an insgesamt 24 wasserführenden Systemen, d.h. endständig an den Wasserhähnen und Duschköpfen der Station, installiert.
8. Eine Einteilung der erhobenen Daten erfolgte in Auswertungskriterien 1. Ordnung, wie Liegezeit, Antibiotika und mikrobiologische Befunde sowie Auswertungskriterien 2. Ordnung, wie Röntgen-Thorax, Temperatur, Leukozyten, MRSA, ESBL und Letalität, um eine gruppenbezogene Auswertung der umfangreichen Datensätze vornehmen zu können.

9. Die Liegezeit ( $7 \pm 13$  vs.  $5 \pm 8$  Tage,  $p < 0,05$ ) und Einnahmedauer der Antibiotika ( $6 \pm 12$  vs.  $4 \pm 8$  Tage,  $p < 0,05$ ) reduzierten sich signifikant im Kontrollzeitraum gegenüber dem Vergleichszeitraum.
10. Es konnte eine durchschnittliche Kostenersparnis für Antibiotika pro Patient von 255,77 Euro im Vergleich der Testzeiträume ermittelt werden.
11. Die Auswertung der Keimarten, welche vorzugsweise über Wasser übertragen werden (Hauptgruppe 1), zeigte einen signifikanten Rückgang des Nachweises zwischen Vergleichs- und Kontrollzeitraum (33,8% vs. 23,8%,  $p < 0,005$ ).
12. Die Keimarten, welche nicht vorzugsweise über Wasser übertragen werden (Hauptgruppe 2), wurden in geringerer Häufigkeit nachgewiesen, dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant (44,5% vs. 39,9%).
13. Die Auswertungskriterien 2. Ordnung führten nicht zu signifikanten Unterschieden zwischen Vergleichs- und Kontrollzeitraum.
14. Die Ergebnisse der Liegezeiten, Antibiotikaeinnahmedauer, Antibiotikakosten und Keimarten der 1. Hauptgruppe deuten auf einen möglichen positiven Effekt der Filter im Sinne einer Reduzierung dieser Parameter hin.
15. Aufgrund der geringen Datenlage kann für die Kriterien 2. Ordnung keine gesicherte Aussage über den Einfluss der Filter gemacht werden, jedoch kann ein entsprechender Einfluss auch nicht ausgeschlossen werden.
16. Die in der aktuellen Literatur diesbezüglich aufgestellten Postulate können somit im Rahmen dieser Studie nicht bestätigt werden.

## Tabellarischer Lebenslauf

Name: Vanessa Ilona Mouchairefa, geb. Grund  
Anschrift: Ringgasse 40, 65510 Idstein  
Eltern: Gabriele Grund-Steioff  
Wolfgang Grund, verstorben  
Bernd Steioff  
Geburtsdatum und -ort: 07. Januar 1980, Wiesbaden-Sonnenberg  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Familienstand: verheiratet, 1 Kind

### Schulische Ausbildung:

1986-1990 Mittelpunktschule Goldener Grund  
1990-1999 Marienschule Limburg an der Lahn,  
Abschluss mit Allgemeiner Hochschulreife

### Berufliche Ausbildung:

1999-2001 Nassauische Sparkasse Wiesbaden,  
Ausbildung zur Bankkauffrau

### Studium:

2001-2006 Studium der Zahnmedizin  
an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
11/ 2006 Approbation zur Zahnärztin

### Beruflicher Werdegang:

12/2006-11/2008 Assistenzzeit in Zahnarztpraxis  
Dr. Jürgen Reichwein, Villmar  
12/2008-02/2011 Angestellte Zahnärztin in o.g. Praxis  
seit 03/2011 Angestellte Zahnärztin im Zahnmedizinischen  
Zentrum Dr. Dr. Jörg Dietrich, Bad Camberg

Datum

Unterschrift

**Selbständigkeitserklärung**

Ich erkläre hiermit, die vorliegende Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt zu haben.

Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Datum

Unterschrift

**Erklärung über frühere Promotionsversuche**

Hiermit erkläre ich, bisher an keiner in- und ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt zu haben.

Datum

Unterschrift

### **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. M. Borneff-Lipp und Herrn PD Dr. D. Worlitzsch, Institut für Hygiene der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg, für die interessante Aufgabenstellung sowie die vielfältige Unterstützung durch immerwährende Diskussionsbereitschaft und Anregungen.

Darüber hinaus möchte ich mich bei allen Mitarbeitern des Instituts für Hygiene bedanken, die mir bei fachlichen und organisatorischen Problemen immer hilfsbereit zur Seite standen.

Herrn Prof. em. Dr. J. Radke, Klinik für Anaesthesiologie und Intensivmedizin der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg, danke ich für die freundliche Erlaubnis zur Erhebung der Daten auf der Intensivpflegestation der Klinik.

Für die Bereitstellung aller zur Durchführung meiner Promotion erforderlichen Daten und Unterlagen danke ich Herrn Prof. Dr. Dr. A. Kekulé, Institut für Medizinische Mikrobiologie der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg und dessen Team.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Prof. Dr. J. Haerting, Institut für Medizinische Epidemiologie, Biometrie und Informatik der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg für seine beratende Unterstützung bei statistischen Fragen.

Herrn Thomas Giesel, Pflegedirektion Bereich Controlling und Leistungserfassung der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg, danke ich für seine schnelle Unterstützung bei der Kosteneinschätzung.

Den Mitarbeitern des Universitätsarchivs der Medizinischen Fakultät der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg möchte ich meinen Dank aussprechen, da sie mir immer Zugang zu den gewünschten Akten gewährten und einen Arbeitsplatz zur Verfügung stellten.

Ein herzlicher Dank gilt meiner Familie für die vielseitige Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit, insbesondere meinem Mann und meinem Sohn, die mich immer wieder ermutigten und mir immer wieder genug Kraft spendeten.