

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der Studie

3.1.1 Ergebnisse für das Outcome alle nosokomialen Infektionen

Insgesamt wurden innerhalb des 18-monatigen Untersuchungszeitraums 1.876 Patienten auf den beobachteten Intensivstationen behandelt. Diese Patienten wurden über insgesamt 28.498 Patiententage verfolgt und ihre Daten registriert.

341 Patienten wiesen eine nosokomiale Infektion auf (Tabelle 5). Der prozentuale Anteil von auf den Stationen an NI Erkrankten (Inzidenz) an allen Patienten variierte zwischen 9,6% (Station E) und 29,2% (Station A).

Die Spannweite der NI- Inzidenzdichte, also der Anzahl von NI bezogen auf 1.000 Patiententage, reichte von 8,3 (CI 5,8; 12,1 Station E) bis zu 25,2 (CI 19,1; 33,3 Station A). Errechnet wurde jeweils das 95%-Konfidenzintervall (mit CI abgekürzt).

Tabelle 5: Allgemeine Anzahl und entsprechender Prozentsatz an nosokomialen Infektionen pro Station

ITS	nosokomiale Infektion				Inzidenzdichte			Gesamt
	nein	[%]	ja	Inzidenz [%]	CI			
A	121	70,8	50	29,2	25,2	19,1	33,3	171
B	331	77,5	96	22,5	24,7	20,3	30,2	427
C	513	81,4	117	18,6	16,8	14,1	20,2	630
D	306	86,0	50	14,0	10,2	7,8	13,5	356
E	264	90,4	28	9,6	8,3	5,8	12,1	292
Gesamt	1.535	81,8	341	18,2	16,2	14,6	18,0	1.876

CI: 95% Konfidenzintervall

Inzidenzdichte: Anzahl von NI bezogen auf 1.000 Patiententage

In Tabelle 6 werden die Patienten mit einer nosokomialen Infektion den Patienten ohne nosokomiale Infektion gegenübergestellt. Patienten mit nosokomialer Infektion waren signifikant älter als die Patienten ohne nosokomiale Infektion ($p < 0,001$). Die Geschlechterverteilung war in beiden Gruppen vergleichbar. Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation bei Patienten ohne nosokomiale Infektion war von ähnlicher zeitlicher Länge wie die durchschnittliche Dauer von der Aufnahme bis zur Diagnosestellung jeglicher Art von nosokomialer Infektion bei betroffenen Patienten.

Patienten mit nosokomialer Infektion hatten signifikant höhere SAPS II-Werte zum Aufnahmezeitpunkt auf die Intensivstation ($p < 0,001$).

Der Prozentsatz an Patienten, die zum Aufnahmedatum eine Infektion aufwiesen, war in beiden Gruppen ähnlich.

Tabelle 6: Gegenüberstellung von Patienten mit und ohne nosokomiale Infektion: insgesamt 1.876 Patienten von fünf Intensivstationen

Patientendaten	nosokomiale Infektion (n=341)	keine nosokomiale Infektion (n=1.535)	p-Wert
Alter (Mittelwert)	60,6	56,2	<0,001*
Weibliches Geschlecht n (%)	153 (44,9)	611 (39,8)	0,09°
Patiententage unter Risiko (Mittelwert)#	10,8	11,3	0,5*
SAPS II-Wert bei Aufnahme	44,4	33,2	<0,001*
Infektion bei Aufnahme n (%)	69 (20,2)	291 (19,0)	0,59°

* t-Test

° chi²-Test

durchschnittlicher Aufenthalt auf der ITS von Patienten ohne nosokomiale Infektion und durchschnittliche Dauer von Aufnahme bis Diagnose von nosokomialer Infektion bei Patienten mit nosokomialer Infektion

In Tabelle 7 werden die Ergebnisse der univariaten Analyse und der Cox-Regressionsanalyse dargestellt. Weder in der univariaten Analyse, noch in der Cox-Regressionsanalyse ließ sich ein Einfluss des Pflege-Patienten-Verhältnisses oder der Stationsbesetzung allein auf die Anzahl aufgetretener nosokomialer Infektionen ausweisen.

Für den Einsatz zentraler Venenkatheter (festgehalten in der Anzahl an Tagen, in denen dieser eingesetzt wurde; eingeteilt in 3 Kategorien) konnte jedoch sowohl in der univariaten als auch in der multivariaten Analyse ein Einfluss auf NI festgestellt werden.

Die Hazard-Rate für Patienten ohne zentralen Venenkatheter lag bei 0,47 (CI 0,25; 0,87). Dies bedeutet, dass an 100 Patiententagen ohne den Einsatz eines zentralen Venenkatheters eine nosokomiale Infektion an 0,47 Tagen auftritt. Um dies zu berechnen, wurden 2.142 Patiententage von Patienten, die während ihres Aufenthaltes auf der Intensivstation zu keinem Zeitpunkt einen zentralen Venenkatheter bekommen hatten, ausgewertet. 10 dieser Patienten erkrankten an einer nosokomialen Infektion (diese Zahl wird in Tabelle 5 nicht aufgeführt). Die Hazard-Rate für Patienten, die zeitweise einen zentralen Venenkatheter hatten, betrug 0,57 (CI 0,42; 0,78), und die Hazard-Rate für solche Patienten, die ihn während ihres gesamten Stationsaufenthalts behielten, lag bei 2,45 (CI 2,18; 2,74).

Die Hazard-Ratio der Patienten der Kategorie 2 zu Kategorie 1 (zentraler Venenkatheter an einigen Patiententagen versus Venenkatheter an keinem Patiententag) war 1,22 (CI 0,61; 2,44), und die Hazard-Ratio für Kategorie 3 zu Kategorie 1 (zentraler Venenkatheter an allen Patiententagen versus Venenkatheter an keinem Patiententag) lag bei 5,24 (CI 2,79; 9,84).

Die Cox-Regressionsanalyse wurde für zwei Modelle durchgeführt: im Modell 1 wurde das Pflege-Patienten-Verhältnis betrachtet, im Modell 2 die Stationsbesetzung allein. Für die invasive Maßnahme zentraler Venenkatheter ergab sich aus beiden Regressionen eine Hazard-Ratio von 3,2 ($p < 0,001$). Alle Ergebnisse waren in beiden untersuchten Modellen sehr ähnlich.

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

Für das untersuchte Merkmal SAPS II-Wert ergab sich in der univariaten Analyse ein positiver Zusammenhang mit NI, der sich in der Cox-Regressionsanalyse aber in eine leicht negative Assoziation verkehrte (Modell 1: Hazard-Ratio 0,9, $p=0,04$; Modell 2: Hazard-Ratio 0,9, $p=0,05$).

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

Geplante Operationen sowie bestehende Infektion (zum Zeitpunkt der Aufnahme auf die Station) waren sowohl in der univariaten als auch in der multivariaten Analyse negativ mit NI assoziiert.

Für die Variable Operation als Notfall ließ sich kein signifikanter Zusammenhang feststellen.

Die Hazard-Raten der fünf untersuchten Intensivstationen unterschieden sich leicht. In der Cox-Regressionsanalyse wurde die Hazard-Ratio immer in Bezug auf die Intensivstation mit dem geringsten Wert angegeben (Station E). Im Vergleich mit der Station E war die Hazard-Ratio im Cox-Regressionsmodell für alle anderen Stationen signifikant größer als 1.

Tabelle 7: Ergebnisse der univariaten und der Cox-Regressionsanalyse für das Outcome nosokomiale Infektion (Modell 1: Pflege-Patienten-Verhältnis, Modell 2: Stationsbesetzung)

	Tage unter Risiko	Univariate Analyse						Cox Regression Modell 1		Cox Regression Modell 2			
		Hazard-Rate			Hazard-Ratio			Hazard-Ratio	p-Wert	Hazard-Ratio	p-Wert		
			95% CI		95% CI		95% CI						
Pflege-Patienten-Verhältnis													
Kategorie 1	3.767	2,04	1,63	2,56	1			0,95	0,3				
Kategorie 2	5.620	1,48	1,19	1,83	0,72	0,53	0,99						
Kategorie 3	6.635	1,39	1,13	1,70	0,68	0,50	0,92						
Kategorie 4	5.036	1,77	1,44	2,18	0,86	0,64	1,17						
Stationsbesetzung													
Kategorie 1	4.824	1,82	1,48	2,25	1			1,0	0,9				
Kategorie 2	5.853	1,50	1,22	1,85	0,82	0,61	1,11						
Kategorie 3	5.774	1,40	1,13	1,74	0,77	0,57	1,04						
Kategorie 4	4.607	1,82	1,47	2,26	1,00	0,74	1,35						
ZVK													
Pat. ohne ZVK	2.142	0,47	0,25	0,87	1			3,2	<0,001	3,2	<0,001		
Pat. mit ZVK >0,< 100% der Tage	7.021	0,57	0,42	0,78	1,22	0,61	2,44						
Pat. mit ZVK an 100% der Tage	11.895	2,45	2,18	2,74	5,24	2,79	9,84						
HWK													
Pat. ohne HWK	1.826	0,44	0,22	0,88	1			2,1	<0,001	2,1	<0,001		
Pat. mit HWK >0,< 100% der Tage	5.339	0,69	0,50	0,96	1,58	0,74	3,40						
Pat. mit HWK an 100% der Tage	13.893	2,13	1,90	2,39	4,86	2,41	9,82						

	Tage unter Risiko	Univariate Analyse						Cox Regression Modell 1		Cox Regression Modell 2	
		Hazard-Rate			Hazard-Ratio			Hazard-Ratio	p-Wert	Hazard-Ratio	p-Wert
			95% CI		95% CI		95% CI				
Intubation											
Pat. ohne Tubus	6.011	0,82	0,62	1,08	1						
Pat. mit Tubus >0, < 100% der Tage	10.282	0,95	0,78	1,16	1,17	0,83	1,65	3,1	<0,001	3,1	<0,001
Pat. mit Tubus an 100% der Tage	4.765	4,07	3,54	4,69	4,99	3,65	6,83				
Alter											
0 - 44	5.476	1,08	0,83	1,39	1			1,2	0,003	1,2	0,003
45 - 59	5.561	1,53	1,24	1,89	1,42	1,02	1,98				
60 - 69	5.285	1,84	1,50	2,24	1,70	1,23	2,35				
>70	4.736	2,11	1,74	2,57	1,96	1,42	2,70				
SOFA-Wert (*)											
Kategorie 1	3.224	0,87	0,60	1,26	1			1,2	0,003	1,2	0,004
Kategorie 2	5.216	0,69	0,50	0,96	0,80	0,49	1,30				
Kategorie 3	6.274	1,88	1,57	2,25	2,17	1,43	3,27				
Kategorie 4	6.344	2,51	2,15	2,93	2,89	1,93	4,31				
SAPS II-Wert bei Aufnahme											
Kategorie 1	3.361	0,77	0,53	1,14	1			0,9	0,04	0,9	0,05
Kategorie 2	4.297	1,61	1,27	2,03	2,08	1,32	3,26				
Kategorie 3	5.772	1,73	1,42	2,11	2,24	1,46	3,45				
Kategorie 4	7.628	1,91	1,63	2,25	2,47	1,63	3,76				
Dialyse											
nein	14.634	1,69	1,50	1,92	1			0,6	0,003	0,6	0,003
ja	6.424	1,45	1,18	1,77	0,85	0,67	1,08				

	Tage unter Risiko	Univariate Analyse						Cox Regression Modell 1		Cox Regression Modell 2	
		Hazard-Rate			Hazard-Ratio			Hazard-Ratio	p-Wert	Hazard-Ratio	p-Wert
			95% CI		95% CI						
Operation (geplant)											
nein	9.207	1,96	1,69	2,26	1			0,8	0,02	0,8	0,03
ja	11.851	1,36	1,16	1,59	0,70	0,56	0,86				
Operation (als Notfall)											
nein	15.853	1,54	1,36	1,74	1			0,9	0,5	0,9	0,5
ja	5.205	1,86	1,53	2,27	1,21	0,96	1,53				
Infektion bei Aufnahme											
nein	14.086	1,93	1,71	2,17	1			0,5	<0,001	0,5	<0,001
ja	6.972	0,99	0,78	1,25	0,51	0,39	0,67				
ITS											
A	1.984	2,52	1,91	3,33	3,03	1,91	4,81	2,4	0,001	2,4	0,001
B	3.881	2,47	2,03	3,02	2,97	1,95	4,52	3,3	<0,001	3,3	<0,001
C	6.947	1,68	1,41	2,02	2,02	1,34	3,05	3,0	<0,001	3,1	<0,001
D	4.885	1,02	0,78	1,35	1,23	0,77	1,95	1,9	0,008	1,9	0,008
E	3.361	0,83	0,58	1,21	1						

* für 45 Patienten waren keine SOFA-Werte verfügbar

CI: 95% Konfidenzintervall

Pat.: Patient

ZVK: zentraler Venenkatheter

HWK: Harnwegkatheter

ITS: Intensivstation

3.1.2 Ergebnisse für das Outcome primäre Sepsis im Rahmen der Studie

Während des 18-monatigen Untersuchungszeitraums wurden auf den fünf Intensivstationen in insgesamt 25 Fällen eine primäre Sepsis diagnostiziert. In Tabelle 8 ist die Verteilung der Fälle von primärer Sepsis über die Stationen dargestellt.

87,5% der Fälle von primärer Sepsis wurden auf zwei der fünf Intensivstationen diagnostiziert, und zwar waren dies neun Fälle auf Station A und 12 Fälle auf Station C. Da die übrigen Stationen (B, D, E) nur jeweils einen bis maximal zwei Fälle von primärer Sepsis aufwiesen, wurden zur Untersuchung nur die Daten der 801 Patienten (insgesamt 21.058 Patiententage) der Stationen A und C verwandt - hier traten insgesamt 21 Fälle primärer Sepsis auf.

Die Inzidenzdichte primärer Sepsis, auf Patiententage bezogen, lag auf Station A bei 3,35 (CI 1,69; 6,25) und auf Station C bei 1,28 (CI 0,73; 2,26). Die Daten zur Stationsbesetzung, Pflege-Patienten-Verhältnis und primäre Sepsis werden für die beiden untersuchten Stationen in Tabelle 9 wiedergegeben.

Tabelle 8: Allgemeine Anzahl und entsprechender Prozentsatz an primärer Sepsis pro Station

ITS	primäre Sepsis				Inzidenzdichte primäre Sepsis			Patienten gesamt
	nein	[%]	ja	Inzidenz [%]	CI			
A	162	94,7	9	5,3	3,25	1,69	6,25	171
B	426	99,8	1	0,2	0,20	0,03	1,44	427
C	618	98,1	12	1,9	1,28	0,73	2,26	630
D	354	99,4	2	0,6	0,31	0,08	1,25	356
E	291	99,7	1	0,3	0,24	0,03	1,69	292
Gesamt	1.851	98,7	25	1,3	0,90	0,61	1,34	1.876

CI: 95% Konfidenzintervall; Inzidenzdichte: Anzahl von NI bezogen auf 1.000 Patiententage

Tabelle 9: Stationsbesetzung, Pflege-Patienten-Verhältnis (PPV) und primäre Sepsis für die beiden untersuchten Stationen A und C

	PK*/ Bett	PK*/ Patient	PPV°	Fälle von primärer Sepsis	Sepsis/ 1000 Patiententage (CI 95)
ITS A	1,56	1,35	0,88	9	3,35 (1,69 – 6,25)
ITS C	1,38	1,38	0,92	12	1,28 (0,73 – 2,26)

*PK: Pflegekräfte

°im Rahmen der Studie entwickelt

Patienten mit primärer Sepsis unterschieden sich nicht von Patienten ohne primäre Sepsis hinsichtlich ihres mittleren Alters, der Geschlechterverteilung, der Anzahl an bestehenden Infektionen zum Zeitpunkt der Aufnahme auf die Intensivstation oder hinsichtlich der durchschnittlichen Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation (Patienten ohne primäre Sepsis) bzw. durchschnittlichen Länge des Aufenthaltes bis zur Diagnose der primären Sepsis (Patienten mit primärer Sepsis).

Dagegen hatten Patienten mit einer primären Sepsis signifikant höhere SAPS II-Werte zum Zeitpunkt der Aufnahme als Patienten ohne die Erkrankung (Tabelle 10).

