

## 4 Diskussion

### 4.1 Diskussion der Ergebnisse der Studie

#### 4.1.1 Nosokomiale Infektionen

In dieser Untersuchung konnte kein Zusammenhang zwischen der Stationsbesetzung und der Rate nosokomialer Infektionen gefunden werden. Der Großteil der Faktoren, für die ein signifikanter Einfluss auf die Rate nosokomialer Infektionen nachgewiesen werden konnte (zentraler Venenkatheter, Harnwegkatheter, Beatmung, hohes Alter, hoher SOFA-Wert und hoher SAPS II-Wert), ist bereits aus anderen Untersuchungen bekannt [73-77].

In unserer Studie fand sich für die Gruppe der Patienten, die eine Dialyse bekam, eine geringere Rate an nosokomialen Infektionen als für Patienten ohne Dialyse. Dieses Ergebnis war jedoch über die fünf untersuchten Intensivstationen hinweg nicht konstant.

In den Daten fand sich ein negativer Zusammenhang zwischen geplanter Operation und nosokomialer Infektion. Dieser Zusammenhang ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die Patienten dieser Gruppe (also Patienten, bei denen eine Operation geplant war) keine hochakute Symptomatik mit konsekutiver, größerer Schwächung des Gesamtorganismus zeigten. Somit ist bei diesen Patienten von einem besseren allgemeinen Gesundheitszustand bei Aufnahme als beim Durchschnitt der sonstigen Intensivstationspatienten auszugehen.

#### 4.1.2 Sepsis

Wird der Zusammenhang der erhobenen Daten anstatt mit nosokomialer Infektion mit primärer Sepsis als Outcome betrachtet, ergibt sich ein signifikanter Einfluss des Pflege-Patienten-Verhältnisses auf das Auftreten einer primären Sepsis.

Für diese Fragestellung wurden allerdings nur die Daten von zwei der fünf beobachteten Intensivstationen verwendet (Stationen A und C), weil die Anzahl von Fällen primärer Sepsis auf den anderen drei Stationen wesentlich geringer ausgefallen war.

Neben der Bedeutung des Pflege-Patienten-Verhältnisses ließen sich in unserer Untersuchung auch die Variablen zentraler Venenkatheter und SOFA-Wert als Risikofaktoren für eine primäre Sepsis ausweisen. Bei diesen Variablen handelt es sich jedoch um bereits bekannte Risikofaktoren für diese Erkrankung.

Durch die Erhebung des SAPS II-Wertes zum Zeitpunkt der Aufnahme auf die Station und der täglichen Registrierung des SOFA-Wertes konnte die Schwere der Erkrankung jedes einzelnen Patienten anhand von zwei Werten ermittelt werden. Im Gegensatz zu den Ergebnissen zum Outcome nosokomiale Infektion zeigt sich für das Outcome primäre Sepsis ein wesentlich größerer Unterschied zwischen SAPS II-Wert und SOFA-Wert. Mit dem täglich erhobenen SOFA-Wert konnte die Erkrankung an einer Sepsis besser vorausgesagt werden als mit dem nur einmalig, bei Aufnahme, erhobenen SAPS II-Wert.

Ähnlich wie in den Ergebnissen zum Auftreten nosokomialer Infektionen zeigte sich, dass die Faktoren Dialyse und geplante Operation auch bezüglich primärer Sepsis einen protektiven Charakter besaßen.

#### 4.1.3 Stationsbesetzung

Die Stationsbesetzung zeigt also einen Zusammenhang mit der Rate der primären Sepsis, scheint aber nicht mit nosokomialen Infektionen allgemein in kausaler Verbindung zu stehen.

Eine mögliche Erklärung, weshalb in dieser Studie kein Zusammenhang zwischen der Stationsbesetzung und nosokomialen Infektionen gefunden werden konnte, mag in den Arten nosokomialer Infektionen liegen, die die von uns untersuchten Patienten aufwiesen. Der Großteil aller nosokomialen Infektionen waren Pneumonien und Harnwegsinfektionen.

Die Entstehung dieser nosokomialen Infektionen ist mutmaßlich weniger stark vom täglichen Hygieneverhalten des Personals abhängig als die Entwicklung einer primären Sepsis. So ist im Falle der Pneumonie der größte Risikofaktor für die Entstehung einer nosokomialen Infektion die Intubation. Hier kommen die Pathogene hauptsächlich aus dem gastrointestinalen Trakt. Auch das Tragen eines Harnwegkatheters birgt ein hohes Risiko für die Entstehung einer Harnwegsinfektion beim Patienten. Obwohl sich selbst bei gutem hygienischem Management eine Harnwegsinfektion faktisch nicht vermeiden lässt, kann durch einen unsachgemäßen Umgang mit dem Katheter eine Aszension von Mikroorganismen in einem engeren zeitlichen Rahmen begünstigt werden.

Bei einem zentralen Venenkatheter hingegen ist das Risiko dadurch erhöht, dass an einem solchen im Regelfall mehrmals täglich manipuliert wird. Er wird mehrfach pro Tag vom Pflegepersonal überprüft, bewegt, zur Injektion oder zu einer zentralvenösen Druckmessung verwendet. Diese Tatsache kann den Einfluss, den die akkumulierten Tage mit unvorteilhaftem Pflege-Patienten-Verhältnis auf die Rate von Fällen primärer Sepsis haben, erklären. Auch die Darstellung in den Abbildungen 1 und 2 zeigt, dass Patienten, die ihre Patiententage unter ungünstiger Stationsbesetzung kumulierten, mit einer höheren Wahrscheinlichkeit eine primäre Sepsis entwickelten.

## 4.2 Diskussion der Ergebnisse der Studie im Vergleich zu anderen Untersuchungen

### *Studiendesign*

In unserer Studie wurden die individuellen Daten der Patienten aus einem einzigen Krankenhaus verwendet.

Andere Studien verglichen die Datenbanken unterschiedlicher Krankenhäuser. So verwendeten beispielsweise Needleman et al. [59] administrative Daten von 799 US-amerikanischen Krankenhäusern aus 11 Bundesstaaten, Amaravadi et al. [35] Daten aus 35 US-amerikanischen Krankenhäusern, die einer staatlichen Datenbank des Staates Maryland entnommen wurden, Cho et al. [51] aus staatlichen Finanz- und Patientendatenbanken gewonnene Daten von 232 Krankenhäusern des US-amerikanischen Bundesstaats Kalifornien oder Kovner und Gergen [56] Daten aus Entlassungsberichten von 506 kommunalen Krankenhäusern in 10 US-amerikanischen Bundesstaaten.

Ein Vorteil eines Zugriffs auf bestehende Datenbanken ist in der Verfügbarkeit sehr großer Datenmengen zu sehen. Allerdings wird hierbei auf teilweise uneinheitliche Kodiersysteme zugegriffen oder auf Systeme, bei denen die Qualität und Vollständigkeit der Daten and Entlassungsberichte variiert. Verschiedenartig geformte Datensätze, derer sich diese großen Multicenterstudien bedienen, müssen also zur Auswertung standardisiert werden. Da die Daten retrospektiv ausgewertet werden, können außerdem nur die jeweils erhobenen Daten verwendet werden. Häufig verwenden die Untersucher hier Entlassungsprotokolle, die nur bestimmte Informationen enthalten. Bei jedem Schritt der Datenanalyse können Fehler in der Datenübertragung geschehen. Weiterhin ist es sehr wahrscheinlich, dass in solchen Datensätzen Komplikationen (für das Krankenhaus negative Ergebnisse) unterrepräsentiert sind. Die Möglichkeit der Kontrolle verzerrender Störgrößen (Confounder) ist oft minimal.

Viele Wissenschaftler bedienen sich der Daten aus administrativen Datenbanken, weil diese einfach verfügbar, nicht teuer und durch den Computer systematisch lesbar sind. Zudem decken sie oft große Populationen ab. Sie ermöglichen jedoch, mit wenigen Ausnahmen, keinen Einblick in den Pflegeprozess und dessen Qualität, in Fehler in der Registrierung oder in die Angemessenheit der Betreuung [78]. Es konnte zudem gezeigt werden, dass häufig auch Fehldiagnosen in die Daten eingehen, oder es zu Fehlern bei der Eingabe kommt [79].

Darüber hinaus zielen solche Multicenterstudien darauf ab, Unterschiede bezüglich der Outcome-Raten von Krankenhäusern aufzudecken, anstatt individuelle Fälle von Komplikationen zu untersuchen. Hier kommen Unterschiede in der Analyseeinheit (Patient bzw. Krankenhaus) zum Tragen. Selbst wenn das Outcome (z.B. NI) auf individueller Ebene erhoben worden ist, muss der untersuchte Risikofaktor (z.B. Pflege-Patienten-Verhältnis) seinem Wesen nach immer auf eine höheren Ebene untersucht werden, denn er bezieht sich immer auf alle Patienten zu einem bestimmtem Zeitpunkt, und wird nicht individuell bestimmt.

In unserer Studie war der einzelne Patient die Analyseeinheit. Die Studie erfolgte an einem einzelnen Krankenhaus, die Qualität und Homogenität unserer Daten war durchgängig gleich. Studien, die in einem einzelnen Krankenhaus durchgeführt worden sind, weisen meist die homogeneren Daten auf, verfügen sie doch häufig nur über eine kleine Stichprobe.

Zusammenfassend mag die Betrachtung eines einzigen Krankenhauses somit die externe Validität (Güte der Übertragbarkeit der Studienresultate in die Praxis) unserer Studie einschränken, die interne Validität der Studie (Verlässlichkeit der Studienresultate innerhalb des Kontextes der Studie selbst) ist aber hierdurch hoch.

Die in unserer Studie beobachteten Intensivstationen gehören einem Universitätsklinikum an und sind dementsprechend hochspezialisiert. Andere

Häuser verfügen nicht über solch spezialisierte Stationen und die Ergebnisse sind deshalb nur bedingt übertragbar.

Unsere Studie ist eine prospektive Kohortenstudie. Bei einer prospektiven Kohortenstudie wird eine Gruppe von Personen prospektiv beobachtet und das Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein der zu untersuchenden Exposition aufgezeichnet. Im weiteren Verlauf wird das Eintreten des Outcomes registriert. Ein großer Vorteil dieses Studienansatzes besteht darin, dass bei einer prospektiven Planung alle Daten erhoben werden können, die für die spätere Auswertung relevant sein könnten. Dies trifft unter anderem für die anhand vorher festgelegter Definitionen und Kriterien erfolgende Diagnose einer nosokomialen Infektion zu. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass mehrere Outcomes untersucht werden können, was den Einsatz einer prospektiven Studie insbesondere bei seltenen Expositionen geeignet macht. Der wichtigste Nachteil bei der prospektiven Studienplanung ist im erheblichen Zeitaufwand begründet, da sowohl die Exposition als auch das zu untersuchende Ereignis erst noch auftreten werden. Wenige andere Studien [21, 49, 52, 55] wählten ebenfalls den Ansatz einer prospektiven Kohortenstudie.

