

Aus der Medizinischen Klinik mit Schwerpunkt Nephrologie und Internistische  
Intensivmedizin  
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Auswirkungen der Umstellung des Händedesinfektionsmittelkonzeptes  
auf fest installierte, automatische Spender auf der Internistischen Intensivstation

The impact of modification of the hand hygiene concept  
to mounted, automated dispensers in the medical intensive care unit

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Ahmad Nawid Sharif

aus Mainz

Datum der Promotion: 04.06.2021

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>6</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>8</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>9</b>
<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>10</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>12</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Bedeutung der Händedesinfektion .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2. Einteilung der Hautflora .....</b>	<b>14</b>
1.2.1. Transiente Flora .....	15
1.2.2. Residente Flora .....	15
<b>1.3. Maßnahmen der Händehygiene .....</b>	<b>16</b>
1.3.1. Händewaschung.....	16
1.3.2. Händedesinfektion.....	17
1.3.2.1. Ziel der Händedesinfektion .....	17
1.3.2.2. Technik der hygienischen Händedesinfektion .....	17
1.3.2.3. Klassifikation der Desinfektionsmittel .....	18
1.3.3. Auswirkungen auf die Haut .....	19
1.3.4. Indikationen zur Händedesinfektion .....	19
1.3.5. Medizinische Schutzhandschuhe .....	21
<b>1.4. Nosokomiale Infektionen .....</b>	<b>21</b>
1.4.1. Definition und Surveillance.....	21
1.4.2. Diagnosekriterien .....	22
1.4.2.1. Infektion der unteren Atemwege.....	23
1.4.2.2. Primäre Sepsis .....	23
1.4.2.3. Harnwegsinfektion .....	23
1.4.3. Exogene Infektionen.....	24
1.4.4. Endogene Infektionen .....	24
1.4.5. Prävalenz .....	24

1.4.6. Risikofaktoren.....	25
<b>1.5. Compliance.....</b>	<b>25</b>
1.5.1. Definition .....	25
1.5.2. Bestimmung der Compliance .....	26
1.5.3. Noncompliance.....	27
<b>1.6. Anforderungen an einen Händedesinfektionsmittelspender.....</b>	<b>28</b>
1.6.1. Anzahl und Aufstellungsort.....	28
1.6.2. Art des Spenders.....	28
1.6.2.1. Fest montierte Spender am Bett oder an der Wand .....	29
1.6.2.2. Mobile Spender mit Dosierpumpen .....	29
1.6.2.3. Kitteltaschenflaschen.....	29
<b>2. Fragestellung .....</b>	<b>31</b>
<b>3. Material und Methodik.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1. Studienort .....</b>	<b>32</b>
3.1.1. Die Intensivstation S32b.....	32
3.1.2. Personelle Ausstattung .....	32
3.1.2.1. Ärztliches Personal .....	32
3.1.2.2. Pflegepersonal .....	33
3.1.2.3. Sonstige .....	33
<b>3.2. Aufbau der Studie .....</b>	<b>33</b>
3.2.1. Das Ophardt Hygiene Monitoring System .....	33
3.2.2. Lokalisation der Spender.....	34
3.2.3. Datenerhebung der Desinfektionsmittelspender .....	39
3.2.4. Desinfektionsmittelverbrauch .....	39
3.2.5. Compliancebeobachtungsdaten.....	40
3.2.6. Nosokomiale Infektionen .....	40
<b>3.3. Auswertung .....</b>	<b>41</b>
3.3.1. Zeitraum .....	41
3.3.2. Spenderdaten.....	41
3.3.3. Desinfektionsmittelverbrauch .....	42
3.3.4. Compliancebeobachtung.....	43

3.3.5. Nosokomiale Infektionen .....	43
<b>3.4. Statistische Methoden .....</b>	<b>43</b>
3.4.1. Datenauswertung .....	43
3.4.2. Statistische Verfahren .....	43
<b>3.5. Ethikkommission .....</b>	<b>44</b>
<b>4. Ergebnisse .....</b>	<b>45</b>
<b>4.1. Belegung und Auslastung der Intensivstation .....</b>	<b>45</b>
4.1.1. Belegung .....	45
4.1.2. Auslastung.....	46
<b>4.2. Desinfektionsmittelverbrauch .....</b>	<b>46</b>
4.2.1. Entwicklung des Desinfektionsmittelverbrauch 2015 bis 2019.....	46
4.2.2. Anhand der Spenderdaten ermittelter Desinfektionsmittelverbrauch für die Jahre 2017 bis 2019.....	48
4.2.3. Vergleich der Ermittlung des Desinfektionsmittelverbrauches über die Einkaufsmenge und die Spenderdaten .....	49
<b>4.3. Veränderung der Compliance .....</b>	<b>49</b>
4.3.1. Verlauf der Compliance insgesamt .....	49
4.3.2. Vergleich vor und nach Installation der Spender.....	50
4.3.3. Compliance aufgeschlüsselt nach WHO Indikation zur Händedesinfektion.	51
<b>4.4. Nosokomiale Infektionen .....</b>	<b>52</b>
4.4.1. Nosokomiale Infektionen auf der Intensivstation S32b .....	52
4.4.2. Harnwegsinfektionen.....	54
4.4.3. Pneumonie .....	55
4.4.4. Primäre Sepsisfälle .....	56
<b>4.5. Verteilung der Spenderbetätigung 2018 und 2019 .....</b>	<b>57</b>
4.5.1. Überblick der Spenderbetätigung der gesamten Station.....	57
4.5.2. Dreibettzimmer 31, 32 und 37 .....	61
4.5.3. Zweibettzimmer 33/34 .....	62
4.5.4. Einzelzimmer 35.....	63
4.5.5. Vierbettzimmer 38 .....	64

<b>4.6. Zeitliches Verhalten der Spenderbetätigung 2018 bis 2019</b> .....	66
4.6.1. Vergleich Wochenende gegenüber Werktagen.....	66
4.6.2. Vergleich unterschiedlicher Tageszeiten.....	67
<b>5. Diskussion</b> .....	<b>69</b>
<b>5.1. Desinfektionsmittelverbrauch</b> .....	69
5.1.1. Entwicklung des Desinfektionsmittelverbrauches .....	69
5.1.2. Auswirkungen von Interventionen .....	70
<b>5.2. Compliance</b> .....	72
5.2.1. Vergleich der ermittelten Compliance .....	72
5.2.2. Weitere Systeme zur Bestimmung der Compliance .....	74
5.2.3. Spenderbeteiligung zu unterschiedlichen Tageszeiten .....	75
<b>5.3. Nosokomiale Infektionen</b> .....	77
<b>5.4. Betätigung nach Spenderlokalisierung</b> .....	78
5.4.1. Ort der Betätigung .....	78
5.4.2. Unterschiede Mehrbettzimmer-Einzelzimmer .....	80
<b>5.5. Limitationen</b> .....	82
5.5.1. Technische Limitationen.....	82
5.5.2. Statistische Limitationen.....	82
5.5.3. Sonstige Limitationen .....	83
<b>5.6. Schlussfolgerungen und Ausblick</b> .....	83
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>85</b>
<b>Eidesstattliche Versicherung</b> .....	<b>94</b>
<b>Lebenslauf</b> .....	<b>95</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>96</b>
<b>Bescheinigung Statistik</b> .....	<b>97</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtplan der Intensivstation S32b und Lokalisation der Desinfektionsmittelspender .....	35
Abbildung 2: Desinfektionsmittelspender „Steril“ .....	36
Abbildung 3: Desinfektionsmittelspender „Zimmer“ .....	36
Abbildung 4: Desinfektionsmittelspender „Nachtschrank“ .....	37
Abbildung 5: Desinfektionsmittelspender „Fenster“ .....	37
Abbildung 6: Desinfektionsmittelspender „zwischen Betten“ .....	38
Abbildung 7: Desinfektionsmittelverbrauch der Jahre 2015 bis 2019.....	47
Abbildung 8: Desinfektionsmittelverbrauch in ml/Patiententag der Jahre 2017 bis 2019 .....	48
Abbildung 9: Compliance im Zeitraum 2015 bis 2019 .....	50
Abbildung 10: Compliance nach einzelnen Indikationen einer Händedesinfektion .....	52
Abbildung 11: Monatliche Anzahl nosokomialer Infektionen pro 1000 Patiententage der Jahre 2015 bis 2019 .....	54
Abbildung 12: Anzahl an nosokomialen Harnwegsinfektionen der Jahre 2015 bis 2019 .....	55
Abbildung 13: Anzahl an nosokomialen Pneumonien aus den Jahren 2015 bis 2019..	56
Abbildung 14: Anzahl an primärer nosokomialer Sepsisfälle der Jahre 2015 bis 2019.	57
Abbildung 15: Betätigung der Spender auf der gesamten Station Teil 1.....	59
Abbildung 16: Betätigung der Spender auf der gesamten Station Teil 2.....	60
Abbildung 17: Betätigung der Spender in den Zimmern 31, 32 und 37.....	61

Abbildung 18: Betätigung der Spender im Zimmer 33/34.....	62
Abbildung 19: Betätigung der Spender im Zimmer 35.....	63
Abbildung 20: Betätigung der Spender im Zimmer 38.....	64
Abbildung 21: Vergleich der Spenderkategorien .....	65
Abbildung 22: Vergleich Wochenende/Werktag .....	67
Abbildung 23: Spenderbetätigung zu unterschiedlichen Tageszeiten .....	68

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Patiententage auf der Intensivstation S32b .....	45
Tabelle 2: Auslastung auf der Station S32b .....	46
Tabelle 3: Übersicht Desinfektionsmittelverbrauch 2015 bis 2019 .....	47
Tabelle 4: Desinfektionsmittelverbrauch in ml pro Patiententag der Jahre 2017 bis 2019 .....	48
Tabelle 5: Übersicht Desinfektionsmittelverbrauch; Angaben jeweils in Liter .....	49
Tabelle 6: Vergleich der Compliance.....	51
Tabelle 7: Übersicht nosokomiale Infektionen der Jahre 2015 bis 2019 .....	53
Tabelle 8: Übersicht Indikatorinfektionen der Jahre 2015 bis 2019.....	53
Tabelle 9: Mittelwertvergleich patientennahe gegenüber patientenferne Spender .....	65
Tabelle 10: Vergleich Händedesinfektionsleistung Wochenende/Werktag .....	66
Tabelle 11: Händedesinfektionsrate zu unterschiedlichen Tageszeiten.....	68



## Abkürzungsverzeichnis

CDC	Centers for Disease Control and Prevention
ECDC	European Center for Disease Prevention and Control
EU	Europäische Union
HIV	Humanes Immundefizienz-Virus
KBE	Koloniebildende Einheit
KISS	Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System
KRINKO	Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention
MRGN	Multiresistente gramnegative Erreger
MRSA	Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus
NRZ	Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen
RKI	Robert Koch-Institut
SARS-CoV-2	Schweres akutes Atemwegssyndrom Coronavirus 2
SD	Standardabweichung
TRBA 250	Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege
WHO	World Health Organization
VRE	Vancomycin-resistente Enterokokken
WLAN	Wireless Local Area Network

## Zusammenfassung

Die hygienische Händedesinfektion hat für die Prävention von nosokomialen Infektionen eine herausragende Bedeutung. Hierfür ist eine hohe Compliance für die Durchführung händehygienischer Maßnahmen entscheidend.

Die vorliegende Arbeit untersuchte die Auswirkungen der Umstellung des Händedesinfektionsmittelkonzeptes auf fest installierte Desinfektionsmittelspender an vorher definierten Bereichen in den Patientenzimmern einer internistischen Intensivstation der Charité – Universitätsmedizin Berlin.

Am 01.01.2017 erfolgte die Inbetriebnahme von 56 automatisierten Desinfektionsmittelspendern (Ingo-man® smart touchless der Firma Ophardt Hygiene-Technik), die jede Betätigung kontinuierlich erfassen. Die Compliance bezogen auf händehygienische Maßnahme wurde durch direkte Observation ermittelt. Die Rate an nosokomialen Infektionen wurde dem Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System entnommen. Anschließend wurden der Desinfektionsmittelverbrauch, die Compliance und Rate nosokomialer Infektionen vor (Jahre 2015/16) und nach Installation der Spender (2018/19) verglichen.