Tabelle 10: Basischarakteristika von den 801 Patienten der Intensivstationen A und C - Vergleich von Patienten mit primärer Sepsis mit Patienten ohne primäre Sepsis

Patientendaten	primäre Sepsis (n=21)	keine primäre Sepsis (n=780)	p-Wert
Alter (Mittelwert)	56,6	61,6	0,2*
Weibliches Geschlecht n (%)	7 (33,3)	284 (36,4)	0,8°
Patiententage unter Risiko (Mittelwert)#	16,9	15,1	0,6*
SAPS II-Wert bei Aufnahme	52,1	38,4	0,001*
Infektion bei Aufnahme (%)	8 (38,1)	192 (24,6)	0,16°

* t-Test

° chi²-Test

durchschnittlicher Aufenthalt auf der ITS von Patienten ohne Sepsis und durchschnittliche Dauer von Aufnahme bis Diagnose von Sepsis bei Patienten mit Sepsis

Die Ergebnisse der univariaten Analyse und der Cox-Regressionsanalyse sind in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Ergebnisse der univariaten Analyse und der Cox-Regressionsanalyse bezüglich des Outcomes primäre Sepsis (Modell 1: Pflege-Patienten-Verhältnis, Modell 2: Stationsbesetzung)

	Tage unter Risiko	Univariate Analyse						Cox-Regression Modell 1		Cox-Regression Modell 2	
		Hazard-Rate			Hazard-Ratio			Hazard-Ratio	p-Wert	Hazard-Ratio	p-Wert
			95% CI			95% CI					
Pflege-Patienten-Verhältnis											
Kategorie 1	2.082	0,34	0,16	0,71	1			0,61	0,04		
Kategorie 2	3.563	0,20	0,09	0,41	0,58	0,21	1,67				
Kategorie 3	3.537	0,11	0,04	0,30	0,34	0,10	1,15				
Kategorie 4	2.944	0,10	0,03	0,32	0,30	0,08	1,17				
Stationsbesetzung											
Kategorie 1	3.343	0,15	0,06	0,36	1			0,77	0,25		
Kategorie 2	2.736	0,15	0,05	0,39	0,50	0,16	1,53				
Kategorie 3	2.934	0,27	0,14	0,55	0,48	0,14	1,58				
Kategorie 4	3.113	0,13	0,05	0,34	0,50	0,15	1,67				
ZVK											
Pat. ohne ZVK oder mit ZVK an >0,<100% der Tage	6.602	0,02	0,00	0,11	1			21,82	0,005	25,19	0,003
Pat. mit ZVK an 100% der Tage	5.524	0,36	0,23	0,56	23,90	3,21	178,10				
HWK											
Pat. ohne HWK	1.321	0,08	0,01	0,54	1			0,87	0,83	0,91	0,88
Pat. mit HWK >0,< 100% der Tage	3.805	0,13	0,01	0,32	1,74	0,20	14,86				
Pat. mit HWK an 100% der Tage	7.000	0,21	0,01	0,36	2,83	0,37	21,43				

	Tage unter Risiko	Univariate Analyse						Cox-Regression Modell 1		Cox-Regression Modell 2	
		Hazard-Rate			Hazard-Ratio			Hazard-Ratio	p-Wert	Hazard-Ratio	p-Wert
			95% CI			95% CI					
Intubation											
Pat. ohne Tubus	2.538	0,16	0,06	0,42	1			1,23	0,47	1,15	0,72
Pat. mit Tubus >0, < 100% der Tage	6.401	0,09	0,04	0,21	0,60	0,17	2,11				
Pat. mit Tubus an 100% der Tage	3.187	0,35	0,19	0,62	2,19	0,70	6,88				
Alter											
0 – 44	2.594	0,27	0,13	0,57	1			0,74	0,17	0,72	0,15
45 – 59	3.468	0,06	0,01	0,23	0,21	0,04	1,03				
60 – 69	3.244	0,31	0,17	0,57	1,14	0,44	3,00				
>70	2.820	0,07	0,02	0,28	0,26	0,06	1,27				
SOFA-Wert											
Kategorie 1	1.432	0,14	0,03	0,56	1			1,97	0,04	2,09	0,03
Kategorie 2	3.021	0,03	0,00	0,23	0,24	0,02	2,61				
Kategorie 3	3.864	0,16	0,07	0,35	1,11	0,22	5,51				
Kategorie 4	3.809	0,32	0,18	0,55	2,26	0,51	10,08				
SAPS II-Wert											
Kategorie 1	3.988	0,10	0,04	0,27	1			1,35	0,72	1,38	0,23
Kategorie 2	3.313	0,24	0,12	0,48	2,41	0,73	8,00				
Kategorie 3	4.825	0,19	0,10	0,36	1,86	0,57	6,04				
Dialyse											
nein	5.965	0,20	0,11	0,35	1			0,21	0,01	0,19	0,006
ja	6.161	0,15	0,08	0,28	0,73	0,31	1,72				

	Tage unter Risiko	Univariate Analyse						Cox-Regression Modell 1		Cox-Regression Modell 2	
		Hazard-Rate			Hazard-Ratio			Hazard-Ratio	p-Wert	Hazard-Ratio	p-Wert
			95% CI			95% CI					
Operation (geplant)											
nein	5.903	0,24	0,14	0,40	1			0,33	0,04	0,38	0,08
ja	6.223	0,11	0,05	0,24	0,47	0,19	1,18				
Operation (als Notfall)											
nein	11.282	0,18	0,11	0,27	1			0,15	0,09	0,14	0,08
ja	8.44	0,12	0,02	0,84	0,69	0,09	4,98				
Infektion bei Aufnahme											
nein	7.672	0,17	0,10	0,29	1			0,55	0,26	0,57	0,27
ja	4.454	0,18	0,09	0,36	1,06	0,44	2,56				
ITS											
A	2.767	0,33	0,17	0,63	2,53	1,07	6,02	3,42	0,03	3,38	0,03
C	9.359	0,13	0,07	0,23	1						

CI: 95% Konfidenzintervall

Pat.: Patient

ZVK: zentraler Venenkatheter

HWK: Harnwegkatheter

ITS: Intensivstation

Die Hazard-Ratio des Pflege-Patienten-Verhältnisses lag in der Cox-Analyse signifikant unter 1. Das bedeutet, dass Patienten mit einem durchschnittlich höheren Pflege-Patienten-Verhältnis pro Tag weniger Fälle von primärer Sepsis erlebten. Dieser Zusammenhang zeigte sich sowohl in der univariaten als auch in der multivariaten Analyse.

In der Kategorie 1 (niedrigstes Quartil des durchschnittlichen Pflege-Patienten-Verhältnisses auf jeder Station) gab es an den untersuchten 2.082 Patiententagen sieben Fälle von primärer Sepsis (Rate 0,34). In Kategorie 2 traten auf 3.563 Patiententage ebenfalls sieben Fälle primärer Sepsis auf (Rate 0,20). In Kategorie 3 kamen auf 3.537 Patiententage vier (Rate 0,11) und in Kategorie 4 auf 2.944 Patiententage drei Fälle von primärer Sepsis (Rate 0,10).

Die univariaten Hazard-Ratios betragen 0,58 (CI 0,21; 1,67) für Kategorie 2 versus Kategorie 1, 0,34 (CI 0,10; 1,15) für Kategorie 3 versus Kategorie 1 und für Kategorie 3 versus Kategorie 1 0,30 (CI 0,08; 1,17). In den durchgeführten Trendtests betrug die Rate-Ratio für einen Anstieg von einer Kategorie im durchschnittlichen Pflege-Patienten-Verhältnis 0,61 (CI 0,43; 0,98).

Zur Veranschaulichung ein Auszug aus Tabelle 11: Tabelle 11a.

Tabelle 11a: Einfluss des durchschnittlichen Pflege-Patienten-Verhältnisses (PPV) auf Fälle von primärer Sepsis

Pflege-Patienten-Verhältnis	Tage unter Risiko	Sepsis (Fallzahl)	Univariate Analyse			Cox	
			Hazard-Rate	Hazard-Ratio (CI)		Hazard-Ratio	p-Wert
Kategorie 1	2.082	7	0,34	1		0,61	0,04
Kategorie 2	3.563	7	0,20	0,58	(0,21;1,67)		
Kategorie 3	3.537	4	0,11	0,34	(0,10;1,15)		
Kategorie 4	2.944	3	0,10	0,30	(0,08;1,17)		

Weiterhin ergab sich in der univariaten und in der multivariaten Analyse ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der primären Sepsisrate und den Variablen zentraler Venenkatheter und SOFA-Wert.

Die Variablen Dialyse (beide Modelle) und geplante Operation (nur Modell 1) waren in der Cox-Regressionsanalyse signifikant negativ assoziiert. In der univariaten Analyse konnte dieser Zusammenhang nicht gefunden werden.

Abbildung 1 zeigt den kumulativen Hazard-Schätzer und Abbildung 2 den logarithmischen kumulativen Hazard-Schätzer bezüglich des Pflege-Patienten-Verhältnisses (bivariate Kategorisierung über und unter dem durchschnittlichen Pflege-Patienten-Verhältnis). Hieraus ist zu entnehmen, dass Patienten, die ihre Patiententage bei einer ungünstigen Stationsbesetzung kumuliert haben, eine größere Wahrscheinlichkeit haben, eine Sepsis zu entwickeln.

Abbildung 1: Kumulativer Hazard Schätzer nach Nelson-Aalen bezüglich des Pflege-Patienten-Verhältnisses; die Linien repräsentieren den Prozentsatz an Patienten mit einer primären Sepsis, in zwei Gruppen differenziert nach einem Pflege-Patienten-Verhältnis über und unter dem Durchschnitt

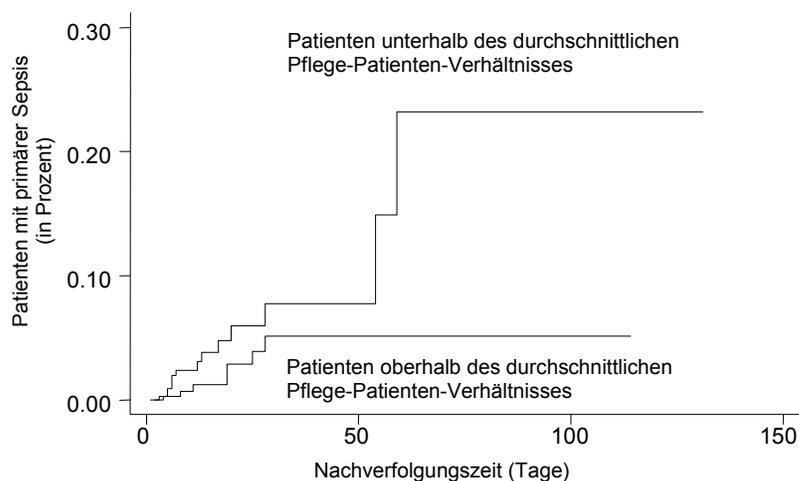
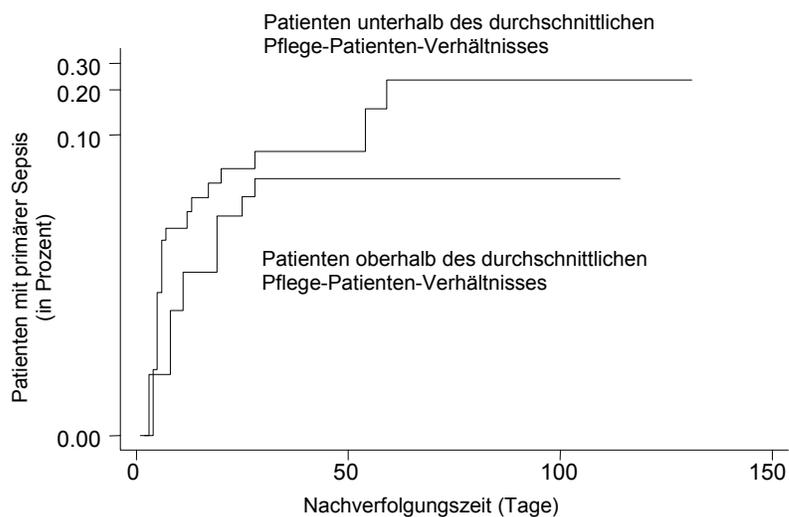


Abbildung 2: Logarithmischer kumulativer Hazard Schätzer bezüglich des Pflege-Patienten-Verhältnisses; die Linien repräsentieren den Prozentsatz an Patienten mit einer primären Sepsis, in zwei Gruppen differenziert nach einem Pflege-Patienten-Verhältnis über und unter dem Durchschnitt



3.2 Ergebnisse der Übersichtsarbeit zur Literatur

3.2.1 Ergebnisse der Literaturrecherche

Insgesamt ergab sich im Rahmen der Literatursuche in den Datenbanken MEDLINE und EMBASE auf die im Methodenteil angegebenen Suchanfragen die Anzahl von 673 Ergebnissen, nach Ausschluss von doppelt bzw. mehrfach angezeigten Ergebnissen. Nachdem zwei unterschiedliche Auswerter Titel und Zusammenfassungen (abstracts) dieser Ergebnisse auf die im Methodenteil beschriebenen Kriterien hin überprüft hatten, wurden von den ursprünglich 673 Ergebnissen 612 (90,9%) ausgeschlossen. Von den verbliebenen 61 Ergebnissen wurden die entsprechenden Artikel sämtlich als Volltext begutachtet. Anhand der in den Bibliographien der Volltexte angegebenen Referenzen konnten vier weitere Arbeiten identifiziert werden, von denen dann ebenfalls der Volltext hinzugezogen wurde.

Im Rahmen der Suche in (Lehr-) Büchern zum Thema nosokomiale Infektionen ergab sich der Hinweis auf eine weitere Studie, von der ebenfalls der Volltext gelesen wurde.

Die somit insgesamt 66 Volltexte wurden erneut von beiden Auswertern begutachtet und davon 36 als nicht die Einschlusskriterien erfüllend identifiziert.

Insgesamt verblieben 30 Studien, die die Einschlusskriterien erfüllten. Hiervon beschäftigen sich mit dem Zusammenhang von Pflegepersonal-Patienten-Verhältnis und nosokomialen Infektionen in der endemischen Situation insgesamt 21 Studien, im Rahmen von Ausbrüchen (outbreaks) insgesamt 9 Studien, die jeweils im Literaturüberblick vorgestellt werden.

Ausgeschlossene Studien

Im Folgenden soll anhand einzelner Beispiele noch veranschaulicht werden, warum Studien aufgrund bestimmter Charakteristika nicht den im Methodenteil genannten Einschlusskriterien entsprachen, und somit ausgeschlossen wurden.

McGillis et al. [39] untersuchten den Einfluss unterschiedlicher Stationsbesetzungsmodelle („staff mix models“) auf Patientenvariablen. Unter „staff mix“ wird hier eine spezifische Verteilung an unterschiedlich ausgebildeten Pflegekräften verstanden, eine klare Angabe des Pflege-Patienten-Verhältnisses oder der Stationsbesetzung fehlt aber.

In einer italienischen Untersuchung weisen Petrosillo et al. [40] den Einfluss einer niedrigen Besetzung einer Dialysestation auf die Infektionsrate mit dem Hepatitis C-Virus nach. Allerdings war in dieser Studie anhand der gemachten Angaben davon auszugehen, dass es sich bei den Dialysestationen nicht um krankenhausassoziierte Abteilungen handelte.

Die Studie von Giraud et al. [41] wurde ausgeschlossen, weil hier nur die vom Pflegepersonal subjektiv wahrgenommene Arbeitsbelastung erfasst wurde. Die Natur der Daten unterscheidet sich somit zu sehr voneinander, als dass sie hier verglichen werden könnten.

Arnow et al. [42] erfassten den Zusammenhang der Übertragung von MRSA auf einer Verbrennungsstation und Stationsvariablen. Sie identifizierten Perioden starker Arbeitsbelastung und hoher Bettenauslastung und fanden in solchen Zeiträumen eine erhöhte Infektionsrate. Außerdem schien die Art der Stationsbesetzung eine Rolle zu spielen. Problematischer Weise geben die Autoren aber keine konkreten Zahlen zur Stationsbesetzung oder Arbeitsbelastung an. Sie verdeutlichen ihre Ergebnisse zwar in mehreren Grafiken und geben errechnete Korrelationen an, wie diese aber zustande gekommen waren, ist für den Leser nicht nachvollziehbar.

Eine andere Studie zu Ausbrüchen vergleicht eine normalbesetzte und eine unterbesetzte Station miteinander, ohne auch hier genauere Angaben zur Unterbesetzung zu machen [43].

Andere Studien betrachten nur spezifische Aspekte der Infektionsübertragung [44], geben keine nosokomialen Infektionen als Outcome an [45], messen nur die Arbeitsbelastung [46] oder geben nur allgemeine Daten für den Zusammenhang zwischen dem PPV und multiplen Nebenwirkungen an, an denen nosokomiale Infektionen aber nur einen geringen Prozentsatz ausmachen [47].