Die Mehrzahl der analysierten Studien wurden hingegen retrospektiv durchgeführt [35, 48, 50, 51, 53, 54, 57-59].

Der Vorteil einer retrospektiven Studie besteht in der Verfügbarkeit sehr großer Datenmengen. Durch die Nutzung dieser konvergieren zufällige Einflüsse mit zunehmender Datenmasse gegen null, jedoch sind Variablen, die einen systematischen Einfluss ausüben, nur durch theoretische Überlegungen auffindbar. Aus der großen Datenmenge ergeben sich aber auch Nachteile. Man ist auf die erfassten Daten angewiesen, und kann einen Einfluss von umgebenden Faktoren nicht kontrollieren. Alle möglicherweise das Ergebnis beeinflussenden Faktoren müssen im Nachhinein aus den vorhandenen Daten abgeschätzt werden, eine Kontrolle der Untersuchungssituation (um einheitliche Bedingungen zu garantieren) ist nicht möglich.

### *Cox´ Regressionsanalyse*

In Studien, die sich mit der Untersuchung eines Zusammenhanges zwischen Stationsbesetzung und nosokomialen Infektionen beschäftigten, wurden Zusammenhänge zumeist entweder mit Korrelationen [72], relativem Risiko [23] oder in multivariaten Analysen anhand von logistischen Modellen [69] oder Poisson-Modellen [21] dargestellt.

In vorliegender Studie wird eine Cox-Regressionsanalyse benutzt, da die Zeit bis zur nosokomialen Infektion, bzw. bis zur primären Sepsis, einen entscheidenden Faktor darstellte, der im Modell unbedingt berücksichtigt werden muss. Es wurden weiterhin zahlreiche Kontrollvariablen berücksichtigt.

Mit der Auswertung der Daten anhand einer Cox-Regressionsanalyse ist es, wie bereits im Methodenteil erwähnt, möglich, eine Kombination von prognostischen Faktoren ausfindig zu machen, die den Endzustand eines Patienten in optimaler Weise vorhersagt. Mit diesem Cox´ Proportional-Hazards-Modell wird die Hazard-Funktion in Abhängigkeit von einer oder mehrerer Einflussgrößen modelliert. Für zwei Populationen kann der Quotient der jeweiligen Hazard-Funktionen bestimmt werden. Diese so genannte Hazard- Ratio ist ein Maß für das relative Risiko. Die Hazard-Ratio kann für jeden Zeitpunkt berechnet werden und ermöglicht dadurch – zum Beispiel im Gegensatz zu einfachen Messzahlen wie der 5-Jahres-Infektionsrate – Prognosen für jeden einzelnen Zeitpunkt [80, 81].

### *Unabhängigkeit der Infektion*

Viele Studien gehen von der Annahme aus, NI träten bei verschiedenen Patienten unabhängig auf. Dies ist meist nicht der Fall. Weder ist das Auftreten einer nosokomialen Infektion unabhängig von der Infektion eines anderen Patienten, noch ist eine zweite Infektion bei einem Patienten unabhängig von der zuerst aufgetretenen, noch ist die Infektionsrate einer Station unabhängig von der anderer Stationen im selben Krankenhaus.

Diese Problematik in der Analyse der Daten zu berücksichtigen, ist methodisch aber sehr schwierig.

### *Unterschiede zwischen Studien zu Ausbrüchen und Studien zur endemischen Situation*

Unsere Studie fand unter den normalen Bedingungen des Klinikalltags statt, also in der endemischen Situation.

Viele Studien zum Thema Einfluss des Pflege-Patienten-Verhältnisses bzw. der Stationsbesetzung auf nosokomiale Infektionen wurden im Kontext der Untersuchung eines Ausbruches (outbreak) durchgeführt. Hierzu ist nochmals anzumerken, dass Ausbrüche nur etwa 5-10% aller nosokomialen Infektionen ausmachen [82-84]. Wie derartige Ergebnisse auf endemische Infektionen übertragen werden können, ist unklar. In unserer Übersicht werden Studien, die das Pflege-Patienten-Verhältnis und seinen Einfluss auf nosokomiale Infektionen in der endemischen Situation gesondert von solchen betrachtet, die den Zusammenhang zwischen diesen Faktoren im Rahmen eines Ausbruchs untersuchen. Wir zollen hiermit dem Aspekt Tribut, dass es sich hier um zwei grundlegend andere Herangehensweisen handelt und dementsprechend auch die methodischen Herangehensweisen sehr verschieden sind.

Studien zu Ausbrüchen untersuchen meist einen sehr viel kürzeren Zeitraum. Relevant ist hier, inwieweit sich Gegebenheiten zur Zeit des Ausbruchs im Gegensatz zum Normalzustand unterscheiden. Es werden deshalb in den meisten Untersuchungen zwei Datensätze miteinander verglichen (Zustand während des Ausbruchs versus Zustand vor und/ oder nach dem Ausbruch). Variablen, die im Vergleich dieser Zeiträume stark variieren, werden als potenzielle Risikofaktoren für die Entstehung eines Ausbruchs identifiziert.

Studien zur endemischen Situation vergleichen selten die Daten von zwei Zeitpunkten miteinander. Außerdem werden hier oft wesentlich längere Zeiträume betrachtet. Häufig ist deshalb die statistische Auswertung solcher Daten wesentlich komplexer als die von Ausbruchsuntersuchungen. Teilweise geben Autoren bei letzteren lediglich absolute Zahlen an, die nicht



weiter analysiert werden, um so eine mutmaßliche personelle Unterbesetzung, zum Teil mit unerfahrenem Pflegepersonal, als begünstigendes Element des Ausbruchs zu identifizieren [65, 68].

Die Beobachtung von langen Zeiträumen mit unterschiedlich hohen Infektionsraten mindert weiterhin den Einfluss, den möglicherweise ein sehr seltenes, aber für die Infektionsrate bedeutendes Ergebnis besitzt. Durch die Betrachtung mehrerer Krankenhäuser und der Mittlung derer Daten, wird der Einfluss seltener Effekte auf die beobachtete abhängige Variable reduziert. In der Betrachtung eines einzelnen Falles geschieht dies nicht, und die Bedeutung eines seltenen Ereignisses kann leicht überschätzt werden.

#### *Unterschiede in der Berücksichtigung des Einflusses invasiver Maßnahmen*

Viele Untersuchungen, die sich mit Risikofaktoren für nosokomiale Infektionen allgemein beschäftigen, und so auch einige der hier vorgestellten Forschungen, berücksichtigen die Rolle, die invasive Maßnahmen („devices“) in diesem Zusammenhang spielen können [83, 85, 86]. Der Einsatz zentraler Venenkatheter, Harnwegkatheter, künstlicher Beatmung u.a. wird in der Literatur vielerorts ausgiebig als Risikofaktor für nosokomiale Infektionen diskutiert.

Fridkin et al. [69] zum Beispiel untersuchten ausschließlich die Entstehung einer primären Sepsis nach Anlage eines zentralen Venenkatheters und beziehen so die Rolle eines „device“ bereits in der Operationalisierung mit ein. Auch Alonso-Echanove et al. [49] beobachten die Entstehung ZVK-assoziierter Sepsis. Diese Autoren kontrollierten in ihrer Analyse den Einfluss, den die Länge der ZVK-Anlage auf das Ergebnis haben kann.

Einige Autoren nahmen im Aufbau ihrer Studie und in der Analyse der Daten Rücksicht darauf, dass ein Zusammenhang zwischen Pflege-Patienten-Verhältnis und der Entstehung nosokomialer Infektionen vom Einsatz bestimmter „devices“ beeinflusst werden kann. Eine Kontrolle der Exposition mit diesen Variablen ist notwendig, um die Vergleichbarkeit der Stichproben zu gewährleisten.

Beispielsweise Hugonnet et al. [55] schenken in ihrer Untersuchung diesem Aspekt Beachtung und kontrollierten den Einfluss. Sie konnten zeigen, dass auch nach der Kontrolle des Einflusses unterschiedlicher Variablen (vor allem die invasiver „devices“) das Risiko für nosokomiale Infektionen bei einer höheren Stationsbesetzung signifikant und substantiell verringert war.

Vor allem große Multicenterstudien sind häufig nur eingeschränkt in der Lage, eine angemessene Kontrolle des Risikos bei unterschiedlichen Patientengruppen durchzuführen. In einer Stichprobe, in der Patienten mit den unterschiedlichsten Erkrankungen und mit den unterschiedlichsten medizinischen Behandlungen zusammengefasst werden, um anhand ihrer Daten einen Zusammenhang zwischen Pflege-Patienten-Verhältnis und nosokomialen Infektionen zu errechnen, müsste unter anderem gewährleistet werden, dass nicht der Einsatz von „devices“ einen entscheidenden Einfluss auf das erhobene Outcome ausübt, oder unterschiedliche Patienten unterschiedlich hohe Risiken für die Erkrankung mit sich bringen.

Eine Kontrolle des Risikos ist häufig auch deshalb nur eingeschränkt möglich, weil teilweise wenig Information über den Einsatz invasiver Maßnahmen vorhanden ist. Es ist auch hier noch einmal wichtig darauf hinzuweisen, dass bereits einige Studien zeigen konnten, dass die Richtigkeit von Daten, die aus administrativen Datenbanken stammen, anzweifelbar ist [78, 79].

Eine große Stärke unserer Studie besteht in der Tatsache, dass der Einsatz invasiver Maßnahmen individuell dokumentiert worden ist, und ein Risiko, das durch sie begründet ist, somit errechenbar wird.

So konnte zum Beispiel für den Einsatz zentraler Venenkatheter (festgehalten in der Anzahl an Tagen, an denen dieser eingesetzt wurde) sowohl in der univariaten als auch in der multivariaten Analyse ein Einfluss auf NI festgestellt werden.

Auch die Variablen Harnwegkatheter, Intubation, Alter und SOFA-Wert zeigten, in der univariaten wie in der multivariaten Analyse, alle einen positiven Zusammenhang mit NI.

Die Durchführung einer Dialyse zeigte in der univariaten Analyse keinen Einfluss, in der multivariaten Analyse aber war ein negativer Zusammenhang mit NI feststellbar.