Der Desinfektionsmittelverbrauch veränderte sich nach Einführung der automatisierten Spender nicht. Die von den Spendern ermittelte Abgabemenge an Desinfektionsmittel unterschied sich nur geringfügig von der ausgelieferten Menge. Auch die Compliance händehygienischer Maßnahmen sowie die Rate an nosokomialen Infektionen änderten sich nicht signifikant. Am niedrigsten war die beobachtete Compliance vor aseptischen Tätigkeiten. Die patientenfernen Spender wurden fast dreimal so häufig benutzt wie patientennahe Spender. In Ein- und Zweibettzimmern sahen wir eine höhere Spenderbetätigung pro Patiententag als in den Mehrbettzimmern. Die Betätigung der Spender war an Wochenenden signifikant geringer als an Werktagen (46 versus 56 Betätigungen pro Stunde). Tagsüber erfolgten mehr als doppelt so viele Betätigungen der Spender als nachts (73 versus 31 Betätigungen pro Stunde).

Durch die Einführung eines neuen Desinfektionsmittelkonzeptes mit automatisierten Spendern veränderten sich weder der Desinfektionsmittelverbrauch noch die Compliance hinsichtlich der Händehygiene oder die Rate an nosokomialen Infektionen. Die deutlich niedrigere Spenderbetätigung am Wochenende sowie in den Abend- und Nachtstunden scheint auf ein Compliancedefizit hinzudeuten. Ferner könnte die deutlich

niedrige Anwendungsrate der patientennahen Spender einem Compliancedefizit vor allem bei aseptischen Tätigkeiten entsprechen, was in der direkten Observation beobachtet werden konnte.

Das Ingo-man® smart touchless Spender System bietet über die automatisierte Datenerfassung die Möglichkeit, den Desinfektionsmittelverbrauch auch in komplizierten Bestell- und Liefer-Situationen detailliert und exakt zu ermitteln. Zudem bestünde die Möglichkeit, die Mitarbeiter regelmäßig über die aktuelle Performance der Händedesinfektion zu informieren, um somit eine höhere Motivation und letztlich auch Compliance zu erreichen.

## Abstract

Hand hygiene is known to be of outstanding meaning for the prevention of hospital-acquired infections. A high compliance regarding hand hygiene is furthermore crucial. Our study analysed the impact of the modification of the hand hygiene concept to mounted, automated dispensers at predefined localisations in a medical intensive care unit of the Charité – University Hospital Berlin.

On the January 1<sup>st</sup> 2017, 56 automated hand hygiene dispensers were launched (Ingo-man® smart touchless of the company Ophardt Hygiene-Technik). The dispensers register every activity continually. The compliance of hand hygiene was determined via intermitting direct observation. The ratio of hospital-acquired infections was taken from the KISS (hospital-infektion-surveillance-system). Afterwards, alcohol-based hand rub consumption, compliance and hospital-acquired infections were compared before (years 2015/16) and after the installation of the dispensers (years 2018/19).

No change was observed in hand rub consumption after the modification of the hand hygiene system. Neither the ratio of hospital-acquired infections nor the hand hygiene compliance changed after the installation of the mounted dispensers.

The amount of hand rub detected by the dispensers only slightly differed from the delivered amount. Observed compliance was lowest before aseptic activities. Patient-side dispensers were used three-times less frequently than other dispensers. A higher hand rub consumption per patient per day was observed in one- and two-bed rooms compared to bigger rooms. A reduced hand hygiene action was observed on weekends compared to working days (46 versus 56 dispenser actions per hour). During the dayshift more than twice as many hand hygiene actions were registered than during the nightshift (73 versus 31 actions per hour).

The implementation of a new hand hygiene concept with automated dispensers changes neither hand rub consumption nor hand hygiene compliance or ratio of hospital-acquired infections. The significant lower dispenser action on weekends and during the nightshift might point towards a compliance deficiency. Moreover, the reduced action of patient-side dispensers might reflect the compliance deficiency for aseptic activities, which was noticed during direct observations.

Via automated data acquisition, the Ingo-man® smart touchless dispenser system offers the opportunity to register exactly the hand rub consumption even if order and

delivery are complicated to trace. Moreover, personnel might be informed about the hand hygiene performance on a regularly base to increase motivation and subsequently hand hygiene compliance.

# 1. Einleitung

## 1.1. Bedeutung der Händedesinfektion

Die Bedeutung der Händedesinfektion im Krankenhaus erkannte der Chirurg und Geburtshelfer Ignaz Philipp Semmelweis bereits im Jahre 1847 (1). Er vermutete, dass die kontaminierten Hände des Krankenhauspersonals mit einer erhöhten Infektionsrate zusammenhängen. Semmelweis war im damaligen österreichischen Kaiserreich tätig und stellte fest, dass in einer geburtsmedizinischen Klinik dreimal so viele Frauen nach Entbindung am Wochenbettfieber erkrankten und starben als in einer anderen. In der Klinik mit der deutlich höheren Infektionsrate waren hauptsächlich männliche Mediziner beschäftigt, wohingegen in der anderen Klinik vorwiegend weibliche Hebammen tätig waren. Die Mediziner der ersten Klinik führten zu dieser Zeit auch pathologische Untersuchungen an Verstorbenen durch. Einer dieser Ärzte, der sich bei einer Sektion verletzte, verstarb an der gleichen Erkrankung wie die Wöchnerinnen. Aufgrund dieses Erkenntnis vermutete Semmelweis, dass Verunreinigungen an den Händen der Mediziner, erworben durch die Sektionen, für die höhere Infektionsrate verantwortlich waren. Bereits zu dieser Zeit konnte er zeigen, dass nach Einführung einer verpflichtenden Händereinigung mittels einer Chlorkalklösung vor Kontakt mit den Patientinnen eine deutliche Senkung der Rate an Erkrankungen erreicht werden konnte. Semmelweis erkannte den Zusammenhang zwischen Händehygiene und Erkrankungen nur aufgrund der Epidemiologie, ohne ein genaues Erkenntnis über die Erreger zu haben. Diese sind heute als Ursache von nosokomialen Infektionen etabliert und man weiß, dass die Übertragung auch über die Hände (insbesondere von medizinischem Personal) erfolgen kann (2). So werden häufig *Escherichia coli* als Erreger von Harnwegsinfektionen oder *Staphylococcus aureus* bei Wundinfektionen durch direkten Kontakt übertragen (3).

## 1.2. Einteilung der Hautflora

Die Hautoberfläche ist permanent mit Mikroorganismen besiedelt. Eine Unterteilung aus dem Jahre 1938 ist noch heute gültig, sie unterscheidet bei der Besiedelung der Haut mit Erregern eine transiente und eine residente Flora (4).

### 1.2.1. Transiente Flora

Die transiente Flora besteht aus allen Mikroorganismen, die sich temporär auf der Haut befinden. Da die Erreger der transienten Flora nur locker mit der Haut verbunden sind, können sie einfach entfernt werden und vermehren sich nicht auf der Hautoberfläche. Personen erwerben ständig bei Berührungen jeder Art eine transiente Hautflora. Durch einmalige Berührung einer Oberfläche oder eines Patienten sind bereits 4-16% der Handoberfläche kontaminiert, bei 12 Berührungen kumuliert die Kontamination auf 40% (5).

Da die intakte Haut aber eine starke mikrobiologische Barriere ist, kommt es im Alltag zu keinen Infektionen durch die transiente Hautflora. Relevant ist diese hingegen bei medizinischem Personal, welches die für nosokomiale Infektionen relevante transiente Flora durch Kontakt mit kontaminierten Oberflächen oder direktem Patientenkontakt erwerben kann. Problematisch ist eine mögliche Keimübertragung von einem Patienten zum anderen, die zu einer nosokomialen Infektion führen kann.

Typische Vertreter dieser Übertragungen im Krankenhaus relevanten transienten Flora sind hauptsächlich gramnegative Erreger wie *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens* oder *Klebsiella pneumoniae* (6). Es konnte gezeigt werden, dass bei bis zu 80% der Angestellten im Gesundheitsbereich eine Besiedelung der Hände mit diesen Erregern vorliegt. Die höchsten Raten finden sich hier beim Personal auf Intensivstationen (7).

### 1.2.2. Residente Flora

Mit residenter Flora werden Mikroorganismen bezeichnet, die die Haut fest besiedeln und als physiologisch anzusehen sind. Daher ist ein Synonym auch die physiologische Flora. Durch Bildung einer Kolonisationsresistenz nimmt sie auch eine protektive Funktion wahr (8). Die residente Flora befindet sich meistens auf der Hautoberfläche oder darunter im Stratum corneum (9).

Der häufigste Vertreter der residenten Flora ist *Staphylococcus epidermidis* gefolgt von *Staphylococcus hominis*. Diese grampositiven Erreger überleben länger auf der Hautoberfläche als die vorwiegend gramnegativen Erreger der transienten Flora. Auch diese Erreger können Infektionen, insbesondere am Auge, in sonstigen sterilen Kompartimenten, bei zentralvenösen Devices oder an nicht intakter Haut auslösen (10).

Insbesondere Patienten auf Intensivstationen sind besonders gefährdet aufgrund der hohen Anzahl an Kontakten mit den Händen der Mitarbeiter (7).

Ziel der hygienischen Händedesinfektion ist die Reduktion der residenten Flora und die Entfernung der zu der transienten Hautflora gehörenden Erreger (11).

### **1.3. Maßnahmen der Händehygiene**

Zu den Maßnahmen der Händehygiene zählen die Keimzahlreduktion durch Händewaschen und die hygienische Händedesinfektion mittels alkoholbasiertem Händedesinfektionsmittel.

#### 1.3.1. Händewaschung

Eine Händewaschung bedeutet die Reinigung der Hände mit Wasser und einem auf Seife basierendem Handwaschmittel. Sie dient insbesondere zur Entfernung von sichtbarem Schmutz und Verunreinigungen.

Das hygienische Waschen der Hände wird nur empfohlen bei sichtbarer Kontamination, nach Toilettenbenutzung oder Kontamination mit sporenbildenden Bakterien (z.B. *Clostridioides difficile*) sowie vor dem Arbeitsbeginn und nach dem Arbeitsende (11). Die antimikrobielle Wirksamkeit der Händewaschung ist deutlich geringer als die der Händedesinfektion (12). So erfolgt bei der transienten Flora eine Keimzahlreduktion zwischen 0,5 bis 2,8  $\log_{10}$  koloniebildende Einheiten (KBE) bei einer Minute Händewaschen. Demgegenüber erreicht eine Händedesinfektion mit alkoholischem Desinfektionsmittel eine Reduktion von 3,8 bis 4,5  $\log_{10}$  KBE (13). Daher ist die Händewaschung keine Alternative zur Händedesinfektion. Zudem führt häufiges Waschen der Hände zu einer Hautschädigung. Mit jedem Waschvorgang wird der Wasser-Lipid-Mantel der Hautoberfläche beschädigt und es gehen wichtige Aminosäuren und antimikrobiell wirkende Schutzfaktoren verloren. Bei fehlender Regeneration dieser Faktoren verliert das Stratum corneum der Haut seine Barrierefunktion und es können Schadstoffe eindringen. Die Haut trocknet aus und wird insgesamt anfälliger für eine Ekzembildung (14).



### 1.3.2. Händedesinfektion

#### 1.3.2.1. Ziel der Händedesinfektion

Hygienische Händedesinfektionen sollen das Risiko der Verbreitung pathogener Keime reduzieren. Sie dienen zudem auch dem Selbstschutz des Personals nach Kontakt mit potenziell infektiösem Material und dem Schutz der Patienten bei aseptischen Tätigkeiten. Die hygienische Händedesinfektion wird mittels Einreibens eines alkoholbasierten Händedesinfektionsmittels durchgeführt. Sie gilt als die wirksamste Maßnahme zur Prophylaxe von nosokomialen Infektionen (15). Insbesondere das Übertragen von Krankheitserregern von einem Patienten zum anderen wird effektiv verhindert (16).