3.2.2 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die eingeschlossenen Ergebnisse der Übersichtsarbeit zur Literatur werden auf zwei Weisen wiedergegeben. Als erstes wird in den Tabellen 12, 13 und 14 der Anschaulichkeit halber eine Übersicht über die Studien geboten. Tabelle 12 liefert eine semiquantitative Übersicht über die in den Studien gefundenen Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen dem Pflege-Patienten-Verhältnis (bzw. ähnlichen Erfassungsweisen) und dem Auftreten nosokomialer Infektionen.

In den Tabellen 13 und 14 werden die wichtigsten Ergebnisse der (nach Nachnamen des Hauptautors alphabetisch geordneten) aufgeführten Untersuchungen dargestellt, und es wird ein anschaulicher Überblick über die Studien gegeben. In Tabelle 13 werden Studien dargestellt, die das Auftreten nosokomialer Infektionen in der endemischen Situation untersuchen, das heißt, in deren Studienzeitraum kein Ausbruch (outbreak) stattfand. Tabelle 14 führt die Studien auf, die im Rahmen von Ausbruchsgeschehen nosokomialer Infektionen durchgeführt wurden.

Anschließend werden die in den Tabellen aufgeführten Untersuchungen eingehender vorgestellt, um dem Leser einen genaueren Einblick in ihre Rahmenbedingungen, Untersuchungsansätze und Ergebnisse zu ermöglichen. Auch diese Aufstellung geschieht wieder gesondert für Studien zur endemischen Situation und Studien zu Ausbrüchen.

Tabelle 12: Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Pflege-Patienten-Verhältnis (bzw. ähnliche Erfassungsweisen) und Auftreten nosokomialer Infektionen

Tabelle 12 a: Übersicht

Erfasste nosokomiale Infektionen	Anzahl der Studien	Negativer Zusammenhang	Kein Zusammenhang
NI allgemein	2	2 (100%)	0 (0%)
Bakterielle Infektionskrankheiten	31	22 (71%)	9 (29%)
Sepsis	9	6 (67%)*	3 (33%)*
Pneumonie/ Atemwegsinfektionen	9	9 (100%)*	0 (0%)*
Harnwegsinfektionen	9	6 (67%)	3 (33%)
Postoperative (Wund-)infektionen	4	1 (25%)	3 (75%)
Bakterielle Erreger	11	11 (100%)	0 (0%)
MRSA	6	6 (100%)	0 (0%)
<i>Staphylococcus aureus</i> (nicht eindeutig als MRSA klassifiziert)	1	1 (100%)	0 (0%)
<i>Enterobacter cloacae</i>	2	2 (100%)	0 (0%)
<i>Serratia marcescens</i>	1	1 (100%)	0 (0%)
<i>Salmonella enterica</i>	1	1 (100%)	0 (0%)
Virale Erreger	2	2 (100%)	0 (100%)
virale nosokomiale Gastrointestinalinfektion	1	1 (100%)	0 (0%)
Hepatitis C-Virus	1	1 (100%)	0 (0%)

* in der Studie von Dang et al. [48] werden zwar explizit bestimmte nosokomiale Infektionen als Variablen untersucht, in ihrer Signifikanz aber lediglich in Übergruppen zusammengefasst angeführt

Tabelle 12 b: Untersuchung in der endemischen Situation

Erfasste nosokomiale Infektionen	Studiendesign	Anzahl der Studien	Negativer Zusammenhang	Kein Zusammenhang
NI allgemein	Kohortenstudien	1	1 (100%)	0 (0%)
	ökologische Studien	-	-	-
Bakterielle Infektionskrankheiten	Kohortenstudien	12	11 (92%)	1 (8%)
	ökologische Studien	18	10 (56%)	8 (44%)
Sepsis	Kohortenstudien	5	5 (100%)*	0 (0%)*
	ökologische Studien	3	0 (0%)	3 (100%)
Pneumonie/ Atemwegsinfektionen	Kohortenstudien	3	3 (100%)*	0 (0%)*
	ökologische Studien	6	6 (100%)	0 (0%)
Harnwegsinfektionen	Kohortenstudien	3	3 (100%)	0 (0%)
	ökologische Studien	6	3 (50%)	3 (50%)
Postoperative (Wund-)infektionen	Kohortenstudien	1	0 (0%)	1 (100%)
	ökologische Studien	3	1 (33%)	2 (67%)
Bakterielle Erreger (MRSA)	Kohortenstudien	3	3 (100%)	0 (0%)
	ökologische Studien	-	-	-
Virale Erreger (virale nosokomiale Gastrointestinalinfektion bzw. Hepatitis C)	Kohortenstudien	2	2 (100%)	0 (100%)
	ökologische Studien	-	-	-

* in der Studie von Dang et al. [48] werden zwar explizit bestimmte nosokomiale Infektionen als Variablen untersucht, in ihrer Signifikanz aber lediglich in Übergruppen zusammengefasst angeführt

Tabelle 12 c: Untersuchung von Ausbrüchen

Erfasste nosokomiale Infektionen	Anzahl der Studien	Negativer Zusammenhang	Kein Zusammenhang
NI allgemein	1	1 (100%)	0 (0%)
Bakterielle Infektionskrankheiten	1	1 (100%)	0 (0%)
Sepsis	1	1 (100%)	0 (0%)
Bakterielle Erreger	8	8 (100%)	0 (0%)
MRSA	3	3 (100%)	0 (0%)
<i>Staphylococcus aureus</i> (nicht eindeutig als MRSA klassifiziert)	1	1 (100%)	0 (0%)
<i>Enterobacter cloacae</i>	2	2 (100%)	0 (0%)
<i>Serratia marcescens</i>	1	1 (100%)	0 (0%)
<i>Salmonella enterica</i>	1	1 (100%)	0 (0%)

Die Tabellen 12 a, b, und c geben die Ergebnisse der unterschiedlichen Untersuchungen in einer zusammengefassten Übersicht (12a), getrennt für Studien in der endemischen Situation (12b) und für Studien zu Ausbrüchen (12c), wieder.

Insgesamt wurden in der vorliegenden Arbeit 30 Studien ausgewertet, hiervon 21 zur endemischen Situation und 9 Studien zu Ausbrüchen. Die 21 Studien zur endemischen Situation teilen sich auf in 14 Kohortenstudien (prospektiv oder retrospektiv) und sieben ökologische Studien. In Tabelle 12 ist die Summe der Outcomes (46) höher als die Anzahl der eingeschlossenen Studien (30), da viele Untersuchungen mehr als eine nosokomiale Infektionen (NI) in ihrer Erhebung berücksichtigen.

Die insgesamt 31-mal und somit am häufigsten untersuchten nosokomialen Infektionen sind bakterielle Infektionskrankheiten (Sepsis, Pneumonie/ Atemwegsinfektionen, Harnwegsinfektionen, postoperative (Wund-) Infektionen). Bakterielle Erreger (MRSA, nicht eindeutig als MRSA klassifizierter *Staphylococcus aureus*, *Enterobacter cloacae*, *Serratia marcescens*, *Salmonella enterica*) werden in 11 Studien erfasst, virale Erreger (virale nosokomiale Gastrointestinalinfektion; Hepatitis C-Virus) und nosokomiale Infektionen allgemein nur von jeweils 2 Studien. Der bei weitem größte Teil der Untersuchungen widmet sich somit den auf Intensivstationen am häufigsten vorkommenden nosokomialen Infektionen: Pneumonie/ Atemwegsinfektion, Sepsis, Harnwegsinfektion, postoperative (Wund-) Infektion sowie MRSA.

Aus Tabelle 12 ist ersichtlich, dass der Großteil aller Studien einen negativen Zusammenhang zwischen nosokomialen Infektionen und dem Pflege-Patienten-Verhältnis (bzw. ähnliche Erfassungsweisen) feststellt. In Hinblick auf NI allgemein, virale Erreger und bakterielle Erreger zeigte sich in allen (jeweils 100%) der hier berücksichtigten Studien ein negativer Zusammenhang der Variablen, bei bakteriellen Infektionskrankheiten (71%) ein überwiegend negativer Zusammenhang.

Untergliedert man die bakteriellen Infektionskrankheiten in die unterschiedlichen untersuchten Infektionsarten zeigt sich für Pneumonie/

Atemwegsinfektion in allen Studien (100%) ein negativer Zusammenhang, für Sepsis und Harnwegsinfektionen finden jeweils zwei Drittel der Untersuchungen eine negative Assoziation. Überwiegend kein Zusammenhang zeigte sich für postoperative (Wund-) Infektionen (75% finden keinen Zusammenhang). Die Studien zu bakteriellen Infektionskrankheiten beschäftigen sich weitestgehend, bis auf eine Ausnahme, mit der endemischen Situation.

Sämtliche Studien (100%) zu Ausbrüchen finden, unabhängig davon, welche Untergruppe der NI erfasst wurde, einen negativen Zusammenhang zwischen nosokomialen Infektionen und dem Pflege-Patienten-Verhältnis bzw. ähnlichen Erfassungsweisen. Der Hauptteil dieser Studien beschäftigte sich mit bakteriellen Erregern.

Die Studien zur endemischen Situation teilen sich auf in Kohortenstudien und ökologische Studien. Ausschließlich Kohortenstudien existieren zu bakteriellen Erregern (MRSA), viralen Erregern (virale nosokomiale Gastrointestinalinfektion, HCV) und nosokomialen Infektionen allgemein, und finden in allen Fällen einen negativen Zusammenhang.

Mit der Untergruppe der bakteriellen Infektionskrankheiten beschäftigten sich hingegen sowohl Kohortenstudien als auch ökologische Studien. Hierbei zeigen nahezu alle Kohortenstudien (92%) einen negativen Zusammenhang, während es bei den ökologischen Studien nur 56% sind. Dieser Unterschied ist insbesondere auf die unterschiedlichen Ergebnisse bei der Untergruppe Sepsis zurückzuführen: fanden alle fünf Kohortenstudien (100%) negative Zusammenhänge, war dies bei den drei ökologischen Studien in keiner einzigen der Fall (0%). Demgegenüber gab es bei der Untergruppe Pneumonie/ Atemwegsinfektionen übereinstimmende Ergebnisse in den beiden Studiendesigns: sämtliche Kohortenstudien (3) und ökologische Studien (6) zeigten negative Zusammenhänge.

Tabelle 13: Übersicht über die Studien zum Zusammenhang von Pflege-Patienten-Verhältnis und nosokomialen Infektionen – endemische Situation

Autor, Jahr	Stichprobe	Erfasste nosokomiale Infektionen	Studiendesign	Definition des Pflege-Patienten-Verhältnisses bzw. Stationsbesetzung	Ergebnisse
Alonso-Echanove et al. (2003) [49]	8 ITS; 4.535 Patienten	primäre Sepsis	prospektive Kohortenstudie	Pflegepersonal/ Patienten (MW aus allen drei Schichten) pro Patiententag	Float nurses an >60% der Tage mit ZVK steigert das Risiko für primäre Sepsis ^A
Amaravadi et al. (2000) [35]	32 Krankenhäuser, ITS; 353 Patienten nach Ösophagoektomie	postoperative Pneumonie, primäre Sepsis, postoperative Infektion	retrospektive Kohortenstudie	Nachpflegekraft/ Patienten-Verhältnis: >1:2 vs.<1:2	Pneumonie*, Sepsis* wahrscheinlicher bei Nachpflegekraft-Patienten-Verhältnis <1:2
Blegen et al. (1998) [50]	Universitätskrankenhaus, 33 Stationen	Harnwegsinfektionen, Atemwegsinfektionen	retrospektive Kohortenstudie	totale Pflegestunden: Stundenanzahl aller Pflegekräfte/ Patiententage RN-Stunden: Stundenanzahl von RNs/ Patiententage RN-Anteil: RN-Stunden/ totale Pflegestunden	Atemweg- und Harnwegsinfektionen: gesenkt bei gesteigertem RN-Anteil; gesteigert bei Anstieg der totalen Pflegestunden; Nichtlinearer Zusammenhang zwischen RN-Anteil und Komplikationen (Anstieg der Komplikationen bei RN>87,5)

Autor, Jahr	Stichprobe	Erfasste nosokomiale Infektionen	Studiendesign	Definition des Pflege-Patienten-Verhältnisses bzw. Stationsbesetzung	Ergebnisse
Cho et al. (2003) [51]	232 Akut-Krankenhäuser; 124.204 Pat.; innere/ chir. Akutversorgung bzw. ITS, Koronarstation	Pneumonie, Harnwegsinfektion, Wundinfektion, Sepsis	retrospektive ökologische Studie	totale Pflegestunden: Stundenanzahl aller Pflegekräfte/ Patiententage RN-Stunden: Stundenanzahl von RNs/ Patiententage RN-Anteil: RN-Stunden/ totale Pflegestunden	Anstieg um eine RN-Stunde führte zu einer um 8,9 % gesenkten Pneumonie-Wahrscheinlichkeit; 9,5 % geringere Wahrscheinlichkeit für Pneumonien bei Anstieg des RN-Anteils um 10%
Cimiotti et al. (2006) [52]	2 neonatale ITS; 2.675 Säuglinge	primäre Sepsis	prospektive Kohortenstudie	Anzahl der RN-Pflegestunden pro Tag	Station 1: kein Zusammenhang Station 2: gesenktes Risiko für primäre Sepsis bei größerer Anzahl an RN-Stunden (HR 0,21)
Dancer et al. (2006) [53]	8-Betten ITS; 174 Patienten	MRSA	retrospektive Kohortenstudie	Stationsbesetzung; Arbeitsbelastung = (Patienten x Pflegebedürftigkeit)	Perioden mit vermehrtem MRSA-Erwerb mit Mangel an ausgebildetem Personal assoziiert. Kein Zusammenhang zwischen Arbeitsbelastung und MRSA-Infektion

Autor, Jahr	Stichprobe	Erfasste nosokomiale Infektionen	Studiendesign	Definition des Pflege-Patienten-Verhältnisses bzw. Stationsbesetzung	Ergebnisse
Dang et al. (2002) [48]	38 Krankenhäuser; ITS; 2.606 Patienten nach abdominaler Aorten Chirurgie	Pneumonie, Sepsis	retrospektive Kohortenstudie	Pflegekraft/ Patienten-Verhältnis in 3 Kategorien: niedrige Besetzung: 1:3 oder größer in Tag- und Nachtschicht; mittelhohe Besetzung: 1:3 oder größer in entweder Tag- oder Nachtschicht; hohe Besetzung: 1:2 oder weniger in Tag- und Nachtschicht	respiratorische Komplikationen wahrscheinlicher (OR 2.33) bei niedriger vs. hoher Besetzung, keine direkten Angaben für Zusammenhang mit Pneumonie oder Sepsis
Flood, Diers (1988) [54]	2 Normalstationen	u.a. Harnwegsinfektion, Pneumonie, allg. Atemwegsinfektion	retrospektive Kohortenstudie	Unterbesetzung nach krankenhauseigener Definition bestätigt mit staffing workload index	Komplikationen, darunter Harnwegsinfektionen, auf unterbesetzter Station erhöht. Folgekosten höher als Einsparungen durch Unterbesetzung

Autor, Jahr	Stichprobe	Erfasste nosokomiale Infektionen	Studiendesign	Definition des Pflege-Patienten-Verhältnisses bzw. Stationsbesetzung	Ergebnisse
Grundmann et al. (2002) [21]	12-Betten ITS; 331 Patienten	MRSA	prospektive Kohortenstudie	Unterbesetzung: Pflegepersonalbesetzung / Bettenauslastung <1	MRSA-Infektion (Cluster) mit Unterbesetzung der Station assoziiert°
Haley et al. (1995) [36]	85-Betten neonatale ITS; 76 Säuglinge	MRSA	prospektive Kohortenstudie	Arbeitsbelastung/ Personalbesetzung: Benötigte Pflegestunden Nachtschicht/ insgesamt gearbeitete Stunden in Nachtschicht; Pflegekraft/Patienten Verhältnis	MRSA-Infektion stieg auf einer Station nach höherer Arbeitsbelastung innerhalb eines Monats an*
Hugonnet et al. (2007) [55]	18-Betten ITS; 1.883 Patienten	Alle NI	prospektive Kohortenstudie	24-Stunden Pflege-Patienten-Verhältnis	Anstieg des Pflege-Patienten-Verhältnisses um 1 mindert das Risiko für NI um >30%. positive Korrelation zwischen tägl. Anteil infizierter Patienten und 2,3 oder 4 Tage zurücklegendem PPV*.