### *Zusammenhang zwischen Schwere der Erkrankung und nosokomialen Infektionen*

In unserer Studie konnte ein Zusammenhang zwischen der Schwere der Erkrankung des Patienten (gemessen mit SAPS II-Wert bzw. SOFA-Wert) und nosokomialen Infektionen nachgewiesen werden. Auch Patienten mit dem Outcome primäre Sepsis hatten zum Zeitpunkt der Aufnahme signifikant höhere SAPS II-Werte als Patienten, die nicht an primärer Sepsis erkrankten. Ebenso wiesen die SOFA-Werte mit beiden Outcomes einen signifikanten Zusammenhang auf.

Interessanterweise findet sich in der univariaten Analyse ein Zusammenhang zwischen der Schwere der Erkrankung und nosokomialen Infektionen, der in der multivariaten Analyse verschwindet. In der Studie von Hugonnet et al. [55] zeigten sich ähnliche Ergebnisse. Die Autoren fanden auch hier in der univariaten Analyse einen Zusammenhang zwischen der Schwere der Erkrankung (hier gemessen u.a. durch den APACHE-Wert) und nosokomialen Infektionen. Dieser Zusammenhang war, genau wie in unserer Untersuchung, in der multivariaten Analyse nicht mehr zu finden. Das Fehlen eines Zusammenhanges war besonders deutlich, wenn in der multivariaten Analyse der Einsatz zentraler Venenkatheter und künstlicher Beatmung berücksichtigt wurde.

Eine mögliche Erklärung für die jeweiligen Ergebnisse böte die Überlegung, dass ein hoher SAPS II-Wert bzw. APACHE-Wert zum Zeitpunkt der Aufnahmen auf die Intensivstation nicht per se ein Risikofaktor für eine nosokomiale Infektion darstellt, sondern dass er vielmehr den späteren Einsatz invasiv-medizinischer Maßnahmen voraussagt. Letztere wären dann eigentlich kausal mit der Infektion in Beziehung zu setzen.

### *Uneinheitliche Definitionen der nosokomialen Infektionen*

Ein weiteres Problem beim Vergleich der Untersuchungen liegt in der Art und Weise, wie nosokomiale Infektionen, definiert worden sind. Es besteht kein Konsens über ein Klassifizierungssystem, und je nach Land, in dem die Studie durchgeführt worden ist, je nach Autor oder Zielsetzung differieren häufig auch die Definitionen.

Wir verwendeten in unserer Studie die Definition der Centers for Disease Control and Prevention (CDC) aus den USA [38]. Diese Definitionen bestehen bereits seit den 70er Jahren und werden seitdem kontinuierlich weiterentwickelt. Bei diesen Definitionen handelt es sich um die weltweit am weitesten verbreitete Definition für nosokomiale Infektionen, in den meisten Erfassungssystemen für nosokomiale Infektionen werden diese Definitionen genutzt. Neben allgemeinen Hinweisen, wann eine Definition als nosokomial erworben angesehen werden kann und wann es sich um eine außerhalb des Krankenhauses erworbene Infektion handelt, schließen CDC-Definitionen genaue klinische und paraklinische Symptome und Kriterien ein, die zu einer Diagnose einer nosokomialen Infektion erforderlich sind.

Dieselben Definitionen wurde (Ausnahme Pneumonie) auch von Hugonnet et al. [55] verwendet. Robert et al. [37] hielten sich in der Definition einer ZVK-verursachten primären Sepsis an die CDC-Kriterien, oder auch Stegenga et al. [61] mit der Diagnostik viraler nosokomialer Gastrointestinalinfektionen.

MRSA-Infektionen wurden hingegen in einigen Studien teilweise zwar mikrobiologisch nachgewiesen, aber nicht eindeutig als nosokomial bezeichnet [36, 53].

Needleman et al. [59] definierten nur manche ihrer Variablen als nosokomial erworben. Die Autoren sprechen zwar von Krankenhauserworbener primärer Sepsis und Krankenhauserworbener Pneumonie, geben also bei manchen Variablen einen nosokomialen Hintergrund an, vernachlässigen diesen Aspekt jedoch bei anderen Variablen wie Wundinfektion oder Harnwegsinfektion.

Andere Autoren [56, 58] vernachlässigen es vollständig, untersuchte Infektionen als nosokomial erworben zu bezeichnen. Zwar wird häufig aus

dem Kontext deutlich, dass es sich nur um Infektionen handeln kann, die während des Krankenhausaufenthaltes erworben worden waren (z.B. Sepsis nach ZVK-Anlage oder postoperative Infektion), eine konkrete Einordnung als nosokomiale Infektion wäre jedoch wesentlich wünschenswerter gewesen. Denn durch solche Uneinheitlichkeiten leidet die Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

Kovner und Gergen [56] unterscheiden Variablen in „Pflegepersonal-sensitiv“ und „nicht Pflegepersonal-sensitiv“. Zu den Indikatoren, die als „Pflegepersonal-sensitiv“ bezeichnet werden, zählen unter anderem postoperative Harnwegsinfektion und Pneumonie. Die Bezeichnung postoperative Infektion lässt vermuten, dass diese Infektion nosokomial verursacht worden ist, dies wird von den Autoren aber nicht explizit erwähnt. Auch bei der Studie von Lichtig et al. [58] werden Komplikationen nicht explizit als nosokomial erworben definiert, können aber vermutlich den nosokomialen Infektionen zugeordnet werden, so z.B. postoperative Infektionen. Bei der Erfassung von Pneumonien und Harnwegsinfektionen ist in dieser Studie unklar, ob es sich nur um nosokomiale Entstehungsursachen handelt. Es fand zwar eine Einschätzung durch Experten statt, ob es sich hierbei um Komplikationen handelte, die im Rahmen des Krankenhausaufenthaltes entstanden waren. Eingeschätzt wurde aber nur ob dies wahrscheinlich war, genauer abgesichert wurde die Diagnose nicht.

Auch in der sprachlichen Bezeichnung existiert eine große Heterogenität. Giraud et al. [41] sprechen von iatrogenen Infektionen. Kovner et al. [57] sprechen nie von nosokomialen Infektionen, sondern immer von „adverse events“. In der Definition sollen diese Komplikationen zwar nach einer Operation aufgetreten sein, eine wünschenswerte Abgrenzung wird hier aber nicht getroffen, und es wird nicht speziell auf NI eingegangen. Da die Daten und die Angaben aber darauf schließen lassen, dass es sich bei der Entstehung der Komplikationen um nosokomiale Infektionen handelte, wurde diese Studie mit in die Literaturübersicht aufgenommen. Auch Flood und Diers [54] geben nur Komplikationen an, ob diese ausschließlich nosokomial begründet sind, bleibt unklar.

### *Betrachtung unterschiedlicher Patientengruppen*

In den vorgestellten Studien wird der Zusammenhang von Pflege-Patienten-Verhältnis und nosokomialen Infektionen bei den verschiedensten Patientengruppen untersucht.

Studien, die sich großer Datenbanken bedienen und so Daten vieler Patienten zusammenfassen, mögen, soweit die Stichprobe populationsrepräsentativ gewählt worden ist, zu Ergebnisse kommen, die insgesamt verallgemeinerbar sind.

Dies ist jedoch bei Studien, die spezifische Patientengruppen betrachten, nicht möglich.

Einige der vorgestellten Untersuchungen beziehen sich ausschließlich auf Säuglinge [36, 52, 61, 70, 71]. Auch bei den Studien zu Ausbrüchen ist dies auffällig [23, 65, 66, 70].

Andere Autoren betrachten Patientengruppen, bei denen spezielle medizinische Eingriffe vorgenommen worden sind. Dang et al. [48] untersuchten Patienten nach einer abdominalen Aortenchirurgie, Amaravadi et al. [35] Patienten nach Ösophagektomie.

Häufig werden Intensivstationspatienten, unabhängig von der Art ihrer Erkrankung beobachtet, manche Autoren betrachten aber auch Patienten auf Normalstationen [50, 54]. Jede dieser Patientengruppen zeichnet sich durch spezifische Charakteristika, zum Beispiel bezüglich der Schwere der Erkrankung, erhaltener Medikation, etc. aus.

Ergebnisse von Studien, in denen der Einfluss solcher populationsspezifischen Besonderheiten nicht kontrolliert wird, können deshalb nur eingeschränkt auf andere Patienten übertragen werden.

Weiterhin ist auch zu berücksichtigen, dass das Hygieneverhalten des Personals zwischen verschiedenen medizinischen Stationen variieren kann. Auf Intensivstationen oder neonatalen Stationen unterscheiden sich sowohl das Patientengut als auch die Richtlinien zu Hygienevorkehrungen von Normalstationen. Auch dieser Faktor ist bei der Erfassung nosokomialer Infektionen auf verschiedenen Stationen zu berücksichtigen.

### *Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen nosokomialen Infektionen und dem Pflegepersonal-Patienten-Verhältnis*

In der durchgeführten Untersuchung konnte kein Zusammenhang zwischen der Stationsbesetzung und der Rate nosokomialer Infektionen allgemein gefunden werden. Wird aber eine Untergruppe der nosokomialen Infektionen, die primäre Sepsis, betrachtet, ergibt sich hier ein signifikanter Zusammenhang mit dem Pflege-Patienten-Verhältnis.

Nur zwei der angegebenen Studien untersuchen einen Zusammenhang zwischen Pflege-Patienten-Verhältnis und nosokomialen Infektionen im Allgemeinen. In der Untersuchung von Hugonnet et al. [55] vermindert ein Anstieg des Pflege-Patienten-Verhältnisses um eine Einheit das Risiko für eine NI um mehr als 30%. Die Autoren schätzen anhand Ihrer Ergebnisse, dass 26,7% aller auf Intensivstationen erworbenen Infektionen vermieden werden könnten, wenn 24-stündig ein Pflege-Patienten-Verhältnis von  $>2.2$  aufrechterhalten würde. Archibald et al. [66] untersuchten im Rahmen eines Ausbruchs von *Serratia marcescens* auf einer pädiatrischen Intensivstation den Zusammenhang zwischen der monatlichen Rate von NI und der monatlichen Pflegepersonalstunden/ Patiententag- Rate. Zwischen letzteren fand sich eine negative Korrelation.

Der Großteil der analysierten Studien beschränkte sich auf eine Unterart der nosokomialen Infektionen.

Robert et al. [37] beobachteten Fälle primärer Sepsis, Saxena und Panhotra [60] untersuchten Hepatitis C- Infektionen, mehrere andere Studien beschränkten sich auf MRSA [21, 36, 53, 65, 68, 72].