Die Händedesinfektion ist Hauptbestandteil aller Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) des Robert Koch Institutes (RKI) (17, 18).

#### 1.3.2.2. Technik der hygienischen Händedesinfektion

Empfohlen wird die Anwendung von 3-5 ml Desinfektionsmittel. Dieses soll in beide Hände eingerieben werden und die gesamte Hautoberfläche benetzen für die Dauer der vom Hersteller empfohlenen Einwirkzeit, diese beträgt meistens 30 Sekunden. Für begrenzt viruzide Präparate wird eine Einwirkzeit von bis zu 60 Sekunden empfohlen. Als Testvirus für behüllte Viren wird hier das Vacciniavirus oder Bovine Viral Diarrhea Virus eingesetzt, für unbehüllte Viren das Adenovirus (19).

Zur gesamten Hautoberfläche zählen insbesondere auch der Handrücken, Fingerzwischenräume, Fingerspitzen und Nagelfalze. Eine exakt vorgeschriebene Einreibetechnik bringt keinen Vorteil gegenüber einer selbst gewählten (20).

Eine Verkürzung der Einwirkzeit auf 15 Sekunden kann die Anwendungsrate im klinischen Alltag erhöhen (21). Die längere Einwirkzeit wird aktuell dennoch empfohlen, damit der Alkohol vollständig verdunstet, denn ansonsten besteht eine Gefahr für die Mitarbeiter, wenn die Tätigkeiten mit alkoholbenetzten Händen ausgeführt werden. So kann es zu Verbrennungen auf der Haut bei Kontakt mit entzündlichen Quellen kommen (22). Ein vollständiges Verdampfen des Alkohols nach 15 Sekunden Einreibzeit kann z.B. durch Verringerung des verwendeten Volumens an

Desinfektionsmittel erfolgen. Ein Volumen von unter 2 ml reicht allerdings nicht aus, um eine komplette Benetzung beider Hände zu erreichen (23).

Behält man das Volumen von 3 ml bei und verkürzt die Einreibezeit auf nur noch 15 Sekunden ist zeitlich gesehen eine vollständige Benetzung beider Hände nicht möglich (20). Dieses steht aber aktuell zur Diskussion. Eine Studie untersuchte die Wirksamkeit einer hygienischen Händedesinfektion mit 15 gegenüber 30 Sekunden Einreibezeit und konnte keine Vorteile bei einer längeren Anwendung von 30 Sekunden erkennen (24).

#### 1.3.2.3. Klassifikation der Desinfektionsmittel

Die Desinfektionsmittel unterliegen dem Arzneimittelgesetz und benötigen daher eine Zulassung durch die entsprechende Behörde. Der Verband für angewandte Hygiene sowie das Robert Koch Institut (RKI) veröffentlichen jährlich eine Liste der geprüften Desinfektionsmittel und -verfahren (25). Die Wirksamkeit ist in der europäischen Prüfnorm EN 1500 definiert (26). Das mikrobielle Wirkspektrum wird in 4 Kategorien unterteilt. Für den klinischen Alltag sind nur 2 Kategorien relevant:

A) bakterizid einschließlich Mykobakterien (zusätzlich fungizid)

B) viruzid (Wirksamkeit gegen behüllte und unbehüllte Viren)

begrenzt viruzid: Wirksamkeit nur gegen behüllte Viren

begrenzt viruzid plus: zusätzliche Wirkung gegen Adeno-, Noro- und Rotaviren (25).

Desinfektionsmittel dieser beiden Kategorien haben keine Wirkung gegen sporenbildende Erreger (27). Aufgrund dessen gibt es spezifische Anforderungen an den Desinfektionsmittelpender und die Entnahme von Händedesinfektionsmittel, um eine Kontamination des Desinfektionsmittels mit Sporen zu vermeiden (28).

Meist wird Ethanol oder Propanol als Desinfektionsmittel eingesetzt. Als Referenzmittel zur Vergleichbarkeit der Wirksamkeit eines Präparates wird Isopropanol 60% angewendet (14). Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Konzentration des Alkohols und der Wirksamkeit gegenüber Bakterien der Hautflora (29). N- Propanol und Isopropanol sind hier wirksamer als Ethanol (30).

Die Wirksamkeit gegenüber Viren hängt maßgeblich von der Art und Konzentration des verwendeten Alkohols im Händedesinfektionsmittel ab. Ethanol ist diesbezüglich wirksamer als die Propanole (31). Bei behüllten Viren zeigen alle Alkohole eine Wirksamkeit (so genannte begrenzt viruzide Wirkung), Ethanol ist jedoch bei einer Konzentration von 95 % am besten wirksam gegen alle klinisch relevante Viren. Bei den

behüllten Viren zählen darunter das u.a. das Influenza A Virus, Humanes Immundefizienz-Virus (HIV), Hepatitis-B-Virus und Schweres-akutes-Atemwegssyndrom-Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) (32, 33). Beispiele für unbehüllte Viren sind das Rotavirus oder Norovirus.

### 1.3.3. Auswirkungen auf die Haut

Auf Alkoholbasis hergestellte Händedesinfektionsmittel sind in der Regel gut verträglich für die Haut, insbesondere im Vergleich zu Waschpräparaten (34).

Die Barrierefunktion der Haut bleibt unverändert. Selbst wenn eine Vorirritation besteht, kommt es zu keiner Verschlechterung des Hautzustandes (35). Auch wird keine relevante Menge des verwendeten Alkohols resorbiert, sodass sich nur sehr geringe Spuren im Blut nachweisen lassen (36).

### 1.3.4. Indikationen zur Händedesinfektion

Die WHO hat 5 Indikationen für die Durchführung einer Händedesinfektion für alle stationären Bereiche und ambulante Pflegedienste zusammengefasst. Mittlerweile wurden diese Indikatoren für jeden Bereich des Gesundheitswesens angepasst (z.B. ambulante Medizin oder Altenpflegeheime) und als Standard definiert. Ziel ist eine Vermeidung der Übertragung von Erregern von einem Patienten auf einen anderen, von einem Mitarbeiter auf einen Patienten und von einem Patienten auf einen Mitarbeiter. Dieses soll mittels strikter Anwendung der Händedesinfektion und durch eine diesbezügliche Schulung der Anwender erreicht werden. Für diese Zwecke wurde das Modell der „five moments“ entwickelt (18). Dadurch soll für den Anwender das Erkennen der Indikation und anschließend die praktische Anwendung einer Händedesinfektion im Alltag einfach möglich sein. Daher wurde bewusst kein komplexes Modell gewählt.

Es wird eine unmittelbare und eine erweiterte Patientenumgebung definiert. Die unmittelbare Umgebung umfasst alle Oberflächen, mit denen der Patient häufig in Kontakt gerät, wie z.B. die Bettwäsche, oder Dinge, die für seine Versorgung notwendig sind, z.B. der Nachttisch des Patienten oder das Beatmungsgerät. Diese Flächen sind häufig mit Krankheitserregern kontaminiert (37). Als erweiterte Umgebung gelten alle

anderen Bereiche, mit denen der Patient in Berührung kommen könnte (z.B. Badezimmer). Die Indikation zur Händedesinfektion ergibt sich bei Bewegungen zwischen diesen beiden definierten Bereichen. Durch Standardisierung von Beobachtungen der Händedesinfektions-Compliance anhand dieses Modells lassen sich entsprechende Untersuchungen leichter miteinander vergleichen (18).

Die 5 Indikationsgruppen („five moments“) einer Händedesinfektion sind (38):

- unmittelbar vor Patientenkontakt:  
Hierunter zählen Maßnahmen der Körperhygiene wie z.B. den Patienten waschen oder physiotherapeutische Maßnahmen. Der direkte Kontakt wird hierbei definiert als Kontakt mit Haut, Schleimhäuten oder Wunden des Patienten. Da man für den unmittelbaren Patientenkontakt meistens auch die unmittelbare Patientenumgebung betreten muss, ist alleine deswegen schon eine Händedesinfektion notwendig.
- unmittelbar vor aseptischen Tätigkeiten:  
Zu aseptischen Tätigkeiten zählt hierbei der Kontakt mit z.B. nicht intakter Haut (Wundverband), Punktionen, Injektionen, die Gabe von parenteralen Infusionen, eine Manipulation am Harnblasenkatheter oder an der peripheren Venenverweilkanüle. Die Indikation einer Händedesinfektion vor aseptischen Tätigkeiten hat hierbei die höchste Relevanz in Bezug auf die Vermeidung nosokomialer Infektionen.
- unmittelbar nach Kontakt mit potentiell infektiösen Materialien:  
Kam es zu Kontakt mit Blut oder sonstigen Sekreten des Patienten, z.B. bei der Wundversorgung oder endotrachealem Absaugen, so besteht ebenfalls die Indikation zur Händedesinfektion. Für den direkten Patientenschutz ist diese Indikation hingegen am wenigstens relevant.
- nach Patientenkontakt
- nach Kontakt mit der unmittelbaren Patientenumgebung:  
Hierzu zählen insbesondere Oberflächen der direkten Patientenumgebung (wie Nachttisch oder Bettwäsche).

### 1.3.5. Medizinische Schutzhandschuhe

Medizinische Schutzhandschuhe ersetzen keine Händedesinfektion, sie dienen dem Selbstschutz des Personals gemäß der technischen Regel für Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege (TRBA 250) (39). Ohne Desinfektion der Hände ist eine Keimübertragung wahrscheinlicher trotz Anwendung von Handschuhen (40). Zudem kann ein übermäßiges Anwenden von Handschuhen die Compliance der Händedesinfektion erniedrigen (41).

## **1.4. Nosokomiale Infektionen**

### 1.4.1. Definition und Surveillance

Aus dem Griechischen übersetzt bedeutet nosokomeion (νοσοκομείον) das Krankenhaus. Laut Definition des Krankenhaus-Infektions-Surveillance-Systems (KISS) sind nosokomiale Infektionen im Krankenhaus oder in einer Pflegeeinrichtung erworbene Infektionen (42). Diese sind basierend auf den internationalen Definitionen des Centers for Disease Control and Prevention (CDC) in den USA und an europäische Verhältnisse angepasst.

Es dürfen bei Aufnahme in das Krankenhaus noch keine Infektionszeichen bestanden haben (43). Hierbei wird nicht unterschieden, ob die nosokomiale Infektion durch mangelnde Hygiene entstanden ist oder unvermeidbar war (3). Daher ist eine nosokomiale Infektion immer zusätzlich zur eigentlichen Patientenerkrankung zu sehen und wird als Komplikation gewertet.

Die KISS Definitionen werden zur Klassifizierung und Prävalenzerhebung herangezogen (44). Hierzu gründete das Bundesministerium für Gesundheit 1995 das Nationale Referenzzentrum (NRZ) für die Surveillance von nosokomialen Infektionen. Die Funktion des NRZ wird durch das Institut für Hygiene und Umweltmedizin der Charité - Universitätsmedizin Berlin ausgeübt. Die Verwaltung obliegt dem RKI. Ziel war es, die nosokomialen Infektionen nach einheitlichen Definitionen systematisch zu erfassen, um somit einen orientierenden Vergleich der Infektionsraten zu erhalten. Zusätzlich wird auch die Anwendungsrate an Devices erfasst und die Infektionszahlen damit ins Verhältnis gesetzt. Hierfür wurden erstmal im Jahre 1996 die übermittelten

Daten anonymisiert und zusammengefasst als Referenzdaten ausgegeben. Das NRZ entwickelte hierfür 1997 das KISS. Die Daten werden nicht für ein ganzes Krankenhaus erfasst, sondern immer nur für definierte Risikobereiche, um eine bessere Vergleichbarkeit herstellen zu können.

Krankenhäuser sind nach § 23 des Infektionsschutzgesetzes dazu verpflichtet, eine Surveillance von nosokomialen Infektionen durchzuführen (45).