Autor, Jahr	Stichprobe	Erfasste nosokomiale Infektionen	Studiendesign	Definition des Pflege-Patienten-Verhältnisses bzw. Stationsbesetzung	Ergebnisse
Kovner, Gergen (1998) [56]	589 Krankenhäuser, 1.993 Patienten	postoperative Harnwegsinfektion; Pneumonie	retrospektive ökologische Studie	totale Pflegestunden: Stundenanzahl aller Pflegekräfte/ Patiententage RN-Stunden: Stundenanzahl von RNs/ Patiententage RN-Anteil: RN-Stunden/ totale Pflegestunden	Pneumonie ^o und Harnwegsinfektionen † gesenkt bei höherem RN-Anteil an Pflegekräften
Kovner et al. (2002) [57]	530 Krankenhäuser	postoperative Harnwegsinfektion und Pneumonie	retrospektive ökologische Studie	RNs und LPNs pro adjustierten Patiententag	Anstieg der Pflegestunden pro adjustiertem Patiententag mit niedrigerer Pneumonierate* assoziiert
Lichtig et al. (1999) [58]	1.575 Krankenhäuser; Akutstationen	Pneumonie, Harnwegsinfektion; postoperative Infektion	retrospektive ökologische Studie	RN- Stunden / alle Pflegestunden; alle Pflegestunden pro adjustiertem Patiententag	Pneumonie ^a , postoperative Infektion ^a , Harnwegsinfektion ^a mit niedrigem RN-Anteil an Pflegekräften assoziiert
Needleman et al. (2002) [59]	799 Krankenhäuser; 6.180.628 Patienten	primäre Sepsis, Pneumonie, Harnwegsinfektion	retrospektive ökologische Studie	totale Pflegestunden: Stundenanzahl aller Pflegekräfte/ Patiententage RN-Stunden: Stundenanzahl von RNs/ Patiententage RN-Anteil: RN-Stunden/ totale Pflegestunden	niedrigere Raten von Harnwegsinfektionen ^o und Pneumonien ^o bei höherem RN-Anteil; niedrigere Raten von Harnwegsinfektionen [•] bei erhöhten RN-Stunden

Autor, Jahr	Stichprobe	Erfasste nosokomiale Infektionen	Studiendesign	Definition des Pflege-Patienten-Verhältnisses bzw. Stationsbesetzung	Ergebnisse
Robert et al. (2000) [37]	20-Betten chir. Station; 28 Fälle	primäre Sepsis	prospektive Kohortenstudie	Pflegepersonal/ Patienten (MW aus drei Schichten); Verhältnis reguläre Pflegekräfte/ Pool-Pflegekräfte	Aufnahme zu Zeitpunkt mit niedrigem PPV erhöht Risiko für primäre Sepsis; Primäre Sepsis assoziiert mit niedrigerem Pflege-Patienten-Verhältnis.
Saxena und Panhotra (2004) [60]	Hämodialysestation; 198 Patienten	Infektion mit Hepatitis C-Virus	retrospektive Kohortenstudie	Patienten/ Pflegepersonal 2:1, 3:1 oder 4:1	HCV Raten bei hoher Personalbesetzung niedriger. Patienten/ Pflegepersonal 2:1 = 26,8% HCV; 4:1 = 71,8% HCV
Stegenga (2002) [61]	44-Betten Pädiatriestation 2.929 Patienten	virale nosokomiale Gastrointestinal-Infektion	retrospektive Kohortenstudie	Patienten/ Pflegepersonal-Verhältnis; Pflegestunden pro Patiententag	Korrelation monatliches PPV und Infektionsrate ($r=0,56$)*, monatliche Anzahl an Pflegestunden und Infektionsrate ($r=0,5$)*; < 10,5 Pflegestunden pro Patiententag steigert Infektionsrisiko

Autor, Jahr	Stichprobe	Erfasste nosokomiale Infektionen	Studiendesign	Definition des Pflege-Patienten-Verhältnisses bzw. Stationsbesetzung	Ergebnisse
Sujjiantarat et al. (2005) [62]	19 medizinische/ chirurgische Stationen	Harnweginfektion	prospektive Kohortenstudie	Stationsbesetzung: Ø der Pflegestunden pro Tag/ Ø der Patienten pro Tag RN-Anteil: RN-Stunden pro Patiententag/ Stationsbesetzung	negativer Zusammenhang zw. Harnweginfektion und Stationsbesetzung ^ Kein Zusammenhang zw. Harnweginfektionen und RN-Anteil
Unruh (2003) [63]	1.477 Krankenhäuser	Harnweginfektion, postoperative Infektion, Pneumonie	retrospektive ökologische Studie	LN-Anteil: LN/ gesamtes Pflegepersonal	höherer Anteil an LN mit niedrigeren Raten von Pneumonie assoziiert*. Kein Zusammenhang mit Harnweginfektionen oder postoperativen Infektionen

Autor, Jahr	Stichprobe	Erfasste nosokomiale Infektionen	Studiendesign	Definition des Pflege-Patienten-Verhältnisses bzw. Stationsbesetzung	Ergebnisse
Whitman et al. (2002) [64]	10 Akut-krankenhäuser, 95 Stationen	ZVK-assoziierte Sepsis	retrospektive ökologische Studie	Pflegerunden/ Patiententage	kein Zusammenhang zwischen ZVK-assoziiierter Sepsis und Pflegetunden pro Patiententag

† signifikant p ≤ 0,0001
 ° signifikant p ≤ 0,001
 a signifikant p ≤ 0,005
 • signifikant p = 0,003
 ^ signifikant p = 0,01
 * signifikant p < 0,05

RN: registered nurse
 LPN: licensed practical nurse
 LN: licensed nurse (RN und/ oder LPN)
 ZVK: zentraler Venenkatheter
 HR: Hazard-Ratio
 OR: Odds Ratio
 MRSA: Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus
 HCV: Hepatitis C-Virus
 Ø: Durchschnitt

Tabelle 14: Übersicht über die Studien zum Zusammenhang von Pflege-Patienten- Verhältnis und nosokomialen Infektionen - im Rahmen von Ausbrüchen

Autor, Jahr	Stichprobe	Erfasste nosokomiale Infektion	Definition des Pflege-Patienten-Verhältnisses bzw. der Stationsbesetzung	Ergebnisse
Andersen et al. (2002) [65]	36-Betten neonatale ITS; 8 Fälle	MRSA	Pflegepersonal/ Patienten; Anteil an unerfahrenem und externen Pflegepersonal	während des MRSA-Ausbruchs: 42% unerfahrenes Personal, bis zu 62% externes Pflegepersonal und hohe Bettenauslastung
Archibald et al. (1997) [66]	pädiatrisch- kardiale ITS; 43 Patienten	NI allgemein	monatliche Pflegestunden/ Patiententage-Verhältnis	Anstieg von Pat.-Tagen assoziiert mit Anstieg von nosokomialer Infektionsrate; negative Korrelation von monatlicher nosokomialer Infektionsrate und Pflegekraft/Patiententage-Verhältnis•
Dorsey et al. (2000) [67]	chirurgische ITS; 10 Fälle	<i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Serratia marcescens</i>	[Anzahl an Pflegekräften – (1:1 Patienten x 1) + (1:1 Patienten x 0,5)]	temporärer Zusammenhang zwischen hohen Infektionsraten und Perioden mit niedriger Stationsbesetzung

Autor, Jahr	Stichprobe	Erfasste nosokomiale Infektion	Definition des Pflege-Patienten-Verhältnisses bzw. der Stationsbesetzung	Ergebnisse
Farrington et al. (2000) [68]	ITS	MRSA	Erfassung der Arbeitsbelastung des Pflegepersonals mittels GRASP workload-System	Infektionsausbrüche assoziiert mit staffing gap, d.h. Anzahl des zusätzlich einzubindenden Personals, um zu hohes Arbeitspensum von Pflegekräften abzusenken
Fridkin et al. (1996) [69]	chirurgische 230-Betten ITS; 170 Patienten	primäre Sepsis (nach ZVK-Anlage)	Patienten/ Pflegepersonal Verhältnis	Patienten/ Pflegepersonal-Verhältnis während Ausbruch von primärer Sepsis erhöht*
Haley, Bregman (1982) [70]	neonatale 28-Betten Station; 299 Fälle	<i>Staphylococcus aureus</i>	Patienten/ Pflegepersonal-Verhältnis	Inzidenzrate von gehäuften Staphylokokkeninfektionen mehr als 16x höher bei Patienten/ Pflegepersonal-Verhältnis >7, mehr als 7x höher nach Zeiträumen mit Patientenzahlen >33
Harbarth et al. (1999) [23]	neonatale 15-Betten ITS; 8 Fälle	<i>Enterobacter cloacae</i>	benötigter Pflegepersonalbestand, mittels PRN-Systems ermittelt	<i>Enterobacter cloacae</i> -Ausbruch endet nach Minderung der Arbeitsbelastung

Autor, Jahr	Stichprobe	Erfasste nosokomiale Infektion	Definition des Pflege-Patienten-Verhältnisses bzw. der Stationsbesetzung	Ergebnisse
Pessoa-Silva et al. (2002) [71]	neonatale 180-Betten Station, 140 Fälle	<i>Salmonella enterica</i>	Pflegepersonal/ Patienten-Verhältnis; Überbelegungsrate	Infektionsanstieg assoziiert mit Überbelegung [^] und Unterbesetzung der Stationen
Vicca et al. (1999) [72]	ITS; 50 Fälle	MRSA	<p>Stammpflegepersonal/ Patienten-Verhältnis= Anzahl regulärer Pflegekräfte pro Schicht/ Anzahl Patienten pro Schicht</p> <p>Komplettpersonal/ Patienten-Verhältnis= Anzahl aller Pflegekräfte / Zahl der Patienten</p> <p>Pflegepersonalbestand = Anzahl aller Pflegekräfte pro Schicht minus der laut interner Vorgabe benötigten Pflegekräfte für Schicht</p> <p>Pflegepersonal/ dependency-Verhältnis = Anzahl aller Pflegekräfte/ laut Skala ermittelter Wert der benötigten Pflegekräfte für Schicht</p>	<p>Inzidenz von MRSA-Fällen negativ korreliert mit extremer Arbeitsbelastung und reduziertem Pflege-Patienten-Verhältnis^o</p>

† signifikant $p \leq 0,0001$
^o signifikant $p \leq 0,001$
^a signifikant $p \leq 0,005$
[•] signifikant $p = 0,003$
[^] signifikant $p = 0,01$
^{*} signifikant $p < 0,05$

RN: registered nurse
LPN: licensed practical nurse
ZVK: zentraler Venenkatheter
HR: Hazard-Ratio
MRSA: Methicillin-resistenter *Staphylococcus aureus*
1:1 bzw. 1:2: Patient, der das jeweilige Pflege-Patienten-Verhältnis benötigt

3.2.3 Überblick über Studien zum Zusammenhang von Pflege-Patienten-Verhältnis und nosokomialen Infektionen - Untersuchung der endemischen Situation

Alonso-Echanove et al. (2003) [49]. Untersucht wurde der Einfluss vom Pflegepersonalbestand auf das Risiko einer Sepsis auf Intensivstationen. In dieser prospektiven, beobachtenden Multicenter-Kohortenstudie aus den USA wurden Daten von acht Intensivstationen aus sechs unterschiedlichen Krankenhäusern verwendet. Der Studienzeitraum umfasste 24 Monate.

Um das Pflegepersonal-Patienten-Verhältnis für jeden Patiententag darzustellen, wurde jeweils das durchschnittliche Verhältnis für alle drei Schichten eines Tages bestimmt. Beim Pflegepersonalbestand wurde zwischen „ständigem“ Pflegepersonal, solches das permanent für die Intensivstation zugeteilt war, und „zusätzlichem“ (float nurses), d.h. Pflegepersonal, welches bei Bedarf aus einem Pflegepersonalreservoir des Krankenhauses oder aus Agenturen hinzugezogen wurde, unterschieden. Als zum „zusätzlichen“ Pflegepersonal gehörend wurde jeder eingeteilt, der auf der betreffenden Station weniger als ein Jahr gearbeitet hatte.

Während des Studienzeitraumes wurden 240 Fälle von ZVK-assoziiertes Sepsis (im Folgenden als ZVK-Sepsis abgekürzt) bei insgesamt 4.535 Patienten nachgewiesen. Mittels Cox' Proportional-Hazards-Modell wurden unabhängige Risikofaktoren für ZVK-Sepsis identifiziert, ein unabhängiger Risikofaktor waren Patienten, die in mehr als 60% der Zeit, in der sie einen ZVK trugen, von „zusätzlichem“ Pflegepersonal betreut wurden (Hazard-Ratio 2,75; 95%CI 1,45-5,22, $p=0,0019$). Ein weiterer Risikofaktor war eine totale parenterale Ernährung mit nicht antimikrobiologisch imprägnierten ZVKs. Da 72,5% aller ZVKs nicht für eine totale parenterale Ernährung verwendet wurden, wurden für sie nochmals gesondert Risikofaktoren untersucht. Wenn keine totale parenterale Ernährung vorlag, sah man einen Anstieg des Risikos für eine ZVK-Sepsis in Zeitabschnitten, in denen Patienten mit einem ZVK vermehrt von „zusätzlichem“ Pflegepersonal gepflegt wurden. Wenn sich um einen Patienten mit ZVK in 0-60% der Zeit, in der der ZVK lag, „zusätzliches“ Pflegepersonal kümmerte, stellte man 3,04 Sepsisfälle auf 1.000 ZVK-Tage fest. Im Vergleich dazu war das Risiko für ZVK-Sepsis 2,6-mal (Rate-Ratio 2,61; 95%CI 1,21- 5,59) höher für Patienten

mit ZVK, die in mehr als 60% der Zeit von „zusätzlichem“ Pflegepersonal gepflegt wurden (7,92 Sepsisfälle auf 1.000 ZVK-Tage; $p=0,01$). Das Risiko für ZVK-assoziierte Sepsis zeigte keinen Zusammenhang mit dem Pflegepersonal-Patienten-Verhältnis.

Patienten mit zentralen Venenkathetern, die hauptsächlich von permanent und seit längerer Zeit (>1 Jahr) auf der Intensivstation arbeitendem Pflegepersonal gepflegt wurden, hatten das geringste Risiko einer Sepsis.

Amaravadi et al. (2000) [35] untersuchten, ob das Pflegepersonal-Patienten-Verhältnis auf Intensivstationen einen Einfluss auf Patienten hatte, die sich im Zustand nach Ösophagektomie befanden. In diese beobachtende Kohortenstudie wurden 366 Patienten aus 35 Krankenhäusern einbezogen. Die Daten wurden einer Datenbank der Maryland Health Services Cost Review Commission (HSCRC) entnommen. In der Studie wurde der Frage nachgegangen, ob ein nächtliches Pflegepersonal/Patienten-Verhältnis von einer Pflegekraft für einen oder zwei Patienten ($NPPV > 1:2$) versus einer Pflegekraft für drei oder mehr Patienten ($NPPV < 1:2$) mit klinischen Komplikationen assoziiert ist. Anders als in anderen Studien wurde hier ausschließlich das Pflege-Patienten-Verhältnis in der Nachtschicht betrachtet.

Outcome-Variablen waren Mortalität innerhalb des Krankenhauses, Aufenthaltsdauer und Krankenhauskosten. Die Kosten wurden über das krankenhauseigene Verhältnis von monetärem Aufwand zu abgerechneter Entschädigung ermittelt. Zur Auswertung der Daten wurden eine multivariate Regressionsanalyse durchgeführt. Diese wurde auf die Patientencharakteristika Alter, Geschlecht, Rasse, Art der Aufnahme, Art der Operation, komorbide Erkrankungen und Schwere der Erkrankung sowie auf das Volumen des Krankenhauses und des chirurgischen Personals hin adjustiert. Hierbei wurde kein signifikanter Unterschied des Risikos für die Mortalität im Krankenhaus zwischen Patienten mit einem $NPPV > 1:2$ und solchen mit einem $NPPV < 1:2$ gefunden (OR 0.7, 95% CI 0.3-2.0).

Im nächsten Schritt untersuchte man das Risiko von postoperativen Komplikationen, die zuvor als assoziiert zum Risiko für die Mortalität im Krankenhaus definiert worden waren. Hier zeigte sich, dass für Patienten, bei

denen das Pflegepersonal/Patienten-Verhältnis $<1:2$ war, sich das Risiko einer Pneumonie (OR 2.4, 95% CI 1.2 – 4.7), Septikämie (OR 3.6, 95% CI 1.1 – 12.5) und Reintubation (OR 2.6, 95% CI 1.4 – 4.5) erhöhte.