Mehrere der angegebenen Studien fanden einen Zusammenhang zwischen Pflege-Patienten-Verhältnis und einzelnen Arten von nosokomialen Infektionen:

### *Harnwegsinfektionen*

Harnwegsinfektionen sind die zweithäufigste Art nosokomialer Infektionen, ihr Anteil an allen Infektionen wird mit 8-35% angegeben [9, 77, 87, 88]. Blegen et al. [50] wiesen nach, dass das Risiko für Harnwegsinfektionen bei erhöhtem RN-Anteil gesenkt war. Die Studie von Kovner und Gergen [56] unterstützt dieses Ergebnis, genau so wie Needleman et al. [59], die zusätzlich zeigten, dass niedrigere Raten von Harnwegsinfektionen mit einem erhöhten Anteil von RN-Stunden einhergingen. Das Risiko für eine Harnwegsinfektion zeigte sich hier um 9% reduziert, wenn der Anteil von RNs am Pflegepersonalbestand gesteigert wurde.

Sujjantararat et al. [62] fanden einen negativen Zusammenhang zwischen Harnwegsinfektionen und Stationsbesetzung, allerdings keinen Zusammenhang zwischen Harnwegsinfektionen und RN-Anteil.

Unruh [63] konnte keinen Zusammenhang zwischen dem Anteil an licensed nurses (LN) am Pflegepersonal und Harnwegsinfektionen finden.

### *Pneumonien*

Einen Zusammenhang zwischen niedrigen Raten von Pneumonien und erhöhtem RN-Anteil wiesen Needleman et al. [59] nach. In dieser Studie bedeutete ein höherer Anteil von RNs eine Reduktion der Pneumoniefälle um 6%.

Ein vergleichbares Ergebnis zeigte die Untersuchung von Cho et al. [51]. Die Autoren zeigten, dass eine Erhöhung des Anteils von RNs am Pflegepersonal um 10% mit einem um 9,5% gesenktem Risiko, an einer Pneumonie zu erkranken, assoziiert war. Ein Anstieg um eine RN-Stunde am Anteil der Pflege pro Patiententag bewirkte ein um 8,9% gesenktes Risiko für Pneumonie.

Auch Unruh [63] bestätigte solchartige Ergebnisse. In ihrer Studie zeigten Krankenhäuser mit einem höheren Anteil an LN signifikant niedrigere Pneumonieraten.

Einen weniger eindeutigeren Zusammenhang zeigte sich in der großen Multicenterstudie von Lichtig et al. [58], in der 1.575 Krankenhäuser untersucht worden waren. Hier waren Zusammenhänge zwischen RN-Anteil



und Pneumonie nur in zwei der vier Datensätze zu finden, und in diesen hingen sie zudem von den Daten einiger weniger Krankenhäuser ab.

Amaravadi et al. [35] stellten fest, dass Patienten nach Ösophagektomie eine Pneumonie wahrscheinlicher entwickelten, wenn das Nachtpflegekraft-Patienten-Verhältnis <1:2 war.

### *Primäre Sepsis*

Die von uns gefundene negative Assoziation zwischen primärer Sepsis und Pflege-Patienten-Verhältnis wird auch durch andere Studien bestätigt.

Fridkin et al. [69] fanden in ihrer Untersuchung eines Ausbruchs von Fällen von primärer Sepsis nach ZVK-Anlage eine temporäre Assoziation zwischen der Anzahl von Infektionen und dem Patienten/ Pflege- Verhältnis, mit einer Schwelle, über welcher die Anzahl an Infektionen über dem endemischen Niveau lag. Es ist also möglich, dass eine kritische Schwelle für die Personalbesetzung existiert, bei deren Unterschreitung eine optimale Patientenversorgung schwierig ist und in der erhöhte Infektionsraten und ein suboptimaler Umgang mit „devices“ bestehen.

Alonso-Echanove et al. [49] wiesen als einen unabhängigen Risikofaktor für eine ZVK-assoziierte Sepsis eine vorwiegende Betreuung der Patienten in der Zeit, in der sie einen ZVK trugen, durch stationsfremdes Pflegepersonal nach. Hingegen fanden sie keinen Zusammenhang zwischen dem Pflege-Patienten-Verhältnis und dem Risiko für primäre Sepsis nach ZVK-Anlage. Diese Studie zeichnet sich besonders positiv durch ihr prospektives Design und ihre Risikoanpassung aus.

Robert et al. [37] zeigten, dass Patienten, die eine primäre Sepsis entwickelten, ein signifikant niedrigeres Pflege-Patienten-Verhältnis bezüglich „ständigem Personal“ und ein höheres Pflege-Patienten-Verhältnis in Bezug auf „zusätzliches“ Personal hatten. Eine Aufnahme während eines Zeitraums, in dem der Anteil des zusätzlichen Personals erhöht war, konnte als Risikofaktor für eine primäre Sepsis bestimmt werden.

Dass eine größere Anzahl von RN-Stunden das Risiko für eine primäre Sepsis senkt, zeigten Cimiotti et al. [52].

Hingegen konnten Whitman et al. [64] keinen Zusammenhang zwischen der Rate von Fällen ZVK-assoziiertes Sepsis und dem Anteil gearbeiteter Stunden pro Patiententag feststellen.

*Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen nosokomialen Infektionen und dem Pflegepersonal-Patienten-Verhältnis: Zusammengefasste Ergebnisse (Tabelle 12)*

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass die in Tabellen 12 a-c aufgeführten Ergebnisse jeweils nur Teilaspekte der eigentlichen Studien darstellen. Wie in anderen Teilen der Diskussion erörtert, werden häufig von den Autoren nur signifikante Zusammenhänge genannt, während möglicherweise nicht signifikante Ergebnisse nicht weiter ausgeführt und teilweise nicht einmal erwähnt werden.

In den Untersuchungen zu Ausbrüchen zeigt sich ein sehr deutlicher negativer Zusammenhang zwischen nosokomialen Infektionen und dem Pflege-Patienten-Verhältnis, der in Studien zur endemischen Situation nicht so eindeutig ausfällt. Ein Erklärungsansatz ist, dass Studien zu Ausbrüchen dann durchgeführt werden, wenn auf der Station bzw. im Krankenhaus bereits ein Problem aufgetreten ist, d.h. in diesem Falle, nosokomiale Infektionen vermehrt aufgetreten sind, und bereits ein Verdacht, dass das Pflege-Patienten-Verhältnis hiermit zusammenhängen könnte, besteht.

Bei den bakteriellen Infektionskrankheiten ist auffällig, dass hier nahezu alle Kohortenstudien einen negativen Zusammenhang mit dem Pflege-Patienten-Verhältnis zeigen, während dies bei den ökologischen Studien nur bei etwas mehr als der Hälfte der Fall ist. Besonders für die bakterielle Infektion Sepsis sticht der Unterschied zwischen in den Ergebnissen der beiden Studiendesigns hervor: fanden sämtliche fünf Kohortenstudien negative Zusammenhänge, war dies bei den drei ökologischen Studien bei keiner einzigen der Fall. Unsere Studie, ebenfalls eine Kohortenstudie, zeigte auch einen negativen Zusammenhang zwischen primärer Sepsis und dem Pflege-Patienten-Verhältnis und ist somit im Ergebnis im Einklang mit den übrigen

Kohortenstudien. Anzumerken ist, dass zwei der drei ökologischen Studien, die keinen Zusammenhang fanden, den Anteil an registered nurses (RN) betrachten, während dies bei den Kohortenstudien nur in einem Fall geschieht (Cimiotti et al., [52]) und hier auch nur auf einer der zwei untersuchten Stationen ein Zusammenhang gefunden werden kann. Das Ergebnis ist also hier auch nicht eindeutig. Es ist durchaus möglich, dass hier die Erfassung des RN-Anteils einen Einfluss auf die gefundenen Ergebnisse besitzt und es zeigt sich, wie schwierig ein Vergleich von Studien ist, die das Pflege-Patienten-Verhältnis auf verschiedene Weisen definieren.

Für Pneumonie hingegen ergibt sich in beiden Studienarten ein einheitliches Ergebnis. In beiden ist diese Art der nosokomialen Infektion mit dem Pflege-Patienten-Verhältnis assoziiert und es findet sich ein negativer Zusammenhang in jeder einzelnen betrachteten Studie. In der eigenen Untersuchung konnte das in der vorliegenden Literatur so konstante Ergebnis nicht bestätigt werden.

Die erfolgte semiquantitative Zusammenfassung birgt Probleme, deren Hauptaspekte hier erörtert werden sollen:

Exemplarisch für die Problematik der Zusammenfassung der unterschiedlichen Ergebnisse in einer Tabelle ist die Studie von Sujjantararat et al. [62]. In dieser erfassen die Autoren unterschiedliche Variablen (z.B. Stationsbesetzung und RN-Anteil) und finden für die unterschiedlichen Variablen problematischer Weise auch einen unterschiedlichen (negativen bzw. keinen) Zusammenhang mit NI. In einem solchen Falle wurde nur die Variable berücksichtigt, die der Definition des Pflege-Patienten-Verhältnisses in der eigenen Untersuchung am ähnlichsten war, hier also die Stationsbesetzung und nicht der RN-Anteil. Wird hingegen in einer anderen Studie ausschließlich der RN- oder der LN-Anteil erhoben, musste ein diesbezüglicher Zusammenhang der Vollständigkeit halber auch in die Ergebnisse mit aufgenommen werden.

Besonders zu erwähnen ist, dass in einigen Studien die Zuordnung der Ergebnisse erschwert war. So werden beispielsweise in der Untersuchung

von Dang et al. [48] zwar Sepsis und Pneumonie als einzelne Variablen erhoben, für ihren Zusammenhang mit dem Pflege-Patienten-Verhältnis werden Signifikanzwerte aber nur für übergeordnete Kategorien angegeben: so wird Sepsis in eine Kategorie mit Nierenversagen und anderem zusammengefasst, Pneumonie in eine Kategorie von respiratorischen Komplikationen, zu der auch Variablen wie künstliche Beatmung oder Lungenversagen gehörten. Signifikanzen werden allein für die übergeordneten Kategorien angegeben. Dementsprechend kann bei vorhandenem signifikantem Zusammenhang der übergeordneten Kategorie mit Stationsbesetzung nicht zwangsweise auf einen Zusammenhang der untergeordneten Variable (Sepsis bzw. Pneumonie) mit der Stationsbesetzung geschlossen werden. Das dies dennoch in Tabelle 12 geschehen ist, ist mit der Notwendigkeit einer Einordnung zu erklären, methodisch ist dies aber nicht optimal.