Aufgrund der höheren Häufigkeit an nosokomialen Infektionen wurden zunächst nur Intensivstationen berücksichtigt (ITS-KISS). Hierzu wurden die 3 Indikatorinfektionen (Infektionen der unteren Atemwege, Harnwegsinfektion und primäre Sepsis) gewertet, diese werden im folgenden genauer definiert. Heute werden zudem weitere Module berücksichtigt (u.a. OP-KISS, NEO-KISS, ONKO-KISS). Daraus können wichtige Erkenntnisse für die Epidemiologie nosokomialer Infektionen gewonnen werden. Mittels Erhebung dieser Referenzdaten ist es nun möglich, die häufigsten Erreger einer nosokomialen Infektion zu evaluieren sowie mögliche Risikofaktoren zu benennen (46). Diese Daten werden zudem an das European Center for Disease Prevention and Control (ECDC) übermittelt.

#### 1.4.2. Diagnosekriterien

Der oben genannte Definition zufolge ist eine Infektion als nosokomial zu werten, wenn sie frühestens am dritten Tag nach der Aufnahme ins Krankenhaus auftritt. Der Tag der Aufnahme ins Krankenhaus zählt hierbei als Tag 1, als Infektionstag wird der Tag gezählt, an dem erstmalig Symptome oder Zeichen einer Infektion auftreten. Dabei können spezifische oder unspezifische Symptome wie eine erhöhte Körpertemperatur gemeint sein. Unter spezifischen Zeichen wertet man z.B. radiologische Befunde wie Computertomographie oder Röntgen Thorax, Laborbefunde oder mikrobielle Befunde einer Erregerdiagnostik. Somit ist eine Infektion, die bei Aufnahme besteht oder innerhalb der ersten beiden Tage auftritt, nach dieser Definition keine nosokomiale Infektion. Ab dem ersten Infektionstag wird jede weitere Infektion für einen Zeitraum von 14 Tagen nicht als nosokomial gewertet. Dabei ist es unerheblich, ob es sich um eine mitgebrachte oder nosokomiale Infektion handelt. Zum Benchmarking nosokomialer Infektionszahlen werden auf der Intensivstation die folgende 3 Indikatorinfektionen gewertet (46):

#### 1.4.2.1. Infektion der unteren Atemwege

Als Infektionen der unteren Atemwege werden Pneumonien, Bronchitiden, Tracheobronchitiden oder Tracheitiden gezählt.

Zur Diagnosestellung einer Pneumonie muss in einer Röntgen-Bildgebung des Thorax ein Infiltrat nachweisbar sowie zwei weitere spezifische Kriterien erfüllt sein:

- Eitriges Sputum oder Tracheobronchialsekret
- Husten, Dyspnoe, Tachypnoe
- Thorakale Rasselgeräusche
- Neue Oxygenierungsstörung

Zusätzlich muss mindestens ein unspezifisches Symptom vorliegen

- Erhöhte Körpertemperatur > 38° Celsius
- Leukozytose oder Leukopenie
- Verwirrtheit bei Patienten, die älter als 70 Jahre sind

#### 1.4.2.2. Primäre Sepsis

Die Diagnose einer primären Sepsis wird gestellt, wenn eines der folgenden spezifischen Kriterien vorliegt:

- Nachweis eines pathogenen Erregers in der Blutkultur
- Nachweis eines Hautkeims in 2 Blutkulturen

Dem nachgewiesenen Erreger darf kein Entzündungsfokus im Körper zugeordnet werden können. Zusätzlich wird ein unspezifisches Kriterium benötigt:

- erhöhte Körpertemperatur
- Schüttelfrost
- Hypotonie

#### 1.4.2.3. Harnwegsinfektion

Die Diagnose einer Harnwegsinfektion kann gestellt werden, wenn ein Erreger in der Urinkultur nachweisbar ist und mindestens eines der folgenden Nebenkriterien vorhanden ist:

- Erhöhte Körpertemperatur (> 38°Celsius)
- Suprapubisches oder costovertebrales Spannungsgefühl
- Harndrang oder Pollakisurie
- Dysurie

Für postoperative Infektionen gelten andere Definitionen. Hier werden teilweise Infektionen bis zu 90 Tage nach der Operation als nosokomial gewertet je nach Art der Operation (42). In Bezug auf nosokomiale Infektionen wird unterschieden zwischen exogenen und endogenen Infektionen.

#### 1.4.3. Exogene Infektionen

Unter einer exogenen Infektion versteht man eine nosokomiale Infektion, die durch Mikroorganismen der Umgebung verursacht wurde. Hierzu zählen die Tröpfchen- und Schmierinfektion sowie Übertragung der Mikroorganismen z.B. über die Hände der Krankenhausmitarbeiter, kontaminiertes Wasser oder verunreinigte medizinische Geräte. Eine Verbreitung von diesen Erregern von einem Patienten zum anderen über die Hände der Krankenhausmitarbeiter stellt hier den größten Teil des Verbreitungsmechanismus dar (16).

#### 1.4.4. Endogene Infektionen

Endogene Infektionen hingegen entstehen durch Translokation der körpereigenen Flora. Sie machen bis zu 50% aller nosokomialen Infektionen aus und sind deutlich schwieriger zu bekämpfen (46).

Zu unterscheiden sind hier primär endogene Infektionen (z.B. eine ventilatorassoziierte Pneumonie) von sekundär endogenen (z.B. Harnwegsinfektion bei liegendem Harnblasenkatheter).

#### 1.4.5. Prävalenz

Die Prävalenz nosokomialer Infektionen beträgt in europäischen Krankenhäusern bezogen auf alle Stationen etwa 6,5%, in den USA 4% (47, 48). Auf den Intensivstationen zeigt sich in den USA ein höheres Vorkommen von 19,2% (47), in Deutschland liegt die Prävalenz mit 17,1% ebenfalls höher (49).

Die Inzidenz in der Europäischen Union (EU) wird mit mehr als 2,6 Millionen nosokomialen Infektionen jährlich geschätzt (50). Davon versterben etwa 90000



Patienten im Jahr (51). In der EU entstehend jährlich zusätzliche Behandlungskosten aufgrund nosokomialer Infektionen von 13 bis 24 Milliarden Euro (52).

Die häufigsten nosokomialen Infektionen auf deutschen Intensivstationen sind die Infektionen der unteren Atemwege (24%), dicht gefolgt von Harnwegsinfektionen bei liegendem Blasendauerkatheter (22%) (49). Zu den weiteren häufigen nosokomialen Infektionen zählen postoperative Wundinfektionen, Enterokolitis mit Nachweis von *Closteroides difficile* und Device-assoziierte Blutstrominfektionen (49). Die häufigsten Erreger einer nosokomialen Infektion in deutschen Krankenhäusern sind *Escherichia coli*, *Clostridioides difficile*, *Staphylococcus aureus*, Enterokokken und *Pseudomonas aeruginosa* (49).

#### 1.4.6. Risikofaktoren

Man unterscheidet zwischen vermeidbaren und nicht vermeidbaren Risikofaktoren. Als nicht vermeidbare Risikofaktoren gelten Alter größer als 65 Jahre, ein Aufenthalt auf einer Intensivstation, ein Krankenhausaufenthalt länger als sieben Tage, Operationen, eine Immunsuppression sowie künstliches Koma (53).

Die höhere Rate an nosokomialen Infektionen auf Intensivstationen lässt sich erklären durch die häufigere Benutzung medizinischer Geräte (wie Dialysemaschine oder Beatmungsgerät) und Vorhandensein von Devices (wie zentraler Venenkatheter oder Harnwegskatheter) (54). Zu den teilweise vermeidbaren Infektionen zählt eine Device assoziierte Sepsis oder eine harnwegskatheterassozierte Harnwegsinfektion. 20 bis 40% aller nosokomialen Infektionen sind zurückzuführen auf kontaminierte Hände des medizinischen Personals. Diese sind somit ebenfalls vermeidbar (37). Hygienische Händedesinfektion ist somit von großer präventiver Bedeutung für den Patienten.

### **1.5. Compliance**

#### 1.5.1. Definition

Unter Compliance in Bezug auf händehygienische Maßnahmen bezeichnet man den Anteil der durchgeführten an allen indizierten händehygienischen Maßnahmen. Sie wird

in Prozent der durchgeführten versus der auf Basis des „five moments“- Modells gebotenen Händedesinfektionen beziffert (55).

In deutschen Kliniken konnte mittels direkter Beobachtung im Jahre 2014 eine durchschnittliche Compliance von 74% festgestellt werden, diese ist 2019 auf 79% angestiegen (56). Bei einem Wert von nur 74% wird somit jede 4. indizierte Händedesinfektion nicht durchgeführt. Aufgrund des hohen Stellenwertes der Händehygiene geht man davon aus, dass durch eine Erhöhung der Compliance auf Werte über 80% eine direkte Reduktion der nosokomialen Infektionen erreicht werden könnte (57).

Bei der Ermittlung der Compliance werden alle 5 Indikationen des WHO Modells überprüft, hierbei konnten jedoch deutliche Unterschiede festgestellt werden. So betrug die Compliance vor Patientenkontakt nur 67%, während nach Patientenkontakt eine deutlich höhere Compliance von 84% zu verzeichnen war (58).

Auf der Intensivstation sieht man die höchste Rate bei Betätigungen an der Beatmung oder deren Zubehör (Schläuche, Absaugung) am Patienten, danach folgen Manipulationen am Harnwegskatheter (59). Dagegen fällt die Compliance bei Manipulationen an Gefäßzugängen (zentral oder peripher) deutlich geringer aus. Als Ursache vermutet man eine höhere Compliance, wenn das Personal eine Eigengefährdung befürchtet (60).

### 1.5.2. Bestimmung der Compliance

Zur Bestimmung der Compliance stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung: Die einfachste Möglichkeit stellt die Messung des Händedesinfektionsverbrauchs dar. Diese ist von den Kosten sehr günstig und gibt den Verbrauch über einen längeren Zeitraum an (z.B. 24 Stunden oder 365 Tage). Richtwerte für den exakten Verbrauch an Desinfektionsmittel sind nicht vorhanden, es gibt jedoch Standardwerte pro Patiententag. Für eine Intensivstation in Deutschland konnte 2015 ein Wert von 88 ml pro Patiententag ermittelt werden (61).

Der Händedesinfektionsmittelverbrauch gibt nur einen groben und unscharfen Überblick und hängt nicht immer mit der Compliance zusammen (62). Nur zusammen mit anderen Faktoren (z.B. direkte Observation) kann der Verbrauch an Desinfektionsmittel einen Rückschluss auf die Compliance zulassen (63).

Die direkte Beobachtung (Observation) wurde von der WHO zum Goldstandard der Compliancebeurteilung erklärt (3). Dabei wird der Mitarbeiter von einer geschulten Person bei seiner Tätigkeit am Patienten beobachtet. Die Observation soll insbesondere erkennen, ob die Mitarbeiter die Händedesinfektion durchführen, wenn dazu eine Indikation besteht. Wird eine Händedesinfektion ohne Indikation vorgenommen, so fließt diese nicht in die Wertung ein. Die Auswertungen der Beobachtungen können den Mitarbeitern vorgelegt werden, um so ein direktes Feedback zu ermöglichen. Eine weitere Variante ist die intervenierende Beobachtung, bei der jeder Fehler sofort kommentiert und korrigiert wird. Dadurch lassen sich Mängel gezielt aufweisen und beheben (64).

Nachteil der direkten Observation sind die hohen Personalkosten. Es ist auch zwingend notwendig, die Beobachter regelmäßig zu schulen. Zudem spielt der Hawthorne-Effekt eine nicht zu unterschätzende Rolle. Die Teilnehmer ändern automatisch ihr Verhalten mit dem Wissen, dass sie unter Beobachtung stehen (65).

Aufgrund des hohen Aufwandes können mittels direkter Observation weniger als 1% der anfallenden Händedesinfektionen einer Einrichtung bzw. Station erfasst werden, auf deren Grundlage sich die Compliancebestimmung dann bezieht (66).

Anhand von exemplarischen Beobachtungen auf einer Intensivstation einer Universitätsklinik in Deutschland wurde ermittelt, dass etwa 11 Händedesinfektionsereignisse pro Patient pro Stunde bestehen (67).