Die Untersucher berechneten die konkreten Kosten, die für einen Patienten bei einem Pflegepersonal/Patienten-Verhältnis von 1:3 oder schlechter zusätzlich anfallen, auf 4.810 US-Dollar (95%CI: \$2.094, \$7.952).

Eine Pflegekraft, die in der Nacht für mehr als zwei Intensivstationspatienten (nach Ösophagektomie) verantwortlich war, erhöhte das Risiko für unterschiedliche postoperative pulmonale und infektiöse Komplikationen und war somit mit einem erhöhten monetären Aufwand verbunden.

Blegen et al. (1998) [50] untersuchten die Beziehung der insgesamt aufgewendeten Pflegezeit, dem Anteil ausgebildeter Pflegekräfte (registered nurses skill mix) und nachteiligen Komplikationen bei Patienten. Es wurden die monatlich erhobenen Daten aller Bettenstationen eines großen Universitätskrankenhauses über einen Zeitraum von einem Jahr genutzt. Zwei Arten von Variablen der Pflegepersonalbesetzung wurden zu Analyse verwendet. Einerseits wurde die Anzahl aller Stunden, die den Patienten einer Station von jeglichem Pflegepersonal zuteil wurden, geteilt durch die Patiententage dieser Station in diesem Monat. Andererseits wurde die Anzahl der direkten Pflegestunden durch vergleichsweise hoch ausgebildete Pflegekräfte (registered nurse: RN) durch die Anzahl der Patiententage geteilt. Das Verhältnis an ausgebildeten Pflegern (RN-Anteil) wurde ermittelt durch Division der RN-Stunden pro Patiententag durch alle Stunden pro Patiententag. Als Komplikationen wurden festgehalten: Fehlmedikationen, Stürze von Patienten, Beschwerde durch Patient oder Familie, Dekubiti, Harnwegsinfektionen, Atemwegsinfektionen und Tod. Um die Stärke der Erkrankung der Patienten zu kontrollieren, wurden Daten des Nursing-Acuity-System benutzt. In diesem System wird monatlich der durchschnittliche Pflegeaufwand für Patienten pro Station berechnet. Stationen mit höherem durchschnittlichem Pflegebedarf der Patienten zeigten niedrigere Raten an Fehlmedikationen und Stürzen, aber höhere Raten in Bezug auf die anderen Komplikationen. Bei Kontrolle der Variable

Pflegeaufwand ergab sich ein negativer Zusammenhang zwischen dem Anteil der durch RN ausgeführten Pflegestunden und den Raten an Fehlmedikationen, Dekubiti und Patientenbeschwerden. Die gesamte Anzahl an Pflegestunden durch alle Pflegekräfte war direkt mit den Raten an Dekubiti, Beschwerden und Mortalität assoziiert. Interessanterweise war das Verhältnis zwischen RN-Anteil und Komplikationen nicht linear. Mit einem Zuwachs im RN-Anteil 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.

Cho et al. (2003) [51] untersuchten den Einfluss des Pflegepersonalbestandes auf unerwünschte Wirkungen, Morbidität, Mortalität und medizinische Kosten. Für ihre Studie, die insgesamt 232 Akutkrankenhäuser und 124.204 Patienten umfasste, verwendeten sie zwei existierende Datenbanken, die Krankenhausfinanzen-Datenbank des US-Bundesstaates Kalifornien und die kalifornische Patienten-Datenbank (SID). Es gab keine getrennte Untersuchung von unterschiedlichen Stationen innerhalb der Krankenhäuser, innere/ chirurgische. Akutversorgung, innere/ chirurgische Intensivstationen sowie Koronarstationen wurden zusammengefasst.

Die Multilevel-Analyse erlaubte eine simultane Untersuchung der Effekte von Pflegepersonalbestand und Charakteristika von Patienten und Krankenhäusern auf das Outcome des Patienten. Im Hinblick auf das Pflegepersonal wurden totale Pflegestunden (=Stundenanzahl aller Pflegekräfte/ Patiententag), RN-Stunden (=Stundenanzahl von RNs/ Patiententag; RN= registered nurse) und RN-Anteil (=RN-Stunden/ totale Pflegestunden) unterschieden. Auf Krankensebene waren die Charakteristika Eigentümer, Größe bezogen auf Bettenzahl, akademischer Status, und Lage. Auf der Ebene der Patienten Alter, Geschlecht, Rasse, Versicherungsart, Anzahl der Diagnosen bei Aufnahme, und Art der Aufnahme (geplant oder ungeplant). Es wurde auf sieben unerwünschte Wirkungen hin untersucht: Sturz/ Verletzung, Dekubitus, unerwünschte

Medikamentenwirkung, Pneumonie, Harnwegsinfektionen, Wundinfektion und Sepsis.

Unter Berücksichtigung der totalen Pflegestunden ergab die adjustierte Odds Ratio (OR) des Pflegepersonalbestandes auf unerwünschte Wirkungen kein mit den Erwartungen übereinstimmendes Ergebnis. Auf Pneumonien (OR 0,96; 95%CI 0,91-1,01), Harnwegsinfektionen (OR 1,02; 95%CI 0,95-1,08), Wundinfektionen (OR 1,00; 95%CI 0,95-1,06) und Sepsis (OR 1,01; 95%CI 0,95-1,08) zeigten die totalen Pflegestunden nahezu keinen Einfluss. Ein den Erwartungen dagegen sogar entgegengesetztes Ergebnis gab es für Dekubiti, die einen positiven Zusammenhang mit den totalen Pflegestunden zeigten (OR 1,13).

Weitere signifikante Ergebnisse fanden sich auf der Personalbestandsebene. Ein Anstieg um eine RN-Stunde/ Tag (7,3h im Vergleich zu 6,3h) führte zu einer um 8.9 % (OR 0,911) gesenkten Pneumonie-Wahrscheinlichkeit. Bei Anstieg des RN-Anteils um 10% zeigte sich eine um 9.5 % (OR 0,905) geringere Wahrscheinlichkeit für Pneumonien.

Cimiotti et al. (2006) [52] führten ihre Untersuchung in zwei neonatalen Intensivstationen durch. Ihr Ziel war es, den Zusammenhang zwischen der Pflegepersonalbesetzung mit registered nurses (RN) und nosokomialer primärer Sepsis zu untersuchen. Es wurde hierfür eine prospektive Kohortenstudie im Zeitraum von März 2001 bis Januar 2003 durchgeführt. Station 1 besaß 42 Betten, Station 2 besaß 50 Betten. Insgesamt wurden die Daten der 2.675 Säuglinge, die länger als 48 Stunden auf der Intensivstation anwesend waren, erfasst.

Die von den zuständigen Büros erhaltenen Daten über die Pflegepersonalbesetzung der Stationen wurden klassifiziert nach Anzahl der pro Tag von einer bestimmten Art von Pflegekraft ausgeführten Stunden. Angaben zur primären Sepsis wurden vom Epidemiologen nach Definitionen des National Nosocomial Infection Surveillance Systems (NNIS, Surveillance-System der CDC) gesammelt und klinische Daten der Säuglinge festgehalten. Es wurden vier bekannte Risikofaktoren für primäre Sepsis bei Säuglingen erfasst: Geburtsgewicht, Gefäßkatheter, größere Operation und parenterale Ernährung. Zusätzlich wurden die Variablen Art des benutzten

Händedesinfektionsproduktes zum Zeitpunkt der Diagnosestellung und Anzahl der Pflegestunden pro Säugling pro Tag durch eine RN (registered nurse) untersucht. Als Intervention galt die Anzahl der Pflegestunden durch eine RN, als zentrales Outcome wurde die Zeit bis zur ersten Episode einer nosokomialen primären Sepsis gemessen. Risikofaktoren wurden mit Cox' Proportional-Hazards-Modell identifiziert.

Insgesamt zeigten 224 der Säuglinge eine den Kriterien entsprechend nosokomial verursachte primäre Sepsis. In einer multivariaten Analyse, in der der Einfluss von intrinsischen und extrinsischen Risikofaktoren der Säuglinge kontrolliert wurde, zeigte sich, dass auf Station 2 eine größere Anzahl an Pflegestunden durch RN mit einem gesenkten Risiko für eine primäre Sepsis assoziiert war (Hazard-Ratio 0,21; 95% CI 0,06-0,79).

Die Autoren geben an, dass durch eine zusätzliche Beschäftigung einer Vollzeit-äquivalenten Pflegekraft das Risiko einer primären Sepsis auf Station 2 um 11% gesenkt werden könnte. Auf Station 1 war ein Zusammenhang zwischen RN-Pflegestunden und primärer Sepsis nicht nachweisbar (Hazard-Ratio 1,53; 95%CI 0,39-6,07). Die Autoren geben hierfür mehrere Erklärungen. Säuglinge auf dieser Station seien signifikant kleiner und akuter krank gewesen, weiterhin seien mehr invasive Maßnahmen eingesetzt worden, weshalb deren Einfluss den möglichen des RN-Anteils hätte verdecken können. Es habe auch allgemein weniger RN-Stunden auf Station 1 gegeben, wodurch ein existierender Zusammenhang schwerer auszuweisen sei.

Dancer et al. (2006) [53] untersuchten retrospektiv die Verbreitung von Methicillin-resistentem *Staphylococcus aureus* (MRSA) auf einer 8-Betten Intensivstation über einen Zeitraum von fünf Monaten. In einer vorangehenden Studie hatten die Autoren festgestellt, dass in gewissen Perioden die Infektionsrate mit MRSA besonders hoch war. Ein möglicher Zusammenhang mit hoher Arbeitsbelastung bzw. Stationsbesetzung sollte untersucht werden. Es wurden die klinischen und mikrobiologischen Daten der Station genutzt und das Pflegebedürfnis der Patienten, standardisierte Screeningdaten für die Umgebung, Arbeitsbelastung, wöchentliche Bettenauslastung, Anzahl der Aufnahmen und Stationsbesetzung erfasst. Die

wöchentliche Arbeitsbelastung wurde durch eine Multiplikation der Patientenzahl auf der Intensivstation während einer bestimmten Woche mit ihrem Pflegebedürfnis (kategorisiert in drei Gruppen) errechnet. Die Bettenauslastung und Stationsbesetzung wurde von der Oberschwester angegeben. Während des Untersuchungszeitraums fanden keine Ausbrüche auf der Station statt.

Wochen, in denen MRSA erworben wurde, wurden definiert als diejenigen Wochen, die vor der Untersuchung und labortechnischen Bestätigung einer Infektion lagen. Es wurden lineare Regressionsanalysen mit den Variablen Arbeitsbelastung und Zahl der Stationsbesetzung und Fisher-Tests für die Assoziation zwischen Stationsbesetzung und MRSA-Erwerb durchgeführt. Von den 174 Patienten, die während des Untersuchungszeitraums auf die Station aufgenommen worden waren, wiesen 28 (16%) eine MRSA-Infektion auf. 12 dieser Patienten (7%) hatten MRSA auf der Intensivstation innerhalb von sieben der 23 untersuchten Wochen erworben. 10 von 12 der neu aufgetretenen MRSA-Fälle hatten die Infektion zu einem Zeitpunkt erworben, als die Station mit ausgebildetem Pflegepersonal unterbesetzt gewesen war: Odds Ratio 6,9 (95% CI 0,49-310) gegenüber einem Überschuss an ausgebildetem Personal ($p=0,16$). Bei sechs dieser relevanten sieben Wochen fand sich eine Assoziation mit einem Mangel an ausgebildetem Pflegepersonal während des Tages und bei fünf der Wochen fand sich eine Assoziation mit Hygieneversäumnissen. Ein Zusammenhang zwischen Arbeitsbelastung und MRSA-Erwerb ließ sich nicht finden.

Dang et al. (2002) [48] setzten in ihrer Studie das Augenmerk auf den Zusammenhang zwischen Pflegepersonal auf Intensivstationen und der Wahrscheinlichkeit für Komplikationen bei Patienten, die sich einer abdominalen Aorten Chirurgie unterzogen. In diese retrospektive Studie aus den USA wurden 2.606 Patienten aus 38 Krankenhäusern einbezogen. Hierzu analysierten die Autoren retrospektiv die Entlassungsdaten aus 38 Intensivstationen in Maryland, USA, bei denen zwischen Januar 1994 und Dezember 1996 eine Operation an der abdominalen Aorta vorgenommen worden war. Die Daten wurden einer Datenbank der Maryland Health Services Cost Review Commission (HSCRC) entnommen.

Multilevel-Analysen beurteilten den Einfluss von Patienten- und Organisationscharakteristika auf die Wahrscheinlichkeit für kardiale, respiratorische oder andere Komplikationen. Zu den kardialen Komplikationen wurden Myokardinfarkt, Herzstillstand und kardiale Probleme nach Eingriff, zu den respiratorischen Komplikationen Pneumonie, Aspiration, Pulmonalinsuffizienz nach Eingriff, mechanische Ventilation länger als 96h, tracheale Reintubation und zu den anderen Komplikationen akutes Nierenversagen, Septikämie und Thrombozytentransfusion gezählt. Jedes Regressionsmodell beinhaltete Patientencharakteristika wie Alter, Geschlecht, Rasse, Schwere der Erkrankung und komorbide Erkrankungen, Art der Aufnahme und Art des Aortenaneurysmas. Organisatorische Charakteristika beinhalteten die Zahl der Fälle von abdominaler Aorten Chirurgie pro Jahr, die Anzahl der Betten auf der Intensivstation, sowie das Pflegekraft/Patienten-Verhältnis. Hier wurde in drei Kategorien unterteilt: niedrige Besetzung (Pflegekraft/ Patienten-Verhältnis 1:3 oder höher in Tag- und Nachtschicht), mittelhohe Besetzung (Pflegekraft/ Patienten-Verhältnis 1:3 oder höher in entweder Tag- oder Nachtschicht, hohe Besetzung (Pflegekraft/ Patienten-Verhältnis 1:2 oder weniger in Tag- und Nachtschicht). Die Kategorisierung basierte auf Angaben der Intensivstationsleiter in Absprache mit den Verantwortlichen für das Pflegepersonal.

Ein unterschiedliches Pflegekraft/ Patienten-Verhältnis zeigte signifikante Auswirkungen auf alle drei Komplikationsbereiche. So hatten Patienten, die auf einer ITS mit mittelhoher Besetzung behandelt wurden, eine höhere Wahrscheinlichkeit für kardiale Komplikationen (OR 1,78, 95%CI 1,16 – 2,72) und andere Komplikationen (OR 1,74; 95%CI 1,15 – 2,63) als Patienten, die auf einer ITS mit hoher Besetzung behandelt wurden. Patienten auf einer ITS mit niedriger Besetzung entwickelten mehr als doppelt so häufig respiratorische Komplikationen (OR 2,33; 95%CI 1,50 – 3,60) wie Patienten auf einer hochbesetzten ITS. Direkte Zusammenhänge mit Pneumonie werden nicht angegeben, genauso wenig wie solche mit Sepsis.

Flood und Diers (1988) [54] untersuchten zwei Normalstationen eines 482-Betten Krankenhauses. Eine der Stationen war nach den

krankenhauseigenen Definitionen in den vergangenen sechs Monaten unterbesetzt gewesen (Station A), die andere nicht (B). Beide Stationen besaßen planmäßig dieselbe Mischung an Personal und hatten eine Kapazität von 40 Betten. Patientendaten von drei Monaten wurden analysiert. Ein „staffing workload index“ wurde zur Sammlung der Personaldaten genutzt. Dieser berücksichtigte die Pflegebedürftigkeit der Patienten pro Schicht und Station und die Anzahl an vorhandenen Pflegekräften. Anhand dieser Daten wurde die Unterbesetzung von Station A überprüft.

Auf der unterbesetzten Station kam es durchschnittlich zu mehr Komplikationen (z.B. Infektionen, kardiale Probleme, gastrointestinale Probleme), es kam zu einem längeren Aufenthalt der Patienten auf der Station und hierdurch zu erhöhten Krankenhauskosten. Auf beiden Stationen, und besonders deutlich auf Station A, gingen Komplikationen, nosokomiale Infektionen eingeschlossen, mit einer längeren Aufenthaltsdauer auf der Station einher.