Es sei nochmals explizit darauf hingewiesen, dass die in den Tabellen 12 a-c vorgelegte Zusammenfassung keine quantitativ-summative in der Art einer Metaanalyse sein kann, dies ist unter der gegebenen Literaturlage, mit unterschiedlichen Definitionen bzw. unterschiedlichen Studiendesigns nicht möglich. Die Tabelle soll hingegen nur einen Überblick über die in der Arbeit diskutierten Ergebnisse liefern, für ein Verständnis der Tabelle ist aber die Kenntnis der in der Diskussion abgehandelten Punkte unerlässlich und es soll hiermit eindringlich auf diese verwiesen werden.

#### *Unterschiedliche Erfassung des Pflegepersonal-Patienten-Verhältnisses*

Will man unterschiedliche Studien zum Zusammenhang zwischen Pflege-Patienten-Verhältnis und nosokomialen Infektionen untersuchen, findet sich ein weiteres Problem in den unterschiedlichen Arten der Erfassung des Pflege-Patienten-Verhältnisses. Wie aus den Tabellen 13 und 14 ersichtlich, gehen unterschiedliche Autoren hierbei auf teilweise völlig unterschiedliche

Weisen vor. Eine standardisierte operationale Definition existiert bislang nicht.

Zwar ist die – auch von uns benutzte - Definition des Pflege-Patienten-Verhältnisses als Anzahl an Pflegekräften geteilt durch Anzahl an Patienten generell am häufigsten anzufinden, aber auch sie mag nur eingeschränkt in der Lage sein, die dynamischen Aspekte der Pflegepersonalbesetzung zu erfassen. Wir standardisierten daher nochmals über das ‚Soll‘, das heißt die Anzahl der Pflegekräfte, die auf Station anwesend sein sollten.

Das Pflege-Patienten-Verhältnis kann zwischen den unterschiedlichen Arbeitsschichten stark variieren. Dieser Aspekt wird in der Errechnung des Pflege-Patienten-Verhältnis in unserer Studie berücksichtigt. Auch Hugonnet et al. [55] berücksichtigen (allerdings stellt dies eine Ausnahme unter den Untersuchungen dar) wie wir, dass das Pflege-Patienten-Verhältnis in unterschiedlichen Schichten unterschiedlich stark sein kann und berechneten dementsprechend ein 24-Stunden Pflege-Patienten-Verhältnis, für das die gesamte Zahl arbeitender Pflegekräfte in 24 Stunden durch die Anzahl der Patienten in denselben 24 Stunden geteilt wurde. Auch Alonso-Echanove et al. [49] berücksichtigt dieses Problem.

Robert et al. [37] berechnen zum Beispiel den Mittelwert des Verhältnisses aus allen drei Schichten. Andere Autoren berechnen das monatliche Pflegestunden/ Patiententage- Verhältnis [66] oder geben nur die Verhältnisse während der Nachtschicht an [35]. Der Hintergrund einer Betrachtung der Personalbesetzung während der Nacht mag in der gesteigerten Bedeutung des Pflegepersonals für die Gesundheit der Patienten zu dieser Zeit zu finden sein. Zumeist ist eine Nachtschicht im Vergleich zum Tagdienst mit weniger Pflegekräften besetzt, und auch die Anzahl anderer Arbeitskräfte wie Ärzte ist zu dieser Zeit stark reduziert.

### *Unteresetzung*

Noch größere Probleme bereitet der Vergleich von Studien, in denen Unteresetzung oder Arbeitsbelastung anstelle des Pflege-Patienten-

Verhältnisses festgehalten wird. Hier divergieren die Operationalisierungen noch stärker.

Flood und Diers [54] verglichen zwei Normalstationen miteinander, um die Bedeutung verschiedener Arten von Stationsbesetzung auf unterschiedliche Komplikationen bei Patienten, die Aufenthaltslänge auf der Station und andere Variablen zu untersuchen. Eine der Stationen war nach den krankenhauseigenen Definitionen in den vorangegangenen sechs Monaten unterbesetzt gewesen, die andere nicht. Ein „staffing workload index“ wurde zur Sammlung der Personaldaten verwendet. Dieser berücksichtigte die Pflegebedürftigkeit der Patienten pro Schicht und Station und die Anzahl an vorhandenen Pflegekräften. Anhand dieser Daten wurde die Unterbesetzung der einen Station überprüft.

Grundmann et al. [21] sprachen von Unterbesetzung sobald die durchschnittlichen Anzahl von Pflegepersonal pro Schicht dividiert durch die tägliche Bettenbelegung einen Quotienten  $<1$  ergab.

Eine Untersuchung von Goldmann et al. [43], die darauf abzielte, Risikofaktoren für den Ausbruch nosokomialer Infektionen bei Säuglingen aufzudecken, gab zum Beispiel nur an, dass von den zwei untersuchten Einrichtungen eine schlechter besetzt war. Es wurden zwar absolute Zahlen der dort arbeitenden Pflegekräfte angegeben, ein relatives Verhältnis wird aber nicht berechnet. Aus diesem Grunde wurde diese Studie von uns nicht mit in die Übersicht einbezogen.

### *Arbeitsbelastung*

Manche Studien berücksichtigten auch die Arbeitsbelastung. So erfassten Dancer et al. [53] die wöchentliche Arbeitsbelastung des Personals durch eine Multiplikation der Patienten auf der Intensivstation während einer bestimmten Woche mit ihrem Pflegebedürfnis (kategorisiert in drei Gruppen). Farrington et al. [68] nutzten das GRASP workload-System, um die Arbeitsbelastung der Pflegekräfte während sechs gehäuften Ausbrüchen von MRSA zu vergleichen.

Haley et al. [36] ermittelten Arbeitsbelastung nicht auf Stationsniveau, sondern individuumsspezifisch. Die Stärke der Arbeitsbelastung durch jeden Säugling wurde mit Hilfe des GRASP-Systems ermittelt, und hieraus die durchschnittliche Anzahl an benötigten Pflegestunden pro Kind errechnet. Das tägliche Verhältnis von Arbeitsbelastung zu Personalbesetzung wurde pro ITS errechnet, indem die benötigten Pflegestunden der Nachtschicht durch die insgesamt gearbeiteten Stunden in dieser Schicht geteilt wurden.

In unserer Studie wurden zur Ermittlung des Pflege-Patienten-Verhältnisses die Daten der täglichen Bettenauslastung und die Anzahl des anwesenden Pflegepersonals auf den jeweiligen Intensivstationen festgehalten. Zur Absicherung wurden die Daten zur Besetzung der Stationen mit Pflegepersonal noch einmal mit dem offiziellen Dienstplan abgeglichen. Es war uns dennoch nicht möglich, den exakten Pflegeaufwand, der jedem einzelnen Patienten zuteil wurde, zu erfassen. Uns ist auch keine Studie von ähnlichem Umfang bekannt, die dies getan hätte. Hierfür müsste festgehalten werden, wie lange jede einzelne Pflegekraft mit jedem einzelnen Patienten beschäftigt wäre, dies wäre nur möglich durch sehr aufwändige Maßnahmen wie Videoüberwachung, externe Beobachter oder Fragebogenerhebungen, die für das Pflegepersonal mit erheblichem Zeitaufwand verbunden wären.

Giraud et al. [41] operationalisierten Arbeitsbelastung wiederum anders. Die Autoren untersuchten im Rahmen einer prospektiven Beobachtungsstudie das Auftreten iatrogenen Komplikationen auf zwei Intensivstationen und deren Zusammenhang mit der Arbeitsbelastung des Pflegepersonals. Insgesamt wurden die Daten von 382 Patienten aus zwei Intensivstationen unterschiedlicher Krankenhäuser in Frankreich erhoben. Die Stärke der Arbeitsbelastung wurde vom Pflegepersonal selbst bei jedem Schichtwechsel angegeben (Kategorien: gering, normal, hoch, extrem hoch). Zusätzlich wurde dieselbe Bewertung auch für die Patienten vergeben. Die gesamte Arbeitsbelastung durch einen Patienten wurde als Summe aller während seines Aufenthaltes festgehaltenen Werte definiert. Die Autoren fanden einen Zusammenhang zwischen hoher oder extrem hoher Arbeitsbelastung und einem erhöhten Risiko für schwere iatrogene Komplikationen ( $p < 0.0001$ ). Eine Erfassung von Arbeitsbelastung, die auf den subjektiven Angaben des Pflegepersonals beruht, ist völlig anderer Natur als objektiv festgehaltene

Daten. Bei der subjektiven Einschätzung müssen andere, möglicherweise verzerrende, Einflüsse angenommen werden. So mag die Wahrnehmung einer hohen Arbeitsbelastung stark von der Persönlichkeit der Pflegekräfte aber auch von ihrer aktuellen persönlichen Situation (private Belastung etc.), Unzufriedenheit mit der Arbeitssituation, Wahrnehmung der eigenen Kompetenz, Erinnerungsverzerrung und vielen anderen Faktoren beeinflusst worden sein. Eine Vergleichbarkeit der Daten ist nicht gewährleistet, und diese Studie wurde deshalb von uns nicht berücksichtigt.

Ein weiteres Problem bei der Erfassung der Personalbesetzung liegt in der Art und Weise wie mit der Maßeinheit im Rahmen der Analyse verfahren worden ist. Einige Studien stellen dichotomisierte Kategorien für das Pflege-Patienten-Verhältnis auf, andere betrachten das Pflege-Patienten-Verhältnis als kontinuierliche Variable. Eine Dichotomisierung mag teilweise durchgeführt worden sein, weil die Messungen eine ungenügend große Varianz aufwiesen, oder ein linearer Zusammenhang zwischen den multiplen Expositionsniveaus und dem Outcome nicht gefunden werden konnte. Problematisch bei einer Unterteilung zwischen niedrigem und hohem Pflege-Patienten-Verhältnis ist die Setzung des cut-off Wertes. Es existiert bislang kein Wert, dessen Gültigkeit uneingeschränkt akzeptiert wäre [89].

#### *Länge des Untersuchungszeitraums*

Die Länge des Erhebungszeitraumes der Daten variierte erheblich zwischen den Studien. Ein Zeitraum von 12 Monaten wurde von mehreren Autoren untersucht [21, 50, 51, 59], unsere Untersuchung erstreckte sich über 18 Monate, manche Untersuchungen betrachten etwa 24 Monate [49, 52]. Verständlicher Weise können prospektive Studien, zu denen auch unsere Studie zählt, selten genauso lange Zeiträume betrachten wie retrospektive Studien. Bei sehr langen Perioden werden deshalb häufig vorhandenen Datenmengen retrospektiv analysiert. Kovner et al. [57] untersuchten Daten von sechs Jahren. Hugonnet et al. [55] verwendeten die Daten eines einzelnen Krankenhauses zur Untersuchung eines ähnlich langen



Zeitraumes, genauso wie Saxena und Panhotra [60] und Grundmann et al. [21]. Der kürzeste Untersuchungszeitraum lag bei drei Monaten [54].