### 1.5.3. Noncompliance

Als Noncompliance in Bezug auf händehygienische Maßnahmen versteht man das Unterlassen händehygienischer Maßnahmen bei einer infektionsrelevanten Handlung. Die Gründe sind vielfältig, häufig werden Zeitnot und Personalmangel angegeben (68). Bei einer Compliance von 100% würde eine Pflegekraft an einem Tag über 58 Minuten für die Ausführung der hygienischen Händedesinfektion benötigen, wenn man eine Einwirkzeit von 30 Sekunden kalkuliert (52).

Weitere Faktoren sind erhöhte Arbeitsbelastung, Wissenslücken sowie eine Skepsis des Personals bezüglich des Zusammenhanges von Händedesinfektion und Rate nosokomialer Infektionen (12). Eine schlechte Organisation beim Arbeitsablauf sowie eine unzureichende Ausstattung mit Händedesinfektionsspendern gelten als weitere Faktoren (69). Da eine hohe Compliance nur mit einer optimalen Ausstattung und

Positionierung von Desinfektionsmittelspendern erreicht werden kann, gelten für diese die nachfolgend ausgeführten Anforderungen:

## **1.6. Anforderungen an einen Händedesinfektionsmittelspender**

### 1.6.1. Anzahl und Aufstellungsort

Die WHO empfiehlt die Aufstellung von Desinfektionsmittelspendern an den Orten, an denen auch die Indikationen zur Händedesinfektion besteht (18).

Für eine Intensivstation und Dialyseabteilung ist eine Mindestanzahl eines patientennahen Spenders pro Patientenbett vorgeschrieben. Auf allen anderen Stationen sollte ein Spender für jeweils 2 Betten sowie einer im Patientenbad vorhanden sein. An sterilen Arbeitsbereichen muss ebenfalls ein Spender entweder mobil oder fest montiert vorrätig sein (70).

### 1.6.2. Art des Spenders

Es gibt verschiedene Typen von Händedesinfektionsmittelspendern. Hierbei unterscheidet man zwischen manuell bedienbaren (vorzugsweise mit Einwegpumpenkopf) und automatisch bedienbaren Spendern mit Pumpenköpfen, die zur Wiederaufbereitung gedacht sind. Automatisch bedienbare Spender gelten als komfortabler und können die Compliance erhöhen (71). Beide Ausführungen sollten so konzipiert werden, dass sie ohne Handkontakt zu bedienen sind, wobei die manuellen Spender über den Ellenbogen bedient werden müssen.

Das Desinfektionsmittel sollte sich in einem Einmalgebinde befinden, welches nicht wiederaufgefüllt werden darf (72). Ansonsten könnte es zu einer Kontamination mit sporenbildenden Erregern kommen, da das auf Alkohol basierte Händedesinfektionsmittel gegen diese nicht wirksam ist. Der Füllstand sowie der Produktname des Desinfektionsmittels müssen ohne Manipulation ablesbar sein. Idealerweise ist es mit einem Spender möglich, Präparate verschiedener Hersteller zu verwenden (z.B. mit dem genormten Eurospender) (17).

Das Anbruchdatum des Gebindes sollte dokumentiert und gut lesbar sein, der Spender sowie das darin befindliche Gebinde müssen die Alkoholkonzentration des Desinfektionsmittels für mindestens drei Monate konstant halten können (72). Die Spender sollten so positioniert sein, dass die Mitarbeiter einfach Zugang zu diesen haben, was für eine hohe Compliance elementar ist (3). Hierzu kommen nun verschiedene Spendervorrichtungen in Betracht (17):

#### 1.6.2.1. Fest montierte Spender am Bett oder an der Wand

Diese Systeme sind meistens unmittelbar am Patientenbett oder im Patientenzimmer verfügbar und die Lokalisation ist unveränderlich und damit allen Mitarbeitern bekannt. Hierbei können sowohl manuell als auch automatisch bedienbare Spender eingesetzt werden. Diese Spender sind hierbei auch für den Patienten und seine Angehörigen zugänglich. Allerdings kann die Lokalisation fest montierter Spender nicht spontan geändert werden, falls sich die Positionierung nicht als optimal erweisen sollte.

#### 1.6.2.2. Mobile Spender mit Dosierpumpen

Mobile Spender mit Dosierpumpen zeichnen sich aus durch eine unmittelbare Verfügbarkeit bei zugleich niedrigeren Kosten als bei fest montierten Spendern. Auch diese Spender sind für Patienten und deren Angehörige gut zugänglich. Allerdings können sie leicht entfernt werden sowie in ihrer Standfestigkeit bei niedrigem Füllstand beeinträchtigt sein.

#### 1.6.2.3. Kitteltaschenflaschen

Kitteltaschenflaschen sind für den jeweiligen Anwender unmittelbar verfügbar. Je nach Hersteller stehen auch Befestigungsclips zur Verfügung. Sie sind jedoch nur für die einzelne Person zugänglich und nicht für Patienten und deren Angehörige. Zudem ergibt sich ein größerer logistischer Aufwand verbunden mit höheren Kosten aufgrund der kleinen Einheiten von 100 ml und eine größere Umweltbelastung durch die Verpackung. Man sollte auch bedenken, dass diese permanent durch den Mitarbeiter in seiner Kitteltasche zu transportieren ist zusätzlich zu den anderen darin befindlichen Gegenständen.

Eine Untersuchung von 2018 konnte keine Erhöhung der Compliance und des Verbrauches an Desinfektionsmittel nachweisen, nachdem die Kitteltaschenflaschen für alle Mitarbeiter zur Verfügung gestellt wurden (73).

Es sollte darauf geachtet werden, dass es nicht zur Kontamination durch falsche Anwendung kommt. Aufgrund der Kontaminationsgefahr (z.B. mit sporenbildenden Erregern) ist ein Umfüllen aus einer größeren Verpackungseinheit unzulässig.

## 2. Fragestellung

Ziel der vorliegenden Studie war die Untersuchung der Auswirkungen einer Umstellung des Händedesinfektionsmittelkonzepts auf der Intensivstation. Eine zuvor unsystematische Aufstellung von Pumpenspendern in Kombination mit fakultativen Kitteltaschenflaschen wurde umgestellt auf fest installierte Händedesinfektionsmittelspender an vorher optimierten Aufstellorten in den Patientenzimmern.

Als Parameter wurden in einem Vorher-Nachher Vergleich betrachtet:

- Verbrauch an Händedesinfektionsmittel
- Compliance bei händehygienischen Maßnahmen
- Rate von nosokomialen Infektionen

Folgende weitere Fragestellungen wurden bearbeitet:

- Verteilung der Spenderbetätigung auf die einzelnen Lokalisationen der Spender im Patientenzimmer
- Zeitliches Verhalten der Spenderbetätigung:  
Unterschiede in der Tageszeit sowie am Wochenende und Werktag

## **3. Material und Methodik**

### **3.1. Studienort**

#### 3.1.1. Die Intensivstation S32b

Die Station S32b am Campus Benjamin Franklin ist eine interdisziplinäre Intensivstation und Teil der Medizinischen Klinik mit Schwerpunkt Nephrologie und Internistische Intensivmedizin im Charité Centrum 13 für Magen-, Darm-, Nieren- und Stoffwechselmedizin. Behandelt werden schwerpunktmäßig kritisch kranke Patienten aus der Inneren Medizin sowie anderer nicht operativer Fachabteilungen.

Perioperative Patienten werden bei Bedarf nach Maßgabe vorhandener Kapazitäten ebenfalls aufgenommen. Die Intensivstation S32b ist mit 16 Behandlungsplätzen ausgestattet, an denen sämtlich auch eine Beatmungsmöglichkeit besteht. Jährlich werden etwa 600 Patienten intensivmedizinisch versorgt, der Beatmungsanteil liegt bei ca. 70%. Die Auslastung beträgt durchschnittlich über 90%.

Die 16 Behandlungsplätze setzen sich wie folgt zusammen:

- 1 Einbettzimmer (Zimmer 35)
- 1 Zweibettzimmer (Zimmer 33/34)
- 3 Dreibettzimmer (Zimmer 31, 32 und 37)
- 1 Vierbettzimmer (Zimmer 38)

#### 3.1.2. Personelle Ausstattung

##### 3.1.2.1. Ärztliches Personal

Das ärztliche Personal setzte sich vorwiegend aus Mitarbeitern der Medizinischen Klinik mit Schwerpunkt Nephrologie und Internistische Intensivmedizin zusammen. Es wurde ergänzt durch 2 Assistenzärzte aus der Klinik für Hämatologie und Gastroenterologie im Rahmen ihrer Facharztweiterbildung. Auf der Station arbeiteten die Ärzte in einem Schichtsystem. Im Frühdienst waren mindestens 3 Ärzte anwesend, im folgenden Spätdienst 2 und im Nachtdienst 1. Des Weiteren war an Werktagen mindestens ein Facharzt bzw. Oberarzt mit Zusatzbezeichnung Intensivmedizin vor Ort auf der Station im Frühdienst und führte am Wochenende und an Feiertagen eine morgendliche Präsenzvisite durch.



### 3.1.2.2. Pflegepersonal

Das pflegerische Personal wurde aus einem gemeinsamen Personalpool mit der Intensivstation S32a gestellt. Zur Versorgung der Patienten waren auf der Station S32b zu jeder Zeit mindestens fünf examinierte Pflegekräfte anwesend und arbeiteten im Dreischichtsystem. Daraus ergab sich eine Quote von Durchschnittlich 2-3 Patienten auf eine Pflegekraft. Im Früh- und Spätdienst war zusätzlich mindestens eine Stationsleitung anwesend zur Ausübung weiterer Aufgaben (z.B. organisatorische Prozesse, Pausenablösung der Mitarbeiter, Fortbildungen).

### 3.1.2.3. Sonstige

Es arbeiteten noch zusätzlich Physiotherapeuten, Patientenmanager, Versorgungsassistenten, medizinische Dokumentationsassistenten, Reinigungskräfte und konsiliarisch tätige Ärzte anderer Abteilungen auf der Station.

## 3.2. Aufbau der Studie

Die Studie untersuchte die Auswirkungen der Installation des Ophardt Hygiene Monitoring Systems auf der Intensivstation S32b.