Die Autoren berechnen dezidiert für beide Stationen, wie viel Geld durch die Unterbesetzung an Pflegepersonal eingespart wird, und wie hoch die Kosten sind, die durch einen hierdurch verlängerten Krankenhausaufenthalt der Patienten verursacht werden. Die Autoren kommen bei ihren Berechnungen auf einen Verlust von 150.920 US\$ jährlich für eine Station mit einer durchgehenden Stationsbesetzung wie sie auf der unterbesetzten Station A gegeben war. Geht man von der Richtigkeit der Annahmen und der Berechnungsgrundlagen dieser Studie aus, könnte ein Krankenhaus 116.286 US\$ pro Jahr sparen, wenn es den Personalmangel beseitigen und eine Station A vergleichbare Station mit ausreichend Pflegepersonal ausstatten würde.

Grundmann et al. (2002) [21] untersuchten in einer einjährigen prospektiven Kohortenstudie Risikofaktoren für die Übertragung von MRSA auf einer 12-Betten Intensivstation in Großbritannien. Alle Patienten, die drei oder mehr Tage auf der Intensivstation verbracht hatten (insgesamt 331), wurden in die Studie aufgenommen und über insgesamt 3.067 Patiententage hinweg beobachtet. Neben dem Einfluss der täglichen Bettenauslastung und der

Besetzung der Intensivstation mit Pflegepersonal (durchschnittliche Anzahl an qualifizierten Pflegekräften pro Schicht) wurden diverse andere Risikofaktoren erfasst. Die Station galt als unterbesetzt, wenn die Besetzung der Station mit Pflegepersonal geteilt durch die tägliche Bettenauslastung einen Quotienten < 1 ergab. In der univariaten Analyse wurden Rate-Ratios, 95% Konfidenzintervalle und p-Werte für die Expositionsvariablen errechnet und in der multivariaten Analyse die Poisson-Regressionstechnik genutzt. Jeder Patient wurde zum Zeitpunkt der Aufnahme und im weiteren Verlauf zweimal pro Woche auf eine Infektion mit MRSA hin untersucht. Nach univariater Analyse konnten Patienten, die häufiger einem Pflegepersonalmangel (Unterbesetzung) ausgesetzt waren, wahrscheinlicher einem der spezifischen MRSA-Cluster zugeordnet werden (Rate-Ratio 1,09, $p < 0,001$). In der multivariaten Analyse zeigte sich, dass die Unterbesetzung der Station mit Pflegepersonal als einzige Variable signifikant mit dem Auftreten geclusterter MRSA-Fälle assoziiert war (Rate-Ratio 1,05, $p < 0,001$), ein Zusammenhang mit dem Auftreten sporadischer MRSA-Fälle wurde nicht gefunden (Rate-Ratio 0,98, $p = 0,557$).

Haley et al. (1995) [36] verglichen über einen Zeitraum von fünf Jahren zwei neonatale Stationen miteinander. Auf einer Station (Station 1) wurde eine präventive medikamentöse Behandlung der Nabelschnur als Maßnahme zur Verminderung des Risikos einer MRSA-Infektion durchgeführt, auf der anderen nicht (Station 2). Die untersuchten fünf Jahre wurden in fünf Zeiträume eingeteilt, die sich durch besondere Bedingungen bezüglich der angewandten Strategien auf den Stationen oder besondere Arbeitsbedingungen auszeichneten. Die Stärke der Arbeitsbelastung durch jeden Säugling wurde mit Hilfe des GRASP-Systems (einem System, das Punktwerte für jede pflegerische Tätigkeit vergibt) ermittelt, und hieraus die durchschnittliche Anzahl an benötigten Pflegestunden pro Kind errechnet. Das tägliche Verhältnis von Arbeitsbelastung zu Personalbesetzung wurde pro Station errechnet, indem die benötigten Pflegestunden der Nachtschicht durch die insgesamt gearbeiteten Stunden in dieser Schicht geteilt wurden. Außerdem wurde das Verhältnis von Säuglingen zu Pflegekräften erfasst.

Auf der behandelnden Station sanken über den Beobachtungszeitraum hinweg die Raten an MRSA-Infektionen (Rate-Ratio 0,35 95%CI 0,14-0,87, $p < 0,01$), nicht so auf der anderen Station (Rate-Ratio 0,92 95%CI 0,41-2,24, $p < 0,05$). In dem Zeitraum, der sich durch eine Personalunterbesetzung auf der Station 2 auszeichnete, kam es auf beiden Stationen zu einem signifikant erhöhten Risiko für MRSA-Infektionen (Mantel-Haenszel Pooled-Risk-Ratio, 1,7; 95%CI 1,0-2,8; $\chi^2=3,88$, $df=1$, $p < 0,05$). Auf Station 2 begann dieser Risikoanstieg innerhalb eines Monats nachdem sich das Verhältnis von Arbeitsbelastung zu Stationsbesetzung verschlechtert hatte. Nachdem u.a. die erhöhte Bettenbelegung und Stationsunterbesetzung zeitweise beseitigt worden war, sank auch die MRSA-Kolonisation und die Infektionsraten (unter 20%). Mit einer stärkeren Bettenauslastung stieg die Kolonisationsrate jedoch wieder an.

Hugonnet et al. (2007) [55] untersuchten in einer beobachtenden prospektiven Kohortenstudie die Hypothese, dass niedrige Pflegepersonalbesetzung das Risiko des Erwerbs einer nosokomialen Infektion auf Intensivstationen erhöht. Hierzu wurden alle 1.883 Patienten, die über einen Zeitraum von vier Jahren (Januar 1999 bis Dezember 2002) auf eine 18-Betten Intensivstation eines Krankenhauses in der Schweiz aufgenommen worden waren, und deren Aufenthaltsdauer länger als 48 Stunden war, untersucht. Alle Patienten, bei denen das Risiko einer nosokomialen Infektion bestand, wurden an fünf Tagen wöchentlich und bis zu ihrer Entlassung von der ITS von einer hierfür ausgebildeten Pflegekraft beobachtet. Als Outcome-Variable wurde die Entstehung einer nosokomialen Infektion nach CDC-Kriterien erfasst (Ausnahme Pneumonie). Arbeitsbelastung, gemessen anhand des 24-Stunden Pflege-Patienten-Verhältnisses (PPV; Anzahl an Pflegekräften in 24 Stunden/ Anzahl an Patienten in 24 Stunden) stellte die zentrale Expositionsvariable dar. Außerdem wurden APACHE II-Werte (acute physiology and chronic health evaluation; operationalisiertes Verfahren zur Bewertung des Schweregrades der Erkrankung) und diverse andere Patientendaten (wie Gefäßkatheter, Harnwegkatheter, Medikation, etc.) festgehalten.

Es wurden Korrelationskoeffizienten zwischen dem täglichen Anteil infizierter Patienten und PPVs von bis zu 15 vorangegangenen Tagen berechnet. Es fand sich eine statistisch signifikante Korrelation zwischen dem Anteil infizierter Patienten und dem PPV von 2, 3 oder 4 vorangegangenen Tagen. Eine detaillierte Risikoanalyse fand auf der Basis der individuellen Daten statt.

415 (22%) der beobachteten 1.883 Patienten (10.637 Patiententage) entwickelten während des Studienzeitraums mindestens eine nosokomiale Infektion. Die Infektionsrate lag bei 64,5 pro 1.000 Patiententage. Infizierte Patienten hatten ein höheres Mortalitätsrisiko und eine längere Aufenthaltsdauer im Krankenhaus (beide $p < 0,001$). Der Median des PPV betrug 1,9. Der tägliche Anteil infizierter Patienten war positiv mit dem PPV von vor 2, 3 und 4 Tagen korreliert ($p < 0,05$). Nach einer Kontrolle der Exposition mit zentralem Venenkatheter, künstlicher Beatmung, Harnwegkatheter und Antibiotikagabe zeigte sich, dass ein Anstieg des PPV um eine Einheit mit einem $>30\%$ reduzierten Infektionsrisiko assoziiert war (Incidence Rate-Ratio, 0,69; 95%CI 0,50-0,95). Die Autoren schätzen, dass 26,7% aller Infektionen hätten vermieden werden können, wenn das PPV konstant bei $>2,2$ gelegen hätte.

Kovner und Gergen (1998) [56] führten eine Querschnittsanalyse durch. Sie nutzten Survey-Daten, um Aussagen über kommunale Krankenhäuser in den USA treffen zu können. Die analysierte Stichprobe beinhaltete 589 (nach Ausschluss noch 506) Krankenhäuser in 10 Bundesstaaten. Die Entlassungsdaten des Jahres 1993 aller Patienten im Alter von 18 Jahren oder älter wurden genutzt, um krankenhausspezifische Indikatoren für medizinische Komplikationen zu ermitteln. Um die Beziehung zwischen Stationsbesetzung und medizinischen Komplikationen untersuchen zu können, wurden die Krankenhausdaten mit den Daten der American Hospital Association (AHA, nationale Dachorganisation der Krankenhäuser in den USA) über Charakteristiken kommunaler Krankenhäuser, zu denen auch Stationsbesetzung gehörte, gematcht. Stationsbesetzung wurde ermittelt als die Anzahl an Vollzeit- oder vollzeitäquivalenten ausgebildeten Pflegekräften (registered nurses, RN) pro adjustierten Patiententag. Ein adjustierter

Patiententag beinhaltet die Anzahl an Patienten im Krankenhaus, die Anzahl an Patienten im Pflegeheim des Krankenhauses und eine Anpassung für die Anzahl der gemachten Patientenbesuche außer Haus. Medizinische Komplikationen wurden in „Pflegepersonal-sensitive Indikatoren“ (z.B. tiefe Venenthrombose, pulmonale Embolie, Pneumonie oder Harnwegsinfektion nach Operation oder nach invasivem Eingriff) und in „nicht Pflegepersonal-sensitive Indikatoren“ (z.B. akuter Myokardinfarkt) unterschieden.

Es wurde ein starker negativer Zusammenhang zwischen vollzeitäquivalenten ausgebildeten Pflegekräften pro adjustierten Patiententag (RNAPD) und Harnwegsinfektionen nach größerem operativem Eingriff ($p < 0.0001$) einerseits, sowie mit Pneumonie nach operativem Eingriff ($p < 0.001$) andererseits gefunden. Die Autoren stellen fest, dass ein Anstieg von 0,5 RN-Stunden pro Patient zu einer Reduktion des Risikos für Pneumonie um 4,2% führen würde.

Die Stationsbesetzung zeigte einen starken negativen Zusammenhang mit drei der fünf gemessenen „Pflegepersonal-sensitiven Indikatoren“, aber keinen Zusammenhang mit den „nicht Pflegepersonal-sensitiven Indikatoren“.

Kovner et al. (2002) [57] untersuchten in einer deskriptiven Querschnittsstudie den Einfluss von Pflegepersonalbesetzung auf Komplikationen bei Patienten, von denen angenommen wurde, dass sie durch Pflege beeinflussbar seien. Der Einfluss von Krankenhauscharakteristika wurde kontrolliert. Verwendet wurden die jährlichen Querschnittsdaten über Krankenhausentlassungen derjenigen Krankenhäuser in den USA, die an einem speziellen Projekt zur Qualitätssicherung teilnahmen. Es wurde der Zeitraum von 1990 bis 1996 betrachtet. Insgesamt wurden die Daten von 530-570 Krankenhäusern pro Analysejahr ausgewertet. Die Daten aller Patienten mit einem Alter von 18 Jahren oder älter, die zwischen 1990 und 1996 entlassen worden waren, wurden herangezogen, um auf der Ebene des Krankenhauses Indikatoren für Komplikationen zu identifizieren. Komplikationen wurden mit Hilfe einer Software identifiziert und krankenhausspezifische Komplikationsraten errechnet. Erfasst wurden u.a. Thrombose, Harnwegsinfektion und

Pneumonie. Die Komplikationen mussten jeweils nach einem größeren operativen Eingriff aufgetreten sein. Variablen zur Personalbesetzung wurden über die Daten der American Hospital Association (AHA) Datenbank gebildet. Pflegepersonalbesetzung wurde erfasst über die Anzahl an vollzeitarbeitenden (oder vollzeit-äquivalenten) registered nurses (RN) und licensed practical nurses (LPNs). Außerdem wurden bestimmte Krankenhauscharakteristiken wie Bettenzahl, Region u.a. festgehalten. Es wurden Trends bezüglich der vier Komplikationen über den Untersuchungszeitraum hinweg festgestellt und mit der Personalbesetzung korreliert. Unabhängige Effekte der Personalbesetzung auf die Komplikationen wurden über Regressionsanalysen ermittelt. Außerdem benutzte man eine multivariate Modellierung mit Poisson-Regression. Nachdem alle anderen Variablen kontrolliert worden waren, zeigte sich ein signifikanter negativer Zusammenhang zwischen RN-Stunden pro adjustiertem Patiententag (nähere Erklärung siehe vorstehende Studie von Kovner und Gergen aus 1998) nur mit der Komplikation Pneumonie. Und hier lag das Signifikanzniveau bei $p < 0.05$. LPN-Stunden zeigten hingegen keinen signifikanten Zusammenhang mit Komplikationen.

Lichtig et al. (1999) [58] untersuchten die Quantifizierbarkeit von Pflegepersonalbesetzung und Komplikationen und einen Zusammenhang zwischen den zwei Variablen. Hierzu wurden die Daten aus Krankenhausberichten ausgewertet, um Informationen über die Pflegepersonalbesetzung zu erhalten, und Entlassungsprotokolle durchgesehen, um Komplikationsraten und die durchschnittliche Aufenthaltsdauer von Patienten zu ermitteln. Für die Krankenhausangaben wurden Daten der US-Bundesstaaten New York (229 Akutkrankenhäuser) und Kalifornien (462 Akutkrankenhäuser) der Jahre 1992 und 1994 herangezogen. Patienteninformationen wurden über die Entlassungsprotokolle entsprechender Zeiträume ermittelt. Personalbesetzung wurde über zwei Variablen ermittelt. Einerseits wurde der Anteil der RN-Pflegestunden (RN, registered nurse) an Pflegestunden insgesamt errechnet, andererseits die Gesamtanzahl an Pflegestunden pro NIW-adjustiertem Patiententag ermittelt (NIW= nursing intensity weights;

spiegeln den relativen Pflegeaufwand für bestimmte Patientengruppen wider). Untersuchte Komplikationen teilten sich auf in Dekubiti, Pneumonien, Harnwegsinfektionen und postoperative Infektionen, bei denen eine nosokomiale Verursachung durch Spezialisten als wahrscheinlich eingeschätzt worden war.

Die Autoren finden regressionsanalytisch unterschiedliche Zusammenhänge zwischen Pflegepersonalbesetzung, Krankenhauscharakteristika und Aufenthaltslänge. Bezüglich der hier relevanten Outcomes zeigte sich, dass ein höherer Anteil an RNs mit einer niedrigeren Pneumonierate assoziiert war (die allerdings von einigen wenigen Krankenhäusern abhing, und nur für zwei Datensätze galt), außerdem fand sich ein Zusammenhang mit postoperativen Infektionen nur für Kalifornien, nicht für New York. Drei Datensätze zeigten einen Zusammenhang zwischen RN-Anteil und Harnwegsinfektionen. Nur in einigen der vier untersuchten Datensätze hing die Gesamtanzahl an Pflegestunden pro NIW-adjustiertem Patiententag mit Pneumonie (signifikant in einem Datensatz von vier), mit postoperativen Infektionen (signifikant in zwei Datensätzen) oder mit Harnwegsinfektionen (signifikant in drei Datensätzen) zusammen.

Needleman et al. (2002) [59] verwendeten administrative Daten von 799 US-amerikanischen Krankenhäusern aus 11 Bundesstaaten aus dem Jahre 1997, um einen Zusammenhang zwischen Betreuungsaufwand des Pflegepersonals und verschiedenen Patientenoutcomes zu untersuchen. Die Daten wurden mittels Regressionsanalyse ausgewertet, in der unter anderem der Einfluss der Variablen Unterschiede im Betreuungsaufwand, der für jeden Patienten benötigt wurde, oder unterschiedliche Risiken der Patienten für Nebenwirkungen kontrolliert wurde.

Die durchschnittliche Anzahl an Pflegestunden pro Patiententag lag bei 11,4, wobei hiervon 7,8 von registered nurses (RNs) ausgeführt wurden.

Der Pflegepersonalbestand zeigte einen Einfluss auf Harnwegsinfektion, Pneumonie, die Dauer des stationären Aufenthalts und Blutungen im oberen Gastrointestinaltrakt (GIT).