Die Studien, die sich mit einer Untersuchung eines Ausbruchs beschäftigen, beobachten meist nur den Zeitraum des vermehrten Auftretens der nosokomialen Infektion und vergleichen ihn mit Daten vor bzw. nach dem Ausbruch. Der Untersuchungszeitraum ist bei diesen Studien entsprechend kurz. Die Vergleichbarkeit von Studien zur endemischen Situation und solchen zu Ausbrüchen ist dementsprechend eingeschränkt und die Studien wurden hier deshalb getrennt voneinander betrachtet.

Es ist in Erwägung zu ziehen, dass, bei der Erfassung des Pflege-Patienten-Verhältnis über einen sehr langen Zeitraum hinweg, die Verwendung einer einzelnen, festgelegten Messmethode möglicherweise unangemessen sein könnte. Darüber hinaus produziert die Übertragung einer aggregierten Messweise, die auf Stationsebene angesetzt worden ist, einen Bias, wenn sie auf die Ebene des Patienten übertragen wird. Eine Aggregation von Daten wird in einem gewissen Ausmaß immer eine bestehende Variation zwischen den Patienten einer Station verschleiern. Es ist deshalb besonders auf die Studien hinzuweisen, die einen unabhängigen Effekt zwischen Pflege-Patienten-Verhältnis und nosokomialen Infektionen auch dann noch fanden, wenn die Einflüsse anderer Variablen kontrolliert wurden [49, 55].

#### *Verzerrende Störgrößen (Confounder)*

Wichtig ist weiterhin, dass der Einfluss von unkontrollierten, oder nicht erfassten verzerrenden Störgrößen nicht unterschätzt wird. Der Einfluss, den „devices“ möglicherweise haben können, wurde oben diskutiert. Multicenterstudien müssen weiterhin sicherstellen, dass die Vergleichbarkeit zwischen den Intensivstationen (das Pflege-Patienten-Verhältnis ausgeschlossen) gewährleistet ist. In der praktischen Anwendung müssen entscheidende Unterschiede in möglichen verzerrenden Störgrößen, die mit dem Pflege-Patienten-Verhältnis sowie mit der Entstehung nosokomialer Infektionen assoziiert sind, in der Analyse der Daten berücksichtigt werden.

Möglicher Weise ist neben der Betrachtung des Pflege-Patienten-Verhältnis, auch die Betrachtung der Ärzte relevant [90].

In Krankenhäusern mit einem vergleichsweise hohen Anteil an Ärzten und einem niedrigen Anteil an Pflegepersonal würde ein gefundener Zusammenhang zwischen Pflege-Patienten-Verhältnis und nosokomialen Infektionen in die falsche Richtung gedeutet werden. Auch wenn dies in den beschriebenen Studien nicht der Fall gewesen sein mag, sollte beachtet werden, dass ein Versäumnis der Analyse des Anteils an Ärzten als verzerrende Störgröße zu berücksichtigen ist.

Außerdem sollte der Einfluss, den andere Mitarbeiter im Krankenhaus auf Patienten ausüben, nicht unterschätzt werden. Interdisziplinäre Zusammenarbeit ist vor allem bei der Behandlung von schwer kranken Patienten auf Intensivstationen unerlässlich. In manchen US-amerikanischen Krankenhäusern könnte eine Einsparung bei den normalen Pflegekräften mit einem Einsatz an zusätzlichem, besonders spezialisiertem, Intensivstationspersonal kompensiert worden sein.

Stationen unterscheiden sich auch bezüglich der Arbeitsverteilung zwischen den Angestellten. Will man aber zusätzlich auch das besonders spezialisierte Personal in die Analyse einbeziehen, steht man vor neuen methodischen Problemen vor allem bezüglich der Quantifizierbarkeit der Leistung. Deshalb wird dieser Einfluss häufig vernachlässigt.

Im Allgemeinen besteht das Pflegepersonal eines Krankenhauses bzw. einer Station aus Angestellten mit unterschiedlich langer Erfahrung im klinischen Alltag. In der Praxis schlagen sich solche Unterschiede häufig in den Dienstplänen nieder. So wird häufig versucht, ein gleich bleibendes Kompetenzniveau auf der Station aufrechtzuerhalten. Dementsprechend mag das Auffinden eines statistisch nicht signifikanten Einflusses des Pflege-Patienten-Verhältnis auf die Rate nosokomialer Infektionen an einer vereinfachten Art und Weise der Erhebung der Stationsbesetzung liegen.

### *Ausbildungsniveau des Pflegepersonals*

Ein besonderes Problem beim Vergleich der angegebenen Studien besteht in der Unterscheidung von „registered nurses“ von anderem Pflegepersonal. Registered nurses sind eine Eigenart des US-amerikanischen Gesundheitswesens, und tauchen dementsprechend häufig in US-amerikanischen Studien auf.

In den USA teilen sich die im Krankenhaus beschäftigten Pflegekräfte in mehrere Gruppen auf [91]. Es gibt einerseits „registered nurses“ (RNs) und „licensed practical nurses“ (LPNs), die beide eine staatliche Prüfung in dem Bundesstaat abgelegt haben, in dem sie beschäftigt sind, und als „licensed nurses“ (LNs) zusammengefasst werden können, andererseits gibt es so genannte „nurse aides“ (NAs).

RNs kümmern sich um die Bedürfnisse des Patienten, erstellen Pflegepläne und verabreichen Medikamente und Behandlungen, LPNs führen, unter der Aufsicht der RNs, spezielle pflegerische Aufgaben aus. „Nurse aides“ hingegen führen typischerweise Aufgaben aus, für die keine Spezialisierung erforderlich ist und übernehmen eher die allgemeinen, weniger komplizierten Pflegeaufgaben. Alle drei Gruppen haben aber direkten Kontakt mit dem Patienten.

Die Ausbildung zur RN läuft über drei mögliche Wege. Es gibt Ausbildungsprogramme, die zwei (associate degree program), drei (diploma program) oder vier Jahre (baccalaureate degree program) dauern. Ungefähr ein Drittel aller registered nurses besitzt einen Bachelorabschluss, 7,6% aller Pflegekräfte haben höhere akademische Abschlüsse (Master oder Doktorwürde). LPNs erhalten ein 12 bis 18-monatiges Training, das sich auf technische Pflegeaufgaben konzentriert. Nurses´ aides besitzen keine staatliche Lizenz, können aber einen höheren Status erhalten (certified nurse aide or nurse assistant, CNA), indem sie spezielle Fertigkeiten bezüglich der Anforderungen in ihren spezifischen Positionen unter Beweis gestellt haben.

In vielen anderen Ländern existieren keine Unterschiede zwischen den Ausbildungsniveaus der Pflegekräfte. Eine Unterscheidung in „registered

nurses“, „licensed practical nurses“ oder andere ist deshalb nicht notwendig. Allerdings kann schon aufgrund möglicher regionaler Unterschiede in der Ausbildung und der Aufgabenverteilung des Pflegepersonals eine Übertragung der Ergebnisse eines Landes auf ein anderes nur eingeschränkt möglich sein.

Viele der angeführten Studien betrachten anstelle des Pflege-Patienten-Verhältnisse den Anteil an RNs an allen Pflegekräften oder den Anteil an durch RNs durchgeführten Pflegestunden.

Needleman et al [59] betrachten das Verhältnis Stundenanzahl aller Pflegekräfte/ Patiententage. Dieselbe Definition benutzen auch Kovner und Gergen sowie Blegen et al. in ihren Untersuchungen. Diese Autoren halten zusätzlich die Anzahl an RN-Pflegestunden bezüglich der Patiententage fest: Stundenanzahl von RNs/ Patiententage [50, 56, 59]. Dieses Verhältnis wird häufig auch als RN-Stunden bezeichnet. Außerdem wird zusätzlich auch der Anteil, den RN-Stunden an allen Pflegestunden haben ermittelt: RN-Stunden/ alle Pflegestunden [56, 58, 59].

Sujjantararat et al. [62] berechnen die Stationsbesetzung, indem die durchschnittliche Anzahl an Pflegestunden pro Tag durch die durchschnittliche Anzahl an Patienten pro Tag geteilt wurde. Einzelne Autoren halten aber beispielsweise die Anzahl der RN-Pflegestunden pro Tag fest [52].

Fridkin et al. [69] messen in ihrer Untersuchung zu Risikofaktoren eines Ausbruchs von primärer Sepsis das monatliche Patienten/ RN- Verhältnis. Andere Studien betrachten alle Pflegestunden pro adjustiertem Patiententag [58]. Kovner et al. [57] und Unruh [63] fassen RNs und LPNs zusammen und berechnen deren Anteil pro adjustiertem Patiententag, während andere Autoren ausschließlich den Anteil an RNs betrachten [50, 51, 56, 58, 59].

Es herrscht also sichtliche Uneinigkeit in der Art der Erfassung des Anteils, den einzelne Untergruppen des Pflegepersonals an der Arbeit leisten. Eine Vergleichbarkeit ist schon innerhalb der US-amerikanischen Studien, die diesen Aspekt mit einbeziehen, schwierig. Dass eine Übertragung auf andere (z.B. europäische) Länder noch einmal Verzerrungen hervorrufen wird, ist

ersichtlich. Es ist aber festzuhalten, dass der Hauptteil des deutschen Pflegepersonals am ehesten mit registered nurses gleichzusetzen ist. Einen vergleichsweise kleinen Anteil dürften hierzulande die Pflegekräfte ausmachen, die einen Ausbildungsgrad aufweisen, der etwa dem der LPNs vergleichbar ist. Eine Berufsgruppe der speziellen Pflegekräfte-Zuarbeiter, wie sie das amerikanische System produziert, gibt es in Deutschland aber nicht. Im weiteren Sinne könnten hierzu möglicherweise noch Medizinstudenten gezählt werden, die in Deutschland nicht selten als sogenannte „Extrawachen“ im pflegerischen Bereich auf Stationen eingesetzt werden.

Die Ergebnisse divergieren nicht nur bezüglich der unterschiedlichen Erfassungsarten, auch sind die wissenschaftlichen Funde in Bezug auf den Einfluss des Anteils der RNs auf die Entstehung nosokomialer Infektionen nicht einheitlich.