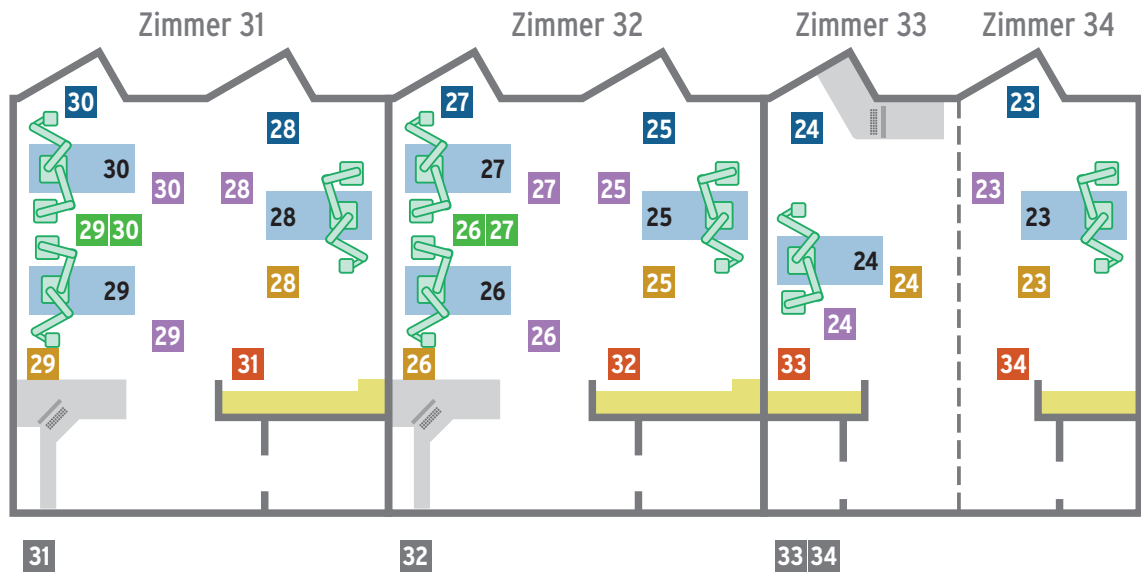
### 3.2.1. Das Ophardt Hygiene Monitoring System

Auf der Intensivstation S32b wurden Ende 2016 fest lokalisierte WLAN (Wireless Local Area Network) fähige Desinfektionsmittelspender installiert und am 01.01.2017 in Betrieb genommen. Es wurden insgesamt 56 Ingo-man® smart touchless Spender (der Firma Ophardt Hygiene-Technik GmbH + Co. KG mit Sitz in Issum, Deutschland) nach einem festen Plan installiert. Diese ersetzen vollständig die vorherigen Kitteltaschenflaschen und die nach persönlichen Erfordernissen verteilten Dosierpumpenspender, welche dem Personal zuvor zur Verfügung standen zur Durchführung der hygienischen Händedesinfektion. Der Spender gibt automatisch 1,5 ml Desinfektionsmittel ab, sobald eine Hand unter den Auslauf des Spenders gehalten wird. Ein optisches Signal mittels Leuchtdiode gibt dem Anwender die Rückmeldung, dass die korrekte Menge auch entnommen wurde. Da diese Spendersysteme von

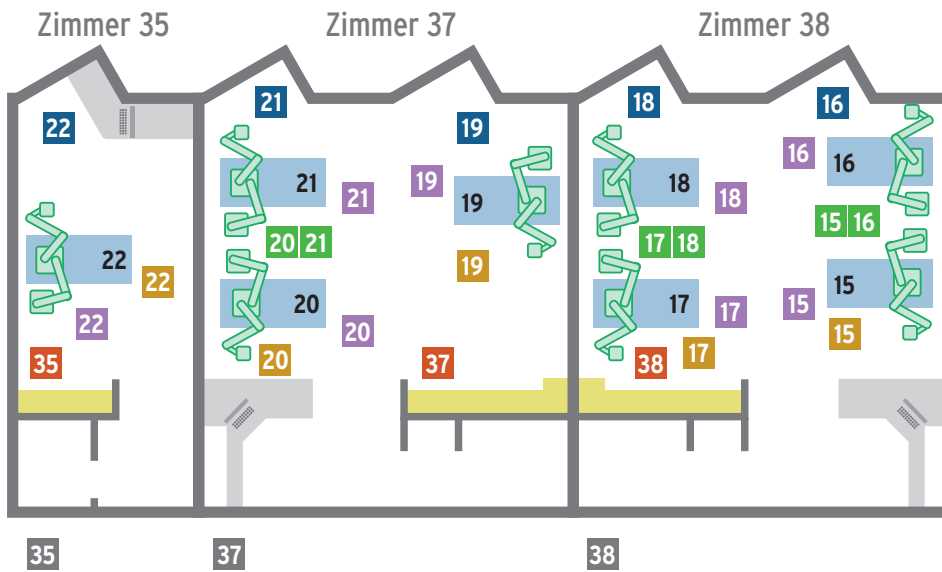
Strom abhängig sind, ist eine automatische Bedienung und Datenerhebung ohne Stromzufuhr nicht möglich. Soweit möglich wurden netzbetriebene Spender installiert, ansonsten wurden batteriebetriebene Spender ausgewählt. Es wurde sichergestellt, dass auch ein manueller Betrieb möglich ist, in dem der obere Hebel des Spenders bedient wird.

### 3.2.2. Lokalisation der Spender

Abbildung 1 zeigt schematisch den Aufbau der Intensivstation S32b und die Lokalisation der Desinfektionsmittelspender. Die Auswahl der Lokalisation ergab sich aus Versuchsaufstellungen und Personalbefragungen. Ziel war es, die Spender in der unmittelbaren Patientenumgebung zu lokalisieren. Hierdurch sollte sichergestellt werden, dass die Wege für das Personal möglichst kurz sind zur Ausübung der hygienischen Händedesinfektion. Insgesamt wurden 56 Spender aufgestellt.



- Steril
- Fenster
- Nachtschrank
- zwischen Betten
- Flur
- Zimmer



- Steril
- Fenster
- Nachtschrank
- zwischen Betten
- Flur
- Zimmer

Abbildung 1: Übersichtplan der Intensivstation S32b und Lokalisation der Desinfektionsmittelpender

- Spender im sterilen Arbeitsbereich (Abbildung 2):  
Diese Lokalisation wurde insbesondere gewählt, um gemäß des WHO Modells der „five moments“ eine Händedesinfektion vor Patientenkontakt und vor aseptischen Tätigkeiten durchführen zu können(18). Sie tragen die Bezeichnung „Steril“ in dem jeweiligen Zimmer.



Abbildung 2: Desinfektionsmittelspender „Steril“

- vor dem Zimmer (Abbildung 3):  
Da das Betreten eines Zimmers auch einen Zugang zur unmittelbaren Patientenumgebung verschafft, wurde jeweils ein Spender unmittelbar vor dem Zimmer angebracht (Bezeichnung „Zimmer“).



Abbildung 3: Desinfektionsmittelspender „Zimmer“

- Nachtschrank (Abbildung 4)

Jedem Patientenbett ist ein Nachtschrank zugeordnet, hier sind u.a. die persönlichen Gegenstände des Patienten untergebracht. An jedem dieser Schränke ist ein Spender montiert (Bezeichnung „Nachtschrank“).



Abbildung 4: Desinfektionsmittelspender „Nachtschrank“

- Fenster (Abbildung 5):

Diese Spender befinden sich in unmittelbarer Nähe zu den Patientenbetten im hinteren Bereich am Fenster eines jeweiligen Zimmers (Bezeichnung „Fenster“).



Abbildung 5: Desinfektionsmittelspender „Fenster“

- Zwischen den Betten (Abbildung 6):  
Die Spender befinden sich zwischen zwei Patientenbetten und sind jeweils einem Behandlungsplatz zugeordnet (Bezeichnung „zwischen Betten“).



Abbildung 6: Desinfektionsmittelspender „zwischen Betten“

- Flur:  
Die Spender mit der Bezeichnung „Flur“ befinden sich im vorderen Bereich des Zimmers (im Gegensatz zur Bezeichnung Fenster).

Die Spender vor dem Zimmer und am sterilen Arbeitsbereich zählen zur Kategorie „patientenfern“, ihnen kann kein einzelnes Patientenbett zugeordnet werden. Demgegenüber zählen die anderen Desinfektionsmittelspender zur Kategorie „patientennah“. Mit Ausnahme der Kategorie „Nachtschrank“ sind die Positionen der Spender nicht zu verändern. Die Spender am Nachtschrank sind ebenfalls fest montiert, jedoch können die Nachtschränke selbst bewegt werden, bleiben aber immer dem jeweiligen Bettplatz zugeordnet.

### 3.2.3. Datenerhebung der Desinfektionsmittelspender

Die Ingo-man® smart touchless Spender dokumentieren fortlaufend folgende Daten:

- **Auslösung:**  
Jede Betätigung eines Spenders wird mit Datum und Uhrzeit erhoben. Dabei wird eine mehrfache Betätigung mit weniger als 5 Sekunden Unterbrechung als eine Ausführung gewertet.
- **Spenderidentifikationsnummer (ID):**  
Bei jeder Betätigung wird die ID des Spenders ebenfalls übertragen, sodass eindeutig eine Lokalisation zugeordnet werden kann
- **Abgabemenge:**  
Bei einmaliger Betätigung wird eine Menge von 1,5 ml Desinfektionsmittel abgegeben, mehrfache Betätigungen mit jeweils höheren Desinfektionsmittelmengen sind möglich

Die vom Spender erhobenen Daten werden mittels WLAN in eine Webapplikation übertragen (Message Collector). Die Daten stehen über einen individualisierten, passwortgeschützten Zugang permanent zur Verfügung. Die Ausgabeberichte sind individuell konfigurierbar und werden in einer Excel Datei ausgegeben. Wir entschieden uns für eine monatliche Auflistung der Daten. In dieser wird chronologisch jede Spenderbetätigung aufgelistet mit dazugehöriger ID, Anzahl der Betätigungen, Abgabemenge und Datum.

### 3.2.4. Desinfektionsmittelverbrauch

Der Gesamtverbrauch an Händedesinfektionsmittel wurde vom Zeitraum von Januar 2015 bis Dezember 2019 zum einen indirekt gemessen über die Menge an ausgeliefertem Desinfektionsmittel. Hierzu wurde die Menge an bestelltem Desinfektionsmittel ermittelt, welches der zentrale Einkauf der Charité über die Kostenstelle der Intensivstation S32b abgerechnet hat. Erfasst wurden hier die gängigen Desinfektionsmittel Desderman pure 1l, Sterillium pure 1l sowie Kitteltaschenflaschen von Softaman, Sterillium und Desderman. Ausgegeben werden die Werte in Liter pro Jahr. Parallel dazu erfolgte zum anderen für den Zeitraum 2017

bis 2019 eine direkte Messung des Desinfektionsmittelverbrauches anhand der über die Spender ermittelten Daten.

### 3.2.5. Compliancebeobachtungsdaten

Compliancebeobachtungsdaten wurden vom Institut für Hygiene und Umweltmedizin der Charité – Universitätsmedizin Berlin erhoben mittels eines validierten Beobachtungsprozesses. Diese wurden an Werktagen durchgeführt zwischen 10 und 17 Uhr. Eine Berechnung der Compliance erfolgte erst, nachdem im Rahmen der Beobachtung mindestens 150 Mal die Indikation zur Ausführung der Händedesinfektion erkannt wurde anhand des „five-moments“ Modells wie unter 1.3.4 beschrieben (18). Daher wurden die Beobachtungen teilweise an mehreren Tagen durchgeführt. Ein direktes Feedback gab es nicht, die Ergebnisse wurden im Nachhinein strukturiert vorgestellt im Rahmen von Teambesprechungen. Die Beobachtungen erfolgten mit Wissen der beteiligten Personen.

### 3.2.6. Nosokomiale Infektionen

Die Daten der nosokomialen Infektionen auf der Station S32b sind dem KISS des NRZ entnommen. Die Station S32b nimmt am ITS-KISS teil. Die Datenerfassung und Übermittlung erfolgt durch ein Datenmanagementsystem (webKess), welches selber vom NRZ über einen passwortgeschützten Zugang zur Verfügung gestellt wird. Über die Webplattform erfolgen anschließend auch die stationsbezogenen Auswertungen. Die Surveillance erfolgt immer monatsweise anhand der 3 Indikatorinfektionen:

- Infektion der unteren Atemwege
- Harnwegsinfektionen
- primäre Sepsisfälle

Folgende Angaben sind notwendig, als Zeitpunkt ist Mitternacht festgelegt:

- Neue Patienten:  
Alle neuen Patienten, die innerhalb der letzten 24 Stunden aufgenommen wurden. Darunter zählen auch Patienten, die sich nur ein paar Stunden auf der Station befunden haben und zum Zeitpunkt der Erhebung wieder verlegt oder entlassen worden.



- Gesamtanzahl der Patienten zu einer bestimmten Uhrzeit
- Anzahl der Patienten mit transurethralem Harnwegkatheter
- Anzahl der Patienten mit einem zentralen Gefäßkatheter (bei Vorhandensein von mehreren, z.B. Zentraler Venenkatheter und Shaldon Katheter, wird jeweils nur einer gezählt)
- Anzahl der Patienten, die invasiv beatmet werden

Anhand der übermittelten Daten erhält man folgende Werte:

- Anzahl an neuen Patienten
- Anzahl der Patiententage
- Harnwegskatheter Tage
- Zentraler Venenkatheter Tage
- Invasive Ventilation Tage
- Anzahl an nosokomialen Infektionen

### **3.3. Auswertung**

#### 3.3.1. Zeitraum

Die Studie umfasst den Zeitraum von 2015 bis 2019. Im Jahre 2017 erfolgte die Umstellung auf das neue Desinfektionsmittelkonzept. Es erfolgte ein Vergleich der Jahre 2018 und 2019 mit den Jahren 2015 und 2016. Das Jahr der Umstellung (2017) wurde nicht in die Auswertung mit aufgenommen. Da es sich um eine erhebliche Änderung der vorherigen Praxis handelte, wurde das Jahr 2017 dazu genutzt, das Personal mit dem neuen System vertraut zu machen, und ging in die Auswertungen nicht mit ein. Die Anzahl der Patiententage sind Teil der Datenübermittlung im Rahmen der Teilnahme am ITS-KISS des NRZ und standen somit zur Verfügung.