Bei nicht-chirurgischen Patienten war eine größere Anzahl an durch registered nurses ausgeübter Pflegestunden und eine größere Anzahl

insgesamt ausgeübter Pflegestunden mit einem kürzeren Krankenhausaufenthalt ($p=0,01$ bzw. $p<0,001$), niedrigeren Raten an Harnwegsinfektionen ($p=0,003$ bzw. $p<0,001$) und niedrigeren Raten an Blutungen im oberen Gastrointestinaltrakt ($p=0,003$ bzw. $p<0,007$) assoziiert. Des Weiteren ergab sich ein Zusammenhang mit einer reduzierten Rate an Pneumonien ($p=0,001$).

Bei der Untersuchung chirurgischer Patienten ergaben sich auch relativ eindeutige Resultate. Eine höhere Rate an Pflegestunden, die durch RN ausgeführt wurde, war assoziiert mit niedrigeren Raten von Harnwegsinfektionen ($p=0,04$). Eine Harnwegsinfektion war um 9% reduziert wenn der Anteil von RNs am Pflegepersonalbestand gesteigert wurde. Ein höherer Anteil von RNs bedeutete eine Reduktion der Pneumoniefälle um 6%.

Ein erhöhter Anteil an anderweitigem Pflegepersonal (also nicht RN) war nicht mit negativen Patientenoutcomes assoziiert. Außerdem fanden die Autoren keinen Zusammenhang zwischen höheren RN-Raten und Mortalität während des Krankenhausaufenthalts.

Robert et al. (2000) [37]. Untersucht wurde der Pflegepersonalbestand als Risikofaktor für nosokomiale primäre Sepsis bei Patienten auf einer chirurgischen Intensivstation. Bei dieser Fall-Kontroll-Studie aus den USA wurden 28 Patienten mit Sepsis (Fälle) mit 99 zufällig ausgewählten Patienten (Kontrollen), die mindestens 3 Tage auf derselben Station lagen, verglichen. Der Studienzeitraum umfasste 12 Monate. Fall- und Kontroll-Patienten ähnelten sich in Alter, Schwere der Erkrankung und Art des bei ihnen benutzten zentralen Venenkatheters. Beim Pflegepersonalbestand wurde 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, unterschieden. Um das durchschnittliche Pflegepersonal/Patienten-Verhältnis darzustellen, wurde das durchschnittliche Verhältnis für alle drei Schichten eines Tages bestimmt. Das Pflegepersonal/Patienten-Verhältnis wurde als Risikofaktor für

eine Sepsis überprüft, indem das Pflegepersonal/Patienten-Verhältnis für jede Schicht für die drei Tage, die einer Sepsis vorangingen, ermittelt wurde. Fallpatienten wurden signifikant in einem 5-Monatszeitraum aufgenommen, in dem ein niedrigeres ständiges Pflegepersonal-Patienten-Verhältnis und höheres zusätzliches Pflegepersonal-Patienten-Verhältnis als in dem 8-monatigen Referenzzeitraum vorhanden war. Fallpatienten hatten ein signifikant niedrigeres ständiges Pflegepersonal-Patienten-Verhältnis (Median 8,8 vs. 9,9 Pflegestunden/ Patiententag; $p < 0,001$) und höheres zusätzliches Pflegepersonal-Patienten-Verhältnis (Median 3,2 vs. 2,8 Pflegestunden/ Patiententag; $p < 0,001$) in den drei Tagen vor einer Sepsis, verglichen mit Kontrollpatienten. Das allgemeine Pflegepersonal-Patienten-Verhältnis von Fallpatienten unterschied sich nicht signifikant von dem der Kontrollpatienten (Median 12,0 vs. 12,7 Pflegestunden/ Patiententag; $p = 0,07$).

In multivariater Analyse wurde eine Aufnahme während eines Zeitraums mit erhöhtem zusätzlichem Pflegepersonal-Patienten-Verhältnis (OR 3,8) als unabhängiger Risikofaktor für eine Sepsis bestimmt.

Bei einer generalisierten Betrachtung des Pflegepersonals, d.h. bei einer Zusammenfassung von ständigem und zusätzlichem Pflegepersonal, ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen Fall- und Kontrollpatienten.

Saxena und Panhotra (2004) [60] untersuchten den Einfluss, den ein Mangel an Pflegepersonal auf die Übertragung des Hepatitis C-Virus (HCV) besitzt, in einer großen, an ein Krankenhaus angeschlossenen Hämodialysestation mit hoher HCV-Prävalenz in Saudi-Arabien. Es wurden retrospektiv die Daten von insgesamt 198 Langzeit-Dialysepatienten mit Nierenerkrankungen im Endstadium erfasst. Der Untersuchungszeitraum reichte von August 1995 bis August 2000. Die Patienten wurden Gruppen mit unterschiedlichen Pflege-Patienten-Verhältnissen (PPV) zugeordnet. In Gruppe 1 lag das PPV bei 1:2 (Pflegepersonal/ Patient), in Gruppe 2 bei 1:3 und in Gruppe 4 bei 1:4. Die Erfassung des PPV basierte auf behandelndem Pflegepersonal und den Patienten, technisches Personal wurde nicht berücksichtigt. HCV-Prävalenzen, Serokonversionsraten, anamnestisch erfolgte Bluttransfusionen und Länge der Dialysebehandlung wurden

festgehalten und verglichen. Die Daten wurden statistisch ausgewertet und Signifikanzen berechnet.

Es ergab sich eine Jahresprävalenz von HCV von 43,4% und eine Serokonversionsrate von 8,6%. Gruppe 1, die Gruppe mit dem höchsten Pflege-Patienten-Verhältnis, besaß die niedrigste jährliche HCV-Prävalenz und Serokonversionsrate (26,8%; 5,3%). Sie wurde gefolgt von Gruppe 2 (43,6%; 8,7%). Gruppe 3 zeigte die höchsten Zahlen (71,8%; 14,4%). Eine geringe Stationsbesetzung schien eine entscheidende Rolle in der Übertragung von HCV auf den Dialysestationen zu spielen.

Stegenga et al. (2002) [61] untersuchten den Zusammenhang zwischen Pflegepersonalbestand und der Zahl von nosokomialen viralen gastrointestinalen Infektionen (NVGI). In dieser retrospektiven, deskriptiven Studie aus Kanada wurden administrative, patientenbezogene und Labordaten von einer allgemeinpädiatrischen Station verwendet. Der Studienzeitraum umfasste 15 Monate.

Der Pflegepersonalbestand wurde auf zwei unterschiedliche Weisen untersucht: Patienten-Pflegepersonal-Verhältnis und Pflegestunden pro Patiententag. Um eine Verbindung zwischen personeller Unterbelegung und NVGI-Raten darzustellen wurde der Studienzeitraum in 15 (jeweils 1-monatige Abschnitte) unterteilt und Pearson'sche Korrelationskoeffizienten zwischen allen Variablen bestimmt. Weiterhin wurden unter Berücksichtigung einer Inkubationszeit der NVGIs von 72 Stunden die Pflegestunden pro Patiententag, das Patienten-Pflegepersonal-Verhältnis am Tag sowie das Patienten-Pflegepersonal-Verhältnis in der Nacht für den 72-stündigen Zeitraum vor jeder Infektion (Präinfektionszeitraum, PIP) und für alle anderen Zeiträume (Nicht-Präinfektionszeitraum, NPIP) berechnet. Zusätzlich wurde die NVGI-Rate für den 72-Stunden Zeitraum nach jedem Tag, an dem die Zahl der Pflegestunden pro Patiententag 10,5 Stunden unterschritt, festgehalten, dies geschah auch für alle anderen Zeiträume.

Während des Studienzeitraumes wurden 43 Fälle von NVGIs bei 37 Patienten bei insgesamt 2.929 Aufnahmen nachgewiesen (1,3%). Die monatliche NVGI-Rate zeigte eine signifikante Korrelation zum monatlichen Patienten-Pflegepersonal-Verhältnis in der Nacht ($r=0,56$) und dem

monatlichen Patienten-Pflegepersonal-Verhältnis am Tag ($r=0,50$). Die Pflegestunden pro Patiententag waren während des Präinfektionszeitraums (PIP) signifikant niedriger als während des Nicht-Präinfektionszeitraums (NPIP; 12,5 vs.13,0). Ein weiterer signifikanter Unterschied zwischen PIP und NPIP fand sich bei dem Patienten-Pflegepersonal-Verhältnis in der Nacht (3,26 vs. 3,16). Die Inzidenz von NVGIs im 72-Stunden Zeitraum nach jedem beliebigen Tag, an dem die Pflegestunden pro Patiententag 10,5 Stunden unterschritt, war 6,39 Infektionen auf 1.000 Patiententage, verglichen mit 2,17 Infektionen auf 1.000 Patiententage zu Zeiten, an denen es mehr als 10,5 Pflegestunden pro Patiententag gab (Rate-Ratio 2,94; 95%CI 2,16-4,01).

Sujjantararat et al. (2005) [62] betrachteten 10 medizinische und 9 chirurgische Stationen eines 1.900-Betten Krankenhauses in Thailand. Es sollte der Zusammenhang zwischen der Anzahl der registered nurses (RN)-Pflegestunden pro Patiententag, dem Anteil an RNs und nosokomialen Harnwegsinfektionen untersucht werden. Die Patienten einer Station wurden über 10-24 Wochen hinweg regelmäßig auf das Vorliegen einer Harnwegsinfektion getestet. Eine Station wurde zu dem Zeitpunkt in die Analyse mit aufgenommen, zu dem 20 ihrer Patienten eine Harnwegsinfektion aufwies. Die Rate an nosokomialen Harnwegsinfektionen wurde berechnet, indem die Anzahl an nosokomialen Harnwegsinfektionen durch die Anzahl an Patienten mit Harnwegkatheter der Station geteilt wurde. Das Ergebnis wurde mit 100 multipliziert. Die Stationsbesetzung wurde errechnet, indem die durchschnittliche Anzahl an Pflegestunden pro Tag durch die durchschnittliche Anzahl an Patienten pro Tag geteilt wurde. Weiterhin wurde die Anzahl an RN-Stunden pro Patiententag festgehalten und wie folgt berechnet: Anzahl an RN-Stunden pro Patiententag/ Stationsbesetzung (nach oben stehender Formel). Harnwegsinfektion und Stationsbesetzung waren in der einfachen Regressionsanalyse negativ korreliert ($r= -0,-671$; $p<0,01$). Ein Zusammenhang zwischen Harnwegsinfektionen und RN-Anteil wurde nicht gefunden.

Unruh (2003) [63] untersuchte den Zusammenhang der Anzahl und des Anteils an licensed nurses (LN) – RNs (registered nurses) und LPNs (licensed practical nurses) zusammengefasst – und Komplikationen in Krankenhäusern. Hierzu analysierte sie Patienten- und Krankenhausdaten aus drei großen US-amerikanischen Datenbanken. Die Daten aller Akutkrankenhäuser in Pennsylvania zwischen 1991 und 1997 wurden betrachtet. Es wurden unterschiedliche Komplikationen untersucht, darunter Pneumonie, postoperative Infektionen und Harnwegsinfektionen, die durch den Krankenhausaufenthalt oder während ihm entstanden waren. Krankenhäuser mit einer höheren Anzahl an LNs (bei konstanter Patientenzahl) hatten signifikant niedrigere Raten von Harnwegsinfektionen ($p < 0,001$), aber signifikant höhere Raten von Pneumonie ($p < 0,05$). Krankenhäuser mit einem größeren Anteil von LNs am gesamten Pflegepersonal hatten niedrigere Pneumonieraten ($p < 0,05$), mit Harnwegsinfektionen fand sich kein signifikanter Zusammenhang.

Whitman et al. (2002) [64] untersuchten den Zusammenhang zwischen Stationsbesetzung und verschiedenen pflegepersonalsensitiven Outcomes, hierunter, neben vielen anderen, auch ZVK-assoziierte Sepsis. Es wurden retrospektiv die Daten von 95 Krankenhausstationen in den USA analysiert. Hierbei handelte es sich um 15 kardiale ITS, 7 nicht kardiale ITS, 18 nicht kardiale Stationen und 43 gemischt medizinisch-chirurgische Stationen aus zehn Akutkrankenhäusern. Zur Erfassung der Stärke der Stationsbesetzung wurden die Anzahl der monatlich von allen Pflegekräften gearbeiteten Stunden durch die monatliche Anzahl an Patiententagen geteilt. ZVK-assoziierte Sepsis wurden nach den Definitionen des National Nosocomial Infection Surveillance System (NNIS) festgehalten. ZVK-assoziierte Sepsisraten wurden definiert als die Anzahl der Fälle von nosokomialer ZVK-assoziiertes Sepsis multipliziert mit 1.000, geteilt durch die Anzahl der Tage mit ZVK. Es konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Outcome ZVK-assoziierte Sepsis und der Stationsbesetzung gefunden werden. Genaue Werte werden nicht angegeben.

3.2.4 Studien zum Zusammenhang von Pflege-Patienten-Verhältnis und nosokomialen Infektionen - Untersuchung von Ausbrüchen

Andersen et al. (2002) [65]: Untersucht wurde ein Ausbruch von MRSA-Infektionen auf einer Neugeborenen-Intensivstation in einem Krankenhaus in Norwegen im Jahre 1999. Binnen fünf Wochen wurden acht Neugeborene mit MRSA infiziert. Keine der Mütter war MRSA-positiv. Sieben der acht Neugeborenen hatten direkten oder indirekten gegenseitigen Kontakt, waren im gleichen Raum untergebracht und wurden vom gleichen Pflegepersonal versorgt. Der Zeitpunkt des Ausbruchs fiel in einen arbeitsintensiven Zeitraum: mehr als 95% der Betten waren voll, während und nach dem Ausbruch kontinuierlich ausgelastet; das durchschnittliche Pflegepersonal/Patienten-Verhältnis vor, während und nach dem Ausbruch betrug 0,72. Nur 50% des Pflegepersonals waren Vollzeitangestellte, 42% waren relativ unerfahren. Bis zu 62% des Pflegepersonals wurden von extern, auch aus anderen skandinavischen Ländern, herangezogen.

Die Autoren machen keine statistischen Angaben über den Zusammenhang zwischen einer Unterbesetzung an Pflegepersonal und MRSA-Infektionen. Sie geben lediglich absolute Zahlen an und führen eine so mutmaßliche personelle Unterbesetzung, zum Teil mit unerfahrenem Pflegepersonal, als begünstigendes Element des Ausbruchs an.

Archibald et al. (1997) [66]: Um Erklärungen für einen Ausbruch von *Serratia marcescens* auf einer pädiatrischen kardialen Intensivstation in den USA zu finden und Risikofaktoren zu identifizieren, wurde eine retrospektive Studie mit den Daten des entsprechenden Jahres 1995 durchgeführt. In jenem Jahr gab es 782 Aufnahmen auf die Station, 43 Patienten (5,5%) entwickelten 57 nosokomiale Infektionen. Für jeden Monat wurde die Rate der NIs (Anzahl der Infektionen auf 1.000 Patiententage) und die monatliche Pflegepersonalstunden/ Patiententag-Rate berechnet. Der Zusammenhang zwischen der NI-Rate und den monatlichen Pflegepersonalstunden, den monatlichen Patiententagen und des Pflegepersonalstunden/ Patiententage-Verhältnisses wurde mittels linearer Regressionsanalyse festgestellt und der

Pearson'sche Korrelationskoeffizient ermittelt. Die stärkste lineare Korrelation wurde zwischen der monatlichen NI-Rate und den Patiententagen festgestellt ($r=0,89$; $p=0,0001$). Auch gab es einen statistisch signifikanten inversen linearen Zusammenhang zwischen der NI-Rate und dem Pflegepersonalstunden/ Patiententage-Verhältnis ($r=-0,77$; $p=0,003$). Die Studie demonstrierte, dass sowohl die Patientendichte (dargestellt mittels der Patiententage) und das Pflegepersonalstunden/ Patiententage-Verhältnis signifikant mit der NI-Rate assoziiert waren. Die Autoren implizieren, dass zwei NI-Fälle pro 1.000 Patiententage verhindert werden könnten, wenn das Pflegepersonalstunden/ Patiententage-Verhältnis um eins erhöht werden würde.