Es stellt sich die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen dem Pflege-Patienten-Verhältnis und der Entstehung nosokomialer Infektionen auch vom Ausbildungsniveau der Pflegekräfte abhängig ist.

Einige Studien untersuchten den Zusammenhang zwischen dem Ausbildungsniveau der Pflegekräfte und nosokomialen Infektionen. Alonso-Echanove et al. [49] unterscheiden zwischen „ständigem“ Pflegepersonal, solches das permanent für die Intensivstation zugeteilt war, und „zusätzlichem“, d.h. Pflegepersonal, welches bei Bedarf aus einem Pflegepersonalreservoir des Krankenhauses oder aus Agenturen hinzugezogen wurde. Als zum „zusätzlichen“ Pflegepersonal gehörend wurde jeder eingeteilt, der auf der betreffenden Station weniger als ein Jahr gearbeitet hatte. Die Autoren konnten nachweisen, dass eine vorwiegende Betreuung durch „zusätzliches“ Pflegepersonal in der Zeit, in der die Patienten einen ZVK trugen, einen unabhängigen Risikofaktor für eine ZVK-assoziierte Sepsis darstellt.

Ein ähnliches Ergebnis erhielten Robert et al. [37], die zeigten, dass bei Patienten, die eine primäre Sepsis entwickelten, die Aufnahme auf die Station wahrscheinlicher zu einem Zeitpunkt stattgefunden hatte, zu dem die

Station mit weniger regulärem Intensivstationspersonal, dafür aber mit mehr „zusätzlichem“ Pflegepersonal arbeitete. Die Definition des „zusätzlichen“ Pflegepersonals war weitestgehend identisch mit der von Alonso-Echanove et al.

Hugonnet et al. [55] konnten hingegen keinen Zusammenhang zwischen dem Ausbildungsniveau der Pflegekräfte und nosokomialen Infektionen finden. Sie erklären ihr Ergebnis mit der Tatsache, dass auf den von Ihnen untersuchten Intensivstationen ausschließlich ausgebildete Fachkräfte, bzw. solche in der Ausbildung, beschäftigt waren. Es kamen keine so genannten „Springer“ zum Einsatz, wie es in oben angegebenen Studien der Fall war. Ein möglicherweise vorhandener Zusammenhang wäre in einer solchen Untersuchungssituation nur sehr schwer nachzuweisen gewesen.

Blegen et al. [50] fanden in ihrer Untersuchung ein vermindertes Risiko für Atem- und Harnwegsinfektionen bei einem erhöhtem Anteil an registered nurses. Sie berichten allerdings auch, dass in einem Analysemodell der RN-Anteil einen negativen Zusammenhang mit Komplikationen aufwies, welcher allerdings nicht statistisch signifikant wurde. Interessanterweise war das Verhältnis zwischen RN-Anteil und Komplikationen bei Blegen nicht linear. Mit einem Zuwachs des RN-Anteils fiel die Rate der Komplikationen zunächst bis zu 87,5% ab. Über diesem Niveau führte eine Steigerung des RN-Anteils aber zu einem Anstieg der Komplikationen.

Auch bei Cho et al. [51] war ein Anstieg des Anteils an RNs mit einer Verbesserung von Patientenvariablen verbunden. Ein Anstieg um eine RN-Stunde/ Patiententag (7,3h im Vergleich zu 6,3h) führte zu einer um 8,9% gesenkten Pneumonie-Wahrscheinlichkeit. Bei Anstieg des RN-Anteils um 10% zeigte sich eine um 9,5% geringere Wahrscheinlichkeit für Pneumonien. Die Ergebnisse von Cimiotti et al. [52] sind uneinheitlich. Auf einer Säuglingsstation konnte ein Zusammenhang zwischen einem Zuwachs in der Anzahl der RN-Pflegestunden pro Tag und einem vermindertem Risiko für primäre Sepsis festgestellt werden, auf der anderen untersuchten Station war solch ein Zusammenhang nicht feststellbar.

Kovner und Gergen [56] zeigten, dass die Rate an Pneumonie und Harnwegsinfektionen bei höherem RN-Anteil an Pflegekräften reduziert war. Die Autoren stellen weiterhin fest, dass ein Anstieg von 0,5 Stunden,

gearbeitet von hochausgebildetem Pflegepersonal (registered nurses) pro Patient zu einer Reduktion des Risikos für Pneumonie um 4,2% führen würde.

In der Studie von Needleman et al. [59] war die Rate der Harnwegsinfektionen um 9% reduziert, wenn der Anteil von RNs am Pflegepersonalbestand gesteigert wurde. Ein höherer Anteil von RNs bedeutete außerdem eine Reduktion der Pneumoniefälle um 6%.

In unserer Studie war es nicht möglich, genaue Informationen über den Anteil speziell ausgebildeter Pflegekräfte pro Tag zu erhalten. Auf den von uns untersuchten Intensivstationen waren zwar vor allem Pflegekräfte im Einsatz, die in einer zweijährigen Zusatzausbildung speziell auf die besonderen Bedingungen einer Intensivstation hin ausgebildet worden waren. Einige andere Angehörige des Pflegepersonals hatten diese spezielle Zusatzausbildung aber nicht. Sichergestellt werden konnte indes aber, dass während des Untersuchungszeitraums auch in unserer Studie keine Hilfskräfte, „Extrawachen“ bzw. ungeschultes Pflegepersonal auf den untersuchten Intensivstationen eingesetzt waren.

Grundsätzlich ist hier noch in Erwägung zu ziehen, dass nicht alle Arten nosokomialer Infektionen gleichermaßen als vom Ausbildungsniveau der Pflegekräfte beeinflussbar zusammenhängen könnten. Eine Zusammenfassung nosokomialer Infektionen von unterschiedlichen Infektionsorten (z.B. Sepsis nach ZVK bzw. Harnwegsinfekt nach –katheter) zu einem Outcome, wie z.B. bei Hugonnet et al. [55], könnte hier mögliche vorhandene Effekte verschleiern.

#### *Angaben zum optimalen Pflege-Patienten-Verhältnis*

Nur einige wenige Studien machen Angaben zu einem optimalen Pflege-Patienten-Verhältnis. Fridkin et al. 1996 [69] fanden, dass eine Reduktion des Pflege-Patienten-Verhältnisses von 1:1 auf 1:2 das Risiko für Katheterverursachte Sepsis erhöht. Garfield et al. [92] untersuchten den

Zusammenhang von unterschiedlichen Outcomes und der Stationsbesetzung auf einer Station für Schwerkranke und fanden, dass ein Pflege-Patienten-Verhältnis von 1:2 unzureichend sei. Sie empfahlen ein Verhältnis von 2:3.

Hugonnet et al. [55] schätzen, dass auf der von ihnen untersuchten Intensivstation 26,7% aller Infektionen hätten vermieden werden könnten, wenn das PPV konstant bei  $>2,2$  gelegen hätte.

Weissman et al. [47] kommen in ihrer Untersuchung des Zusammenhangs von hoher Arbeitsbelastung mit Raten an Komplikationen bei Patienten (adverse events) zu dem Schluss, dass ein 0,1%iger Anstieg des Patient/Pflegekraft-Verhältnisses zu einem Anstieg der Rate an Komplikationen um 28% führt. Infektionen machten einen großen Anteil dieser Kategorie aus.

Die oben angegebenen Studien von Alonso-Echanove et al. [49] und Robert et al. [37] kommen aus den USA. Im US-amerikanischen, (minder ausgeprägt) auch im kanadischen Gesundheitswesen besteht die Strategie, im Rahmen von Restrukturierungsmaßnahmen mit dem Ziel der Kostenreduktion minder qualifiziertes Fremdpersonal, entweder aus einem Pflegepersonalreservoir des Krankenhauses oder aus Fremdagenturen, einzusetzen. Dies soll eine größere kurzfristige Planungssicherheit bewirken. Solch eine Strategie haben deutsche Krankenhäuser (bislang) nicht. Insofern sind hier viele Aspekte der obigen Studien nicht auf deutsche Standards übertragbar.

#### *Andere negative Konsequenzen eines niedrigen Pflegepersonal-Patienten-Verhältnisses*

Der Großteil der vorhandenen Studien unterschätzt den positiven Einfluss, den eine hohe Stationsbesetzung auf die Patienten hat, denn es wird meist nur der Zusammenhang des Pflege-Patienten-Verhältnis mit einer bzw. wenigen Variablen untersucht. Bekannt sind aber eine Vielzahl negativer Konsequenzen eines niedrigen Pflege-Patienten-Verhältnisses unter anderem auf:



Mortalität [31, 32, 93, 94], Länge des stationären Aufenthalts [54, 59, 95], Fehlmedikationen [50], Decubiti [50, 63], verlängerte Abhängigkeit von künstlicher Beatmung [96], gastrointestinale Blutungen [59], Nadelstichverletzungen [97] und postoperative Komplikationen wie Embolien oder Thrombosen [56] bzw. vor allem kardiale oder pulmonale Komplikationen wie Myokardinfarkt, Herzversagen, Aspiration und Lungenödem [33, 35, 48, 59, 98].

Die angeführten Auswirkungen, die sich ein niedriges Pflege-Patienten-Verhältnis bewirken kann, beziehen sich auf den Patienten. Konsequenzen ergeben sich aber auch für das Pflegepersonal.

In einer großen internationalen Studie fanden Aiken et al. [99] eine Assoziation von einem unzulänglichen Pflegepersonalbestand mit burnout-Symptomen und der Unzufriedenheit mit den Arbeitsbedingungen. Das Pflegepersonal in Krankenhäusern mit einem hohen Patienten/Pflegepersonal-Verhältnis war doppelt so häufig körperlich und seelisch ‚ausgebrannt‘ (burnout) und nahezu doppelt so häufig unzufrieden mit ihren Arbeitsbedingungen, wie das Pflegepersonal in Krankenhäusern mit einem niedrigen Patienten/ Pflegepersonal-Verhältnis. Diese Ergebnisse unterstrichen Aiken et al. [100] in einer weiteren Studie. Jeder zusätzliche Patient führte zu einem 23%-en Anstieg den Symptomen eines Burnouts, einem 15%-en Anstieg der Unzufriedenheit mit den Arbeitsbedingungen und einem 7%-en Anstieg der Mortalität des Patienten. Rafferty et al. bestätigen die Ergebnisse, dass ein niedriges Pflege-Patienten-Verhältnis zu Burnout, Unzufriedenheit und Minderung in der Qualität der Pflege führen kann [94].

### *Mögliche systematische Verzerrungen*

Eine Übersichtsarbeit wie die vorliegende unterliegt Bedingungen, die zu systematischen Verzerrungen führen können. Diese liegen in Einflüssen begründet, die zum Teil vom Verfasser nicht beeinflusst werden können, zum Teil aber auf diesen zurückgeführt werden können.