#### 3.3.2. Spenderdaten

Sobald ein Spender betätigt wird, zeichnet dieser seit der Inbetriebnahme am 01.01.2017 permanent die unter 3.2.1 beschriebenen Werte auf.

Aus den Daten wurden die folgenden Variablen berechnet:

- Erfasster Desinfektionsmittelverbrauch der Desinfektionsmittelspender:  
Zunächst wurde die Gesamtsumme der Betätigungen eines Monats von allen Spendern gebildet. Multipliziert mit der jeweiligen Abgabemenge von 1,5 ml ließ sich die Gesamtmenge an verbrauchtem Desinfektionsmittel bestimmen. Über die Anzahl der Patiententage ließ sich so der Händedesinfektionsmittelverbrauch pro Patiententag ermitteln.
- Zeitpunkt:  
Für jeden Tag wurde die Gesamtsumme der Betätigungen der Spender ermittelt. Dividiert durch 24 ergab sich die durchschnittliche Betätigung pro Stunde.
- Für den Vergleich der Spenderbetätigung von Wochenende bzw. Feiertagen mit Werktagen wurden die Tage in diese beiden Gruppen sortiert und die Anzahl der Betätigungen miteinander verglichen.
- Tageszeit:  
Jeder Tag wurde in drei Zeiträume von jeweils acht Stunde unterteilt, Früh (6-14 Uhr), Spät (14-22 Uhr) und Nacht (22-6 Uhr). Für jeden Zeitraum wurde die Gesamtbetätigung aller Spender ermittelt. Dividiert durch 8 ergab sich die Betätigung pro Stunde in dem jeweiligen Tagesabschnitt. Die drei Gruppen wurden dann miteinander verglichen.
- Spenderlokalisierung:  
Für jeden einzelnen Spender wurde die Gesamtzahl der Betätigungen ermittelt. Es erfolgte eine getrennte Betrachtung für jedes Patientenzimmer. Dividiert durch den jeweiligen Anteil an den Gesamtpatiententagen ergab sich die Betätigung eines Spenders pro Patiententag im jeweiligen Zimmer.

### 3.3.3. Desinfektionsmittelverbrauch

Die jährlich gelieferte Menge an Händedesinfektionsmittel sowie der errechnete Wert von den Spendern wurden durch die Patiententagen dividiert. Dadurch erhielt man den Verbrauch pro Patiententag.

### 3.3.4. Compliancebeobachtung

Die Compliancebeobachtungsdaten wurden in Prozent angegeben. Dabei werden die Anzahl der durchgeführten Händedesinfektionen durch die Anzahl der indikationsgerecht notwendigen Händedesinfektionen dividiert und mit 100 multipliziert. Es standen für den Zeitraum 2015 bis 2019 insgesamt 14 Erhebungen zur Verfügung. Sieben davon fanden 2015-2017 statt, weitere sieben von 2018 bis 2019. Es wurde eine Gesamtcompliance ermittelt, sowie getrennt nach jeweiliger Indikation gemäß der „five moments“ der WHO (18).

### 3.3.5. Nosokomiale Infektionen

Die Anzahl an nosokomialen Infektionen wurde monatsweise vom NRZ übermittelt. Die absoluten Zahlen wurden ins Verhältnis zu den Patiententagen gesetzt und anschließend mit dem Faktor 1000 multipliziert. Dadurch ergab sich monatlich die Inzidenz pro 1000 Patiententagen an nosokomialen Infektionen. Verglichen wurden die Anzahl an nosokomialen Infektionen aus den Jahren 2015 bis 2019 in Gesamtheit und aufgeschlüsselt auf die 3 einzelnen Indikatorinfektionen.

## **3.4. Statistische Methoden**

### 3.4.1. Datenauswertung

Die erhobenen Daten wurden mit Microsoft Excel für Mac Version 16.36 sowie IBM SPSS Statistics Version 25 tabellarisch aufgelistet und grafisch dargestellt. Hierbei wurden die von den Spendern erhobenen Werte für jeweils einen Monat zusammengefasst, daher erfolgte die Auflistung monatsweise.

### 3.4.2. Statistische Verfahren

Da die Daten retrospektiv ausgewertet wurden, erfolgte eine explorative Datenanalyse. Bei den Kennzahlen handelte es sich um abhängige metrische Variablen, daher wurden die statistischen Verfahren entsprechend ausgewählt.

Zur Ermittlung von Unterschieden zwischen vor und nach der Installation der Desinfektionsmittelspender erhobenen Kennzahlen wurde der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben eingesetzt. Folgende Kennzahlen wurden dabei verglichen:

- Desinfektionsmittelverbrauch
- Compliancebeobachtung
- Anzahl an nosokomialen Infektionen
- Desinfektionsleistung an Werktagen im Vergleich zum Wochenende bzw. Feiertag.

Für die Unterschiede zwischen mehreren Variablen erfolgte eine einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung. Hiermit wurden die folgenden Variablen verglichen:

- Einzelne Spenderbetätigung im Patientenzimmer
- Gesamte Spenderbetätigung zu unterschiedlichen Tageszeitpunkten (Früh, Spät und Nacht)

Ein p-Wert von  $< 0,05$  wurde als signifikant angesehen.

### **3.5. Ethikkommission**

Im Rahmen der Studie erfolgte keine Analyse personenbezogener Daten. Daher war ein Votum der Ethikkommission der Charité nicht erforderlich.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Belegung und Auslastung der Intensivstation

#### 4.1.1. Belegung

Im Beobachtungszeitraum von 2015 bis 2019 wurden auf der Intensivstation S32b der Medizinischen Klinik mit Schwerpunkt Nephrologie und Internistische Intensivmedizin der Charité- Universitätsmedizin Berlin 4405 Patienten behandelt. Daraus ergaben sich insgesamt 27268 Patiententage, im Mittel  $5453,8 \pm 119,9$  Patiententage pro Jahr bzw. 454,5 Patiententage pro Monat.

In Tabelle 1 ist die Verteilung der Patientenzahlen und -tage auf die einzelnen Jahre mit Mittelwerten und Standardabweichung (SD) dargestellt.

Tabelle 1: Patiententage auf der Intensivstation S32b

Jahr	Patientenzahl	Patiententage
2015	722	5457
2016	875	5430
2017	953	5295
2018	955	5455
2019	900	5632
insgesamt (Summe 2015-2019)	4405	27268
Mittelwert $\pm$ SD	$881 \pm 95,31$	$5453,8 \pm 119,9$

#### 4.1.2. Auslastung

Die Auslastung der Intensivstation betrug im Beobachtungszeitraum durchschnittlich 94,67% ( $\pm 1,9\%$ ). In Tabelle 2 ist die Verteilung der Auslastung auf die einzelnen Jahre sowie der Anteil der Auslastung an den belegbaren Betten dargestellt.

Tabelle 2: Auslastung auf der Station S32b

Jahr	Gesamtauslastung in %	Auslastung belegbare Betten in %
2015	94	95,7
2016	95	95
2017	93,8	93,7
2018	94,3	94,4
2019	96,4	96,7
Mittelwert $\pm$ SD	94,67 $\pm$ 1,9	95,08 $\pm$ 1,95

#### **4.2. Desinfektionsmittelverbrauch**

##### 4.2.1. Entwicklung des Desinfektionsmittelverbrauch 2015 bis 2019

In allen Beobachtungsjahren (2015-2019) wurde der Desinfektionsmittelverbrauch über den Einkauf ermittelt, ab 2017 dann noch zusätzlich anhand der durch die neu installierten Spender übermittelten Daten. Tabelle 3 weist die Werte aus den einzelnen Jahren auf, in Abbildung 7 sind diese als Grafik dargestellt.

Im Gesamtzeitraum wurden 3561,6 Liter Desinfektionsmittel über den Einkauf bezogen. Aus den Spenderdaten zeigte sich ein Gesamtverbrauch im Zeitraum von 2017 bis 2019 von insgesamt 1956 Liter Händedesinfektionsmittel auf der Intensivstation S32b. Umgerechnet pro Patiententag sahen wir einen minimalen durchschnittlichen Wert von 104,3 ml/Patiententag im Jahr 2019 und ein Maximum mit 144,7 ml/Patiententag im Jahr 2016.

Tabelle 3: Übersicht Desinfektionsmittelverbrauch 2015 bis 2019

Ermittlung anhand der Menge eingekauften Desinfektionsmittels, \* anhand der Spenderdaten).

Jahr	Desinfektionsmittelverbrauch	
	in L/Jahr	in ml/Patiententag
2015	696,50	127,63
2016	785,50	144,65
2017	753,20*	142,28*
2018	757,60*	138,88*
2019	548,80*	97,44*

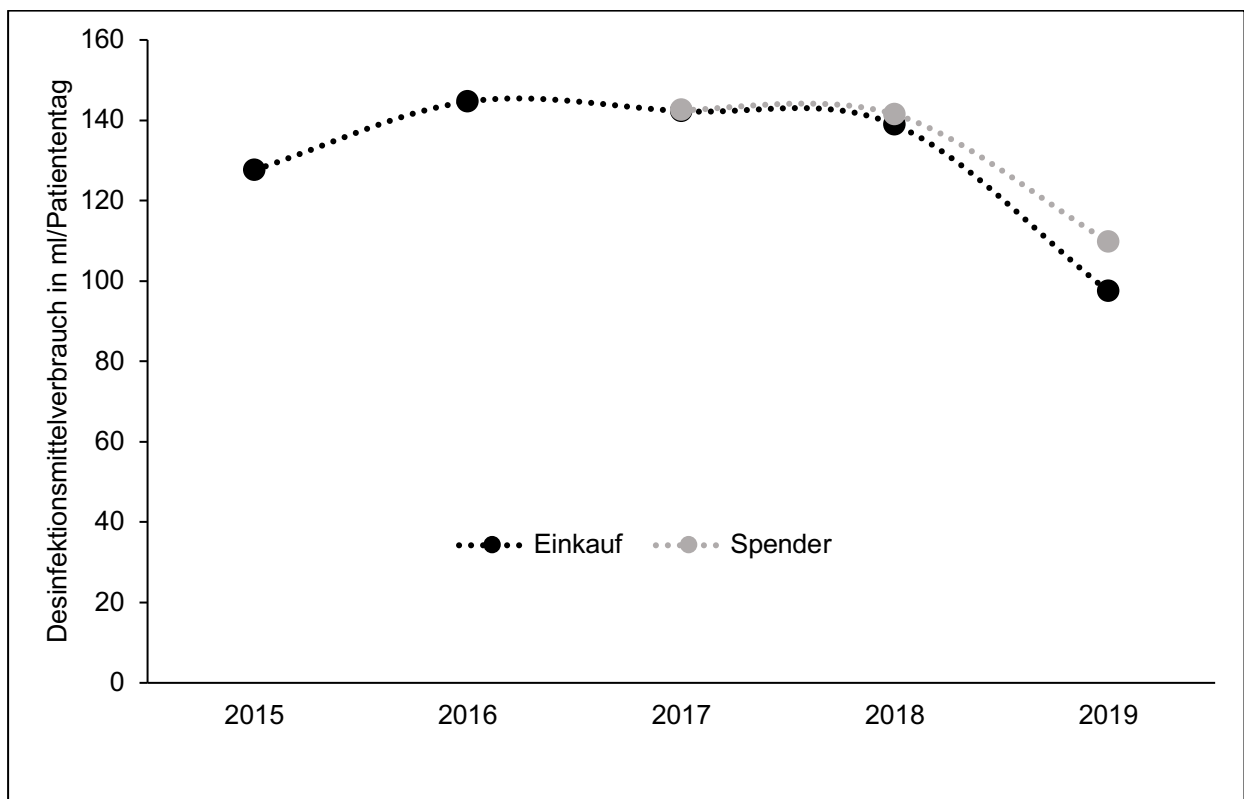


Abbildung 7: Desinfektionsmittelverbrauch der Jahre 2015 bis 2019

#### 4.2.2. Anhand der Spenderdaten ermittelter Desinfektionsmittelverbrauch für die Jahre 2017 bis 2019

In den Jahren 2017 bis 2019 wurde der Händedesinfektionsmittelverbrauch automatisiert über die installierten Desinfektionsmittelspender fortlaufend erfasst und ist im Folgenden tabellarisch als Jahresmittelwerte (Tabelle 4) sowie graphisch (Abbildung 8) im monatlichen Verlauf wiedergegeben.

Im Jahr 2018 zeigte sich verglichen mit dem Jahr 2017 ein Anstieg um 9% auf 141,35 ( $p=0,71$ ). Im Folgejahr setzte sich dieser Trend nicht fort, es ergab sich nun sogar ein signifikanter Abfall gegenüber dem Vorjahr auf 104,276 ml ( $p=0,02$ ).

Tabelle 4: Desinfektionsmittelverbrauch in ml pro Patiententag der Jahre 2017 bis 2019

Jahr	Mittelwert ml pro Patiententag ± SD	p-Wert*
2017	129,58 ± 7,71	
2018	141,35 ± 12,68	0,71
2019	104,28 ± 9,03	0,02

\* Wilcoxon Test (Vergleich mit dem Vorjahr)

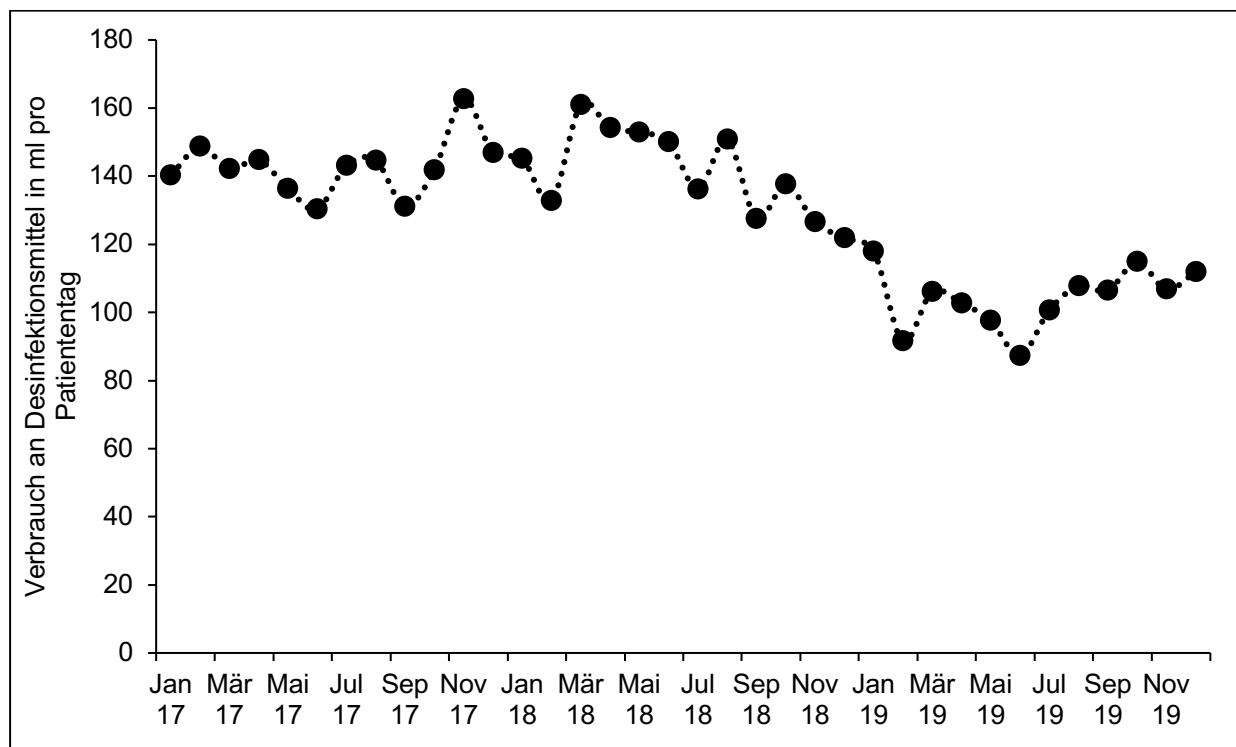


Abbildung 8: Desinfektionsmittelverbrauch in ml/Patiententag der Jahre 2017 bis 2019



#### 4.2.3. Vergleich der Ermittlung des Desinfektionsmittelverbrauches über die Einkaufsmenge und die Spenderdaten

Im Jahr 2017 konnte ein Verbrauch an Händedesinfektionsmittel von 753,3 Liter über den Einkauf ermittelt werden. Im Folgejahr wurde eine ähnliche Menge von 757,60 Litern an die Intensivstation S32b ausgeliefert. Ein weiteres Jahr später im kam es zu einem deutlichen Abfall auf 548,8 Liter.

Es ergab sich 2017 eine Differenz von 1,6 Liter zwischen der über den Einkauf bezogenen Menge an Desinfektionsmittel und dem Verbrauch, welcher über die automatisierte Spenderabfrage ermittelt wurde. Im Folgejahr erhöhte sich diese Differenz auf 14,2 Liter, um im Folgejahr auf weitere 69,65 Liter deutlich zu steigern. Über die Spenderverbrauchsmessung konnten wir stets einen höheren Verbrauch aufzeichnen.

Tabelle 5: Übersicht Desinfektionsmittelverbrauch; Angaben jeweils in Liter

Jahr	Händedesinfektionsmittelverbrauch Ermittelt über		Differenz
	Einkauf	Spenderdaten	
2015	696,50		
2016	785,50		
2017	753,20	754,80	1,60
2018	757,60	771,80	14,20
2019	548,80	618,45	69,65
Mittelwert ± SD	686,53 ± 119,30	715,02 ± 84,06	

### **4.3. Veränderung der Compliance**

#### 4.3.1. Verlauf der Compliance insgesamt

Im Jahr 2015, 2016 und 2019 wurde jeweils eine Beobachtung zur Ermittlung der Compliance durchgeführt. Für die Jahre 2017 und 2018 erfolgten jeweils 5 bzw. 6 Analysen an unterschiedlichen Zeitpunkten. In Abbildung 9 ist der Verlauf der Compliancewerte chronologisch dargestellt.

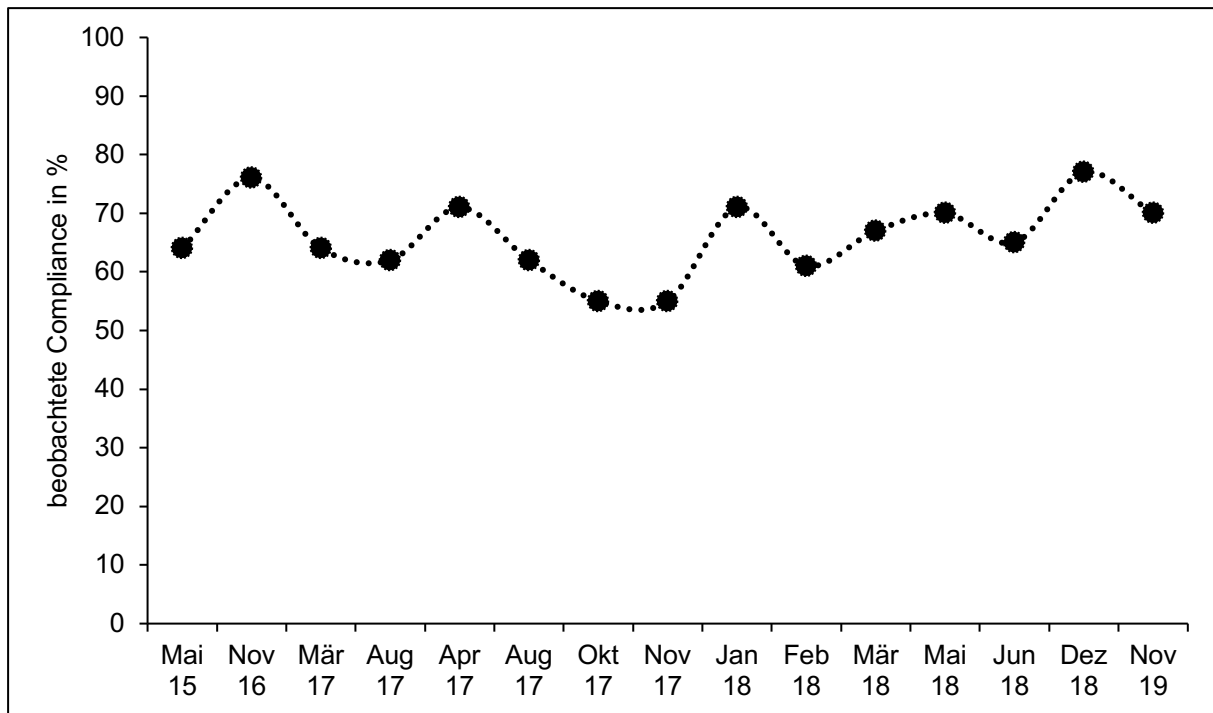


Abbildung 9: Compliance im Zeitraum 2015 bis 2019

Wir sahen in den Jahren 2015 und 2016 eine Compliance von 64, bzw. 76%. In den fünf Bestimmungen im Jahre 2017 zeigte sich ein deutlicher Abfall auf durchschnittlich 61,4%. Die sechs Beobachtungen 2018 zeigten uns einen Anstieg auf eine durchschnittliche Compliance von 68,5%. Die Bestimmung im Jahr 2019 zeigte einen weiteren leichten Anstieg auf 70%.

#### 4.3.2. Vergleich vor und nach Installation der Spender

In Tabelle 6 wurden die Mittelwerte der sieben Bestimmungen von 2015 bis 2017 zusammengefasst und mit der äquivalenten Anzahl an Bestimmungen aus dem Zeitraum 2018 bis 2019 verglichen. Es zeigte sich ein Anstieg der Compliance von 63,86 auf 68,71%. Der Unterschied war nicht signifikant ( $p= 0,11$ ).

Tabelle 6: Vergleich der Compliance

Zeitraum	Mittelwert Compliance in % ± SD	p-Wert
2015-2017	63,86 ± 7,73	0,11*
2018-2019	68,71 ± 5,06	

\* Wilcoxon Test

#### 4.3.3. Compliance aufgeschlüsselt nach WHO Indikation zur Händedesinfektion

Abbildung 10 zeigt die beobachtete Compliance aufgeschlüsselt nach den fünf Indikationen zur Händehygiene gemäß der WHO. Die Indikation vor aseptischen Tätigkeiten zeigte hierbei die geringste der ermittelten Compliance. Sie lag in den 5 Analysen des Jahres 2017 bei durchschnittlich 30%, im Folgejahr 2018 konnte ein Wert von 43% beobachtet werden.

Die höchste Compliance konnte hingegen nach Patientenkontakt und nach Kontakt mit potenziell infektiösem Material beobachtet werden. Nach Patientenkontakt betrug die Compliance durchgehend in allen Beobachtungen über 80%. Zwischen der beobachteten Compliance vor aseptischen Tätigkeiten und nach Patientenkontakt waren die Unterschiede über den gesamten Beobachtungszeitraum signifikant ( $p=0,002$ ).

Bei der Indikation nach Kontakt mit potenziell infektiösem Material konnte eine durchschnittliche Compliance von 73,23% ermittelt werden, der Unterschied zu der Compliance vor aseptischen Tätigkeiten war ebenfalls signifikant ( $p=0,001$ ).