Dorsey et al. (2000) [67] untersuchten den Ausbruch von zwei Erregern, *Serratia marcescens* und *Enterobacter cloacae*, auf einer chirurgischen Intensivstation. Mithilfe einer retrospektiven Kohortenstudie sollten Risikofaktoren für die Entwicklung von Infektionen ermittelt werden. Beobachtet wurden alle Personen, die während des Ausbruchszeitraums zwischen Dezember 1997 und Januar 1998 länger als 72 Stunden auf der Station gelegen hatten und bei denen eine der beiden Infektionen mikrobiologisch nachgewiesen werden konnte (10 von 52 Patienten). Patienteninformationen wie unter anderem Schwere der Erkrankung (APACHE II-Wert), Operationen, Katheter, etc. wurden festgehalten. Bei Fallpatienten wurden die Daten bis zum Eintreffen der Infektion festgehalten, bei Kontrollpatienten bis zu ihrer Entlassung von der ITS. Es wurden bivariate und multivariate Analysen durchgeführt. Die Besetzung der Station mit Pflegepersonal wurde über einen 18-monatigen Zeitraum erfasst, 12 Monate vor dem zwei Monate dauernden Ausbruch und vier Monate danach. Für jede 12-Stunden Schicht wurde die Anzahl der Patienten, die ein 1:1 bzw. 1:2 Pflege-Patienten-Verhältnis benötigte sowie die Gesamtzahl an registered nurses (RNs) festgehalten. Das Pflege-Patienten-Verhältnis wurde mit folgender Formel für jede Schicht berechnet: $[\text{Anzahl an Pflegekräften} - (1:1 \text{ Patienten} \times 1) + (1:1 \text{ Patienten} \times 0,5)]$. Im Idealfall liege, den Autoren zufolge, dieses Verhältnis zwischen 1 und 2, Werte ≤ 1 wurden als Unterbesetzung der Station angesehen. Nach einer Kontrolle der

monatlichen Patiententage zeigte sich ein zeitlicher Zusammenhang zwischen hohen Infektionsraten und Perioden mit niedriger Stationsbesetzung. Während der Monate des Ausbruchs gab es durchschnittlich ein nicht belegtes Bett pro Schicht weniger (0,4 statt 1,28, $p=0,02$). Die Anzahl von Infektionen mit anderen Organismen blieb über den gesamten 18-Monatszeitraum gleich (Range 0-2).

Farrington et al. (2000) [68] beschäftigten sich mit dem Einfluss der Arbeitsbelastung des Pflegepersonals auf die Übertragung von nosokomial erworbenen MRSA. Es wurden zwei Strategien zur Kontrolle von Ausbrüchen untersucht. Unter der sogenannten „alten“ Strategie wurden betroffene Stationen für Neuaufnahmen geschlossen, um eine Ausbreitung des Keimes zu verhindern, unter der „neuen“ Strategie blieben die Stationen solange geöffnet, wie die Infektion unter Kontrolle gehalten werden konnte. Mittels GRASP workload-System (ein standardisiertes und validiertes System zur Erfassung des benötigten und vorhandenen Pflegepersonals) wurde die Arbeitsbelastung der Pflegekräfte während sechs Ausbrüchen von MRSA verglichen. Zwei Ausbrüche hatten stattgefunden, auf die man mit strikter Schließung der Stationen reagiert hatte (alte Strategie), während der folgenden vier Ausbrüche von MRSA war die neue Strategie angewandt worden. Zur Standardisierung der Analyse wurden GRASP-Daten und epidemiologische Daten der Stationen während der Übertragungsperiode von MRSA und je vier Wochen vor und nach dieser Periode erfasst. Nach dem Zuordnen („matchen“) der untersuchten Stationen blieb eine Station, die nach der alten Strategie, und vier Stationen, die nach der neuen Strategie handelten, übrig. Die Daten dieser Stationen wurden miteinander verglichen. Beim Anwenden der alten Strategie erfolgten Ausbrüche von MRSA zu Zeiten, in denen das GRASP-System eine hohe Arbeitsbelastung, also einen Mangel an Pflegepersonal, anzeigte. Bei Anwendung der neuen Strategie waren die Ergebnisse weniger eindeutig. Hier entstanden Ausbrüche zu Zeiten, in denen etwas weniger Arbeitsbelastung vorherrschte als normalerweise. Die Anzahl an zusätzlich benötigten Pflegekräften, um eine optimale Fürsorge gewährleisten zu können, war aber in den dem Ausbruch vorausgehenden Wochen stark erhöht. Die Autoren nehmen an, dass die

Schließung von Stationen eine wirksame Maßnahme zur Infektionskontrolle sei, weil so die Arbeitsleistung für das Pflegepersonal reduziert werden konnte, wodurch mehr Zeit für ein angemessenes Verhalten zur Infektionskontrolle bliebe.

Die Autoren präsentieren einen Vergleich der Ergebnisse der Stationen und Strategien, halten sich mit einer ausführlichen statistischen Analyse jedoch zurück.

Fridkin et al. (1996) [69]: Um Risikofaktoren für einen Ausbruch von Fällen von primärer Sepsis nach ZVK-Anlage auf einer chirurgischen Intensivstation in den USA zu ermitteln, wurde eine retrospektive Fall-Kontroll-Studie durchgeführt. Während der 21 Monate, die als Ausbruchszeitraum definiert wurden, entwickelten 85 Patienten eine primäre Sepsis. Der Vorausbruchszeitraum wurde als das Jahr vor dem Ausbruchszeitraum festgelegt. Der Pflegepersonalbestand wies signifikante Unterschiede im Ausbruchszeitraum und im Vorausbruchszeitraum auf. Obwohl die Patiententage pro Monat beim Vergleich von Ausbruchszeitraum und Vorausbruchszeitraum abnahmen, stieg die Anzahl der Pflegepersonalstunden proportional mehr im Ausbruchszeitraum als im Vorausbruchszeitraum an. Dies führte zu einem Anstieg des durchschnittlichen monatlichen Patienten-Pflegepersonal-Verhältnisses von 1,18 auf 1,40 Patienten pro Pflegekraft ($p < 0,01$). Beim Vergleich von Monaten, in denen mindestens ein Fall von primärer Sepsis auftrat, zu solchen, in denen keine Infektion entstand, unterschied sich das monatliche Patienten/ Pflegepersonal Verhältnis (Mittelwerte 1,43 vs. 1,18; $p = 0,1$). Ein monatliches Patienten/ Pflegepersonal Verhältnis von mindestens 1,26 (Mittelwert des kompletten Studienzeitraumes) zeigte sich assoziiert mit dem Auftreten von mindestens einem Fall von primärer Sepsis (Relatives Risiko (RR) 2,2; 95%CI 1,1-4,3). Unter Verwendung eines logistischen Regressionsmodells, adjustiert auf Ausbruchszeitraum/ Vorausbruchszeitraum, parenteraler Ernährung und mechanischer Beatmung > 14 Tage, ergab sich als unabhängiger Risikofaktor für eine primäre Sepsis ein hohes Patienten-Pflegepersonal-Verhältnis. Bei einem Patienten-Pflegepersonal-Verhältnis von 1,2 (=20 Pflegepersonalstunden pro

Patiententag) fand man eine Odds Ratio (OR) von 3,95 (95%CI 1,07- 14,54), bei einem Patienten-Pflegepersonal-Verhältnis von 1,5 (=16 Pflegepersonalstunden pro Patiententag) eine OR von 15,6 (95%CI 1,15-211,4) und bei einem Patienten-Pflegepersonal-Verhältnis von 2,0 (=12 Pflegepersonalstunden pro Patiententag) eine OR von 61,5 (95%CI 1,23-3074). In die Berechnung des monatlichen Patienten-Pflegepersonal-Verhältnisses wurden nur RNs einbezogen.

Haley und Bregman (1982) [70]: Untersucht wurde der Einfluss von personeller Unterbesetzung und Stationsüberbelegung auf das wiederholte Auftreten von Staphylokokken (*Staphylococcus aureus*)- Epidemien auf einer Neugeborenenstation in den USA. Während des 21-monatigen Studienzeitraumes wurden 299 Fälle von Staphylokokkeninfektionen dokumentiert.

Die Station bestand aus vier Unterabteilungen, nach Pflegeintensität der Patienten unterteilt, für eine epidemiologische Untersuchung ausreichende Zahlen gab es jedoch nur für die Abteilung der mittleren Pflegeintensität. Diese Abteilung hatte planmäßig Betten für 28 Patienten, den Standards der American Academy of Pediatrics entsprechend; gravierende Überbelegung wurde von den Autoren ab einer Patientenzahl von 33 festgelegt. Ebenfalls auf den Empfehlungen der American Academy of Pediatrics basierend, auf einer Station dieser Art maximal 3-4 Patienten pro Pflegekraft einzuteilen, wurde ein Patient-Pflegekraft-Verhältnis von 7 als Grenzwert für gravierende personelle Unterbesetzung festgelegt. Der Index für das Arbeitspensum der Pflegekräfte wurde durch das abteilungsspezifische Patienten-Pflegepersonal-Verhältnis, die Patientenzahl beim Erheben der Mitternachtsstatistik/ Pflegekraftanzahl in der dazugehörigen Nachtschicht, berechnet.

Die Inzidenzrate von gehäuften Staphylokokkeninfektionen war mehr als 16mal höher wenn das Patienten/ Pflegepersonal- Verhältnis 7 überschritt (relatives Risiko (RR) 16,4, 95%CI 7,0- 40,0) und mehr als siebenmal höher nach Zeiträumen, in dem die Patientenzahl 33 überschritt (RR 7,3; 95%CI 3,5-15,4).

Harbarth et al. (1999) [23]: Untersucht wurden die Ursachen und Übertragungswege einer Anhäufung von Infektionen mit *Enterobacter cloacae* auf einer Neugeborenen-Intensivstation mit 15 Betten in der Schweiz. Die retrospektive Kohortenstudie umfasste einen Zeitraum von 6 Wochen. 60 Neugeborene stellten die Studienpopulation, darunter waren 8 Fallpatienten. Der reale und der benötigte Pflegepersonalbestand der Station wurde mittels Project Research in Nursing (PRN)-System ermittelt. Dieses kanadische Informationssystem listet 214 Indikatoren oder Tätigkeiten auf, die Pflegekräfte binnen 24 Stunden zum Wohle des Patienten ausführen, und anhand derer die zur optimalen Versorgung nötige Pflegepersonalanzahl ermittelt werden kann. Während des 6-wöchigen Zeitraumes des Ausbruchs wurde eine gravierende Überbelegung der Station festgestellt. Die täglichen Auslastungszahlen überschritten das Standardmaximum von 15 Neugeborenen pro Tag um durchschnittlich 5 (+/-2.5). Die durchschnittliche Belegungsrate während des Ausbruchs betrug 50% mehr als der Standard. Zusätzlich wurde eine dramatische personelle Unterbesetzung während der letzten fünf Wochen des Ausbruchs aufgezeigt, als 20 Pflegekräfte täglich in drei Schichten arbeiteten, wohingegen nach dem PRN-System 35 vonnöten gewesen wären. Für weitere Berechnungen untersuchte man einen Zeitraum, der zusätzlich zu der Zeit des Ausbruchs die 15 Monate vor und die 6 Monate nach dem Ausbruch beinhaltete. In diesem Zeitraum war die Inzidenz von *E. cloacae*-Infektionen signifikant höher in Zeitabschnitten mit hoher Überbelegung und personeller Unterbesetzung (mehr als 20 Neugeborene auf der Station und das Fehlen von mehr als 8 Pflegekräften pro Schicht: 5,31 Episoden auf 1.000 Patiententage) als in Zeitabschnitten mit besserer Belegungssituation und Pflegepersonalzahlen (weniger als 20 Neugeborene auf der Station und weniger als 8 fehlende Pflegekräfte pro Schicht: 0,89 Episoden auf 1.000 Patiententage). In solchen Zeitabschnitten von schwerer Unterbesetzung und Überbelegung war das relative Risiko für eine *E. cloacae*-Infektion stark erhöht (RR 5,97; 95%CI 2,2-16,4). Auch im Hinblick auf nosokomiale Sepsis zeigte der oben beschriebene Zeitraum eine erhöhte Inzidenz von auf der Station erworbenen Infektionen jedweder Art von Mikroorganismen (von 1,6 bis 4,49 Episoden auf 1.000 Patiententage; RR 4,2, 95%CI 1,4-13,1). Der Ausbruch war beendet, nachdem das

Standardmaximum der Belegungsrate nicht mehr überschritten wurde und zusätzlich ergriffene Maßnahmen, wie erhöhte Compliance bei der Händedesinfektion, ihre Wirkung zeigten.

Pessoa-Silva et al. (2002) [71]: Untersucht wurde ein Ausbruch von *Salmonella enterica subsp. enterica serotyp infantis* auf einer Neugeborenenstation in Brasilien. Die Station war unterteilt in drei Unterstationen für Patienten mit unterschiedlich hohem Risiko bzw. Pflegebedarf. Mittels einer Fall-Kontroll-Studie wurden Risikofaktoren für die insgesamt 140 Neuinfektionen binnen 11 Monaten ermittelt. Augenmerk wurde u.a. auf die durchschnittliche Überbelegungsrate, angegeben in Prozent, gelegt, welche berechnet wurde mit der Zahl der tatsächlich stationären Patienten geteilt durch die Zahl der höchsten amtlich zugelassenen Patientenanzahl, das Ergebnis multipliziert mit 100. Ein signifikantes Ergebnis wurde auf der Station des intensiven Pflegebedarfs festgestellt, hier war die durchschnittliche monatliche Überbelegungsrate im Ausbruchszeitraum gegenüber der im Vorausbruchszeitraum signifikant erhöht (110% vs. 107%, $p < 0,01$).

Festgehalten wird von den Autoren aber auch, dass das Pflegepersonal/ Patienten-Verhältnis auf der Station des mittleren Pflegebedarfs 1:12 und auf der Station des intensiven Pflegebedarfs 1:6,6 betrug. Die American Academy of Pediatrics empfiehlt hingegen ein Pflegepersonal/ Patienten-Verhältnis von 1:3 respektive 1:1.

Vicca et al. (1999) [72]: Untersucht wurde der Zusammenhang zwischen dem Arbeitspensum des Pflegepersonals und einem gehäuften Auftreten von MRSA-Infektionen auf einer Intensivstation in England. Während des 19-monatigen Studienzeitraumes gab es insgesamt 50 Fälle von neu erworbenen MRSA-Infektionen. Der Pearson'sche Korrelationskoeffizient wurde für die Anzahl der MRSA-Fälle auf der Station mit allen anderen Variablen berechnet. Auf Pflegepersonalebene wurde dabei folgendermaßen unterschieden: Stammpflegepersonal/ Patienten-Verhältnis = Anzahl der regulären Pflegekräfte pro Schicht/ Anzahl der Patienten pro Schicht. Komplettpersonal/ Patienten-Verhältnis = die totale Zahl aller Pflegekräfte

(den regulären plus den zusätzlich herangezogenen Pflegekräften)/ Zahl der Patienten. Pflegepersonalbestand = totale Zahl aller Pflegekräfte pro Schicht minus der laut interner Vorgabe benötigten Pflegekräfte für diese Schicht. Pflegepersonal/ ,dependency'-Verhältnis: totale Anzahl aller Pflegekräfte/ laut Skala ermitteltem Wert an benötigten Pflegekräften für die Schicht. Der Gipfelwert war das höchste Ergebnis, das von einer der drei Schichten an dem jeweiligen Tage erreicht wurde. Der Talwert war das niedrigste Ergebnis, das von einer der drei Schichten an dem jeweiligen Tage erreicht wurde. Der Durchschnittswert war das mittlere Ergebnis aller drei Schichten an dem jeweiligen Tag. Der tägliche totale Überschuss bzw. Defizit an Pflegekräften war die Summe des Pflegepersonalbestandes der drei Schichten. Eine schwache, aber signifikante negative Korrelation bestand zwischen der Anzahl von MRSA-Fällen auf der Station an einem beliebigen Tag und dem durchschnittlichen Komplettpersonal/ Patienten-Verhältnis ($r = -0,150$; 95%CI $-0,069$ bis $-0,229$, $p < 0,001$), dem Gipfelwert des Komplettpersonal/ Patienten-Verhältnisses ($r = -0,150$; 95%CI $-0,064$ bis $-0,224$, $p < 0,001$), dem Talwert des Komplettpersonal/ Patienten-Verhältnisses ($r = -0,137$; 95%CI $-0,055$ bis $-0,216$, $p < 0,001$) und des durchschnittlichen Stammpflegepersonal/ Patienten-Verhältnisses ($r = -0,146$; 95%CI $-0,065$ bis $-0,225$, $p < 0,001$). Ebenso gab es eine hochsignifikante Korrelation zwischen der Anzahl von MRSA-Fällen und dem täglichen totalen Überschuss bzw. Defizit an Pflegekräften; dem höchsten Wert des Pflegepersonalbestandes ($r = -0,147$; 95%CI $-0,066$ bis $-0,226$, $p < 0,001$) sowie dem niedrigsten Wert des Pflegepersonalbestandes ($r = -0,171$; 95%CI $-0,090$ bis $-0,249$, $p < 0,001$).