Der wahrscheinlich wichtigste Einfluss geht vom Publikationsbias aus. Hierunter ist die von Wissenschaftlern gezeigte Tendenz zu verstehen, Studien, die die Überlegenheit einer Therapie belegen (statistische Signifikanz), bevorzugt und schneller zu publizieren, als Studien, die keinen Wirksamkeitsnachweis erbringen [101]. Dementsprechend werden auch Studien, in denen kein Zusammenhang aufgezeigt werden konnte, häufig nicht veröffentlicht. Da sich die vorliegende Übersichtsarbeit auf den aktuellen Stand publizierter Studien bezieht, ist insofern auch von einem Einfluss des Publikationsbias auszugehen.

In Zusammenhang mit dem publication bias steht auch das Problem fehlender Information (missing data, missing values). Häufig werden von den Autoren gewisse Daten nicht veröffentlicht. Dies ist besonders bei nicht signifikanten Zusammenhängen oft der Fall (z.B. Whitman et al. [64]). Weiterhin werden nicht signifikante Ergebnisse innerhalb von Studien von Autoren teilweise nicht oder nur am Rande berichtet. Auch in den hier aufgeführten Studien werden signifikante Unterergebnisse häufig stark betont, während andere Zusammenhänge nur am Rande erwähnt werden oder nur aus den angegebenen Daten abzulesen sind. Da nosokomiale Infektionen in einigen Studien nur ein Nebenoutcome waren, ist es möglich, dass in Bezug auf das Endergebnis der Studie signifikante Ergebnisse genannt wurden, die für das Unterergebnis nosokomiale Infektionen aber nicht näher spezifiziert wurden.

Auch die Sprache, in der eine Studie veröffentlicht wird, hat entscheidenden Einfluss auf ihre Berücksichtigung in Übersichtsarbeiten. Mangelnde Beachtung von nicht in englischer Sprache publizierten Studien wird als Sprachbias bezeichnet. Der absolut überwiegende Anteil der Publikationen (>97%), die in den im Rahmen dieser Übersichtsarbeit durchsuchten Datenbanken MEDLINE und EMBASE gefunden wurden, waren englischsprachig. Da auch die deutlich überwiegende Mehrheit der vereinzelt nicht englischsprachigen Studien anhand ihres Abstracts auf ihre Aussage und Relevanz hin überprüft werden konnten, ist ein Einfluss des Sprachbias in der vorliegenden Übersicht als gering einzuschätzen.

Ein weiteres Problem für die Berücksichtigung in Übersichtsarbeiten stellt der retrieval bias dar. Unter diesem versteht man das Problem der unvollständigen Identifizierung von relevanten Publikationen in Datenbanken. Der Autor versuchte diesem Problem durch eine breit angelegte Suchstrategie in zwei, sich ergänzenden Datenbanken, jeweils mit vielen Suchbegriffen und Suchkombinationen (wie im Methodenteil angegeben), weitestgehend zu entgehen, ein dennoch verbliebener retrieval bias ist aber nicht auszuschließen.

Die dargestellten Zusammenfassungen der Studien zum Thema können nicht auf alle, in der jeweiligen Studie berücksichtigten Aspekte eingehen. Es soll hier nur eine Übersicht über vorhandene Literatur gegeben werden. Viele der aufgeführten Studien berücksichtigen neben dem Einfluss des Pflege-Patienten-Verhältnis auf nosokomiale Infektionen noch weitaus mehr Variablen. Vorliegende Ausführungen beschränken sich jedoch im Wesentlichen auf die für das Thema relevanten Aspekte. Es werden weiterhin zum größten Teil signifikante Ergebnisse berichtet, obwohl der Autor bemüht war, im Einzelfall auch auf nicht signifikante Ergebnisse hinzuweisen.

Da aufgrund der unterschiedlichen Studiendesigns eine metaanalytische Auswertung des aktuellen Forschungsstandes nicht möglich ist, werden gefundene Zusammenhänge nur semiquantitativ (Tabelle 12) zusammengefasst. Eine quantitative Beurteilung der Studien, wie sie in Form einer Metaanalyse geschehen könnte, ist wegen der unterschiedlichen Designs, Operationalisierungen und erfassten Variablen nicht sinnvoll. Da somit die einzelnen Befunde nicht zu einem rein quantitativen Ergebnis integriert werden können, wird, wie mehrfach erklärt, in vorliegender Arbeit ein Überblick gegeben.

### *Ausblick*

Deutschland sieht sich, wie fast alle anderen westlichen Länder, einer sinkenden Zahl des Pflegepersonals gegenüber [102, 103]. Dieses Phänomen wird, wenn keine tief greifenden strukturellen Änderungen vollzogen werden, bestehen bleiben. Die Gründe sind im Folgenden zu sehen:

Es wird prognostiziert, dass es im Pflegedienst in den nächsten drei bis fünf Jahren einen gravierenden Mangel an qualifizierten Arbeitskräften geben wird [104]. Nach Schätzungen existiert in deutschen Krankenhäusern schon länger ein Zusatzpflegepersonalbedarf von rund 10.000 Fachkräften [102].

Für die USA wird erwartet, dass im Jahre 2020 die Anzahl von arbeitendem Pflegepersonal 20% unterhalb des benötigten Wertes liegen wird [105]. Für Kanada wird erwartet, dass im Jahre 2011 ein Mangel von 59.000 bis 113.000 Pflegekräften bestehen werden wird [106]. Auch der Rest Europas sieht sich diesem Problem ausgesetzt. In Großbritannien fehlen schon heute 30.000 Mitarbeiter im Gesundheitswesen, in Frankreich 25.000 und in der Schweiz 6.000 [107].

Es ist jedoch nicht so, dass bei Bedarf schnell durch einfache Maßnahmen wie gesteigerte Einstellungszahlen gegengesteuert werden könnte. Denn gleichzeitig zu oben angegebenen Entwicklungen nimmt die Anzahl der Bewerbungen für Pflegeberufe sowie die Eignung der Bewerber auf freie Stellen in Deutschland ab. Innerhalb von zwei Jahren ist der Anteil der Einrichtungen, die keine geeignete Bewerbung für die Besetzung einer Stelle ausmachen konnten, von 10,1% auf 21,1% gestiegen [30]. Prognostisch wird von den Befragten, falls nicht gegengesteuert wird, mit einem weiteren Rückgang der Quantität und Eignung der Bewerber und Auszubildenden auch aufgrund qualifikatorischer Voraussetzungen gerechnet.

Zusätzlich dazu verfolgen die meisten Krankenhäuser unter dem Druck, Kosten einzusparen, Restrukturierungsmaßnahmen, die mit Änderungen in der Anzahl und der Zusammensetzung des Pflegepersonals einhergehen.

Intensivstationen in Deutschland müssen bereits mit deutlich geringerer Personalkapazität betrieben werden [25]. Eine Einbuße in der Qualität ist hiermit unvermeidlich.

Konsequenzen ergeben sich somit auch für das Pflegepersonal. Am Beispiel einer schweizerischen Intensivstation konnten Jakob et al. [108] zeigen, wie sehr die Arbeitsbelastung in den letzten zwei Dekaden zugenommen hat. Dies zeigt Folgen: ein Zusammenhang zwischen unzulänglichem Pflegepersonalbestand und burnout-Symptomen und der Unzufriedenheit mit den Arbeitsbedingungen konnte gezeigt werden [99, 100]. Jeder zusätzliche Patient führt zu einem Anstieg der burnout-Symptome um 23% und der Unzufriedenheit um 15% [100]. Die Tatsache, dass Überstunden auch in den Pflegeberufen immer mehr zum Usus werden, wird also wahrscheinlich zur steigenden Anspannung dieser Situation führen.

Ein Umschwenken der Politik und ein Gegensteuern gegen die Einsparungen im Gesundheitssystem sind unerlässlich, wenn eine optimale Patientenversorgung auch weiterhin gewährleistet werden soll. Ökonomische Lösungen allein werden aber nicht ausreichen, um dieser Krise zu begegnen. Es müssen mehr Ausbildungsstellen geschaffen werden, Anreize für Arbeitssuchende oder zukünftige Auszubildende geschaffen werden, die Arbeitssituation innerhalb der Krankenhäuser muss verbessert werden und es müssen neue Stellen entstehen.

Die Bezahlung der Arbeitskräfte macht mehr als die Hälfte der operativen Kosten in einem Krankenhaus aus [27], obwohl die Gehälter des Pflegepersonals seit den 1990, zumindest in den USA, nicht mehr beträchtlich gewachsen sind [105]. Unter dem Druck, Kosten einsparen zu müssen, verfolgen die meisten Krankenhäuser Restrukturierungsmaßnahmen, die als eines der Hauptziele das Pflegepersonal betrifft. Ein häufiger Ansatz in Krankenhäusern in den USA, in Kanada und in Großbritannien ist es, in der betreffenden Tätigkeit weniger erfahrene Pflegekräfte, hinzugezogen aus anderen Abteilungen oder aus Fremdagenturen, einzusetzen.

In Deutschland werden häufig, wie oben erörtert, vorhandene Stellen nicht wieder besetzt oder Stellen gekürzt. Im Krankenhauswesen kann hochgerechnet von bundesweit über 12.000 offenen Stellen ausgegangen werden [30], die vor allem aus betriebswirtschaftlichen Gründen nicht wieder besetzt werden dürfen. Da die Bettenzahlen jedoch nicht in entsprechendem Maße verringert werden, resultiert hier ein Mangel an Pflegepersonal, der sich in einem verschlechterten Pflege-Patienten-Verhältnis niederschlägt.

Die Konsequenzen eines geringen Verhältnisses von Pflegepersonal zu Patient wurden in Bezug auf das Entstehen nosokomialer Infektionen in vorliegender Arbeit ausführlich erörtert.

Mit dieser empirischen Beweislage, und in Anbetracht des allgemeinen Mangels an Pflegepersonal, müssen noch viele Fragen bezüglich der Kosten-Nutzen-Evaluation, der optimalen Stationsbesetzung und Ausbildungsverhältnissen auf der Station und der Förderung von Pflegeberufen geklärt werden.

Obwohl die Stationsbesetzung eine zentrale Bedeutung für die Sicherheit der Patienten besitzt, sollte zusätzlich zum aktuellen Problem der Unterbesetzung von Stationen auch die Wichtigkeit anderer, oben diskutierter Faktoren, wie Arbeitsmarkt, Arbeitsorganisation und Pflegeprozess beachtet werden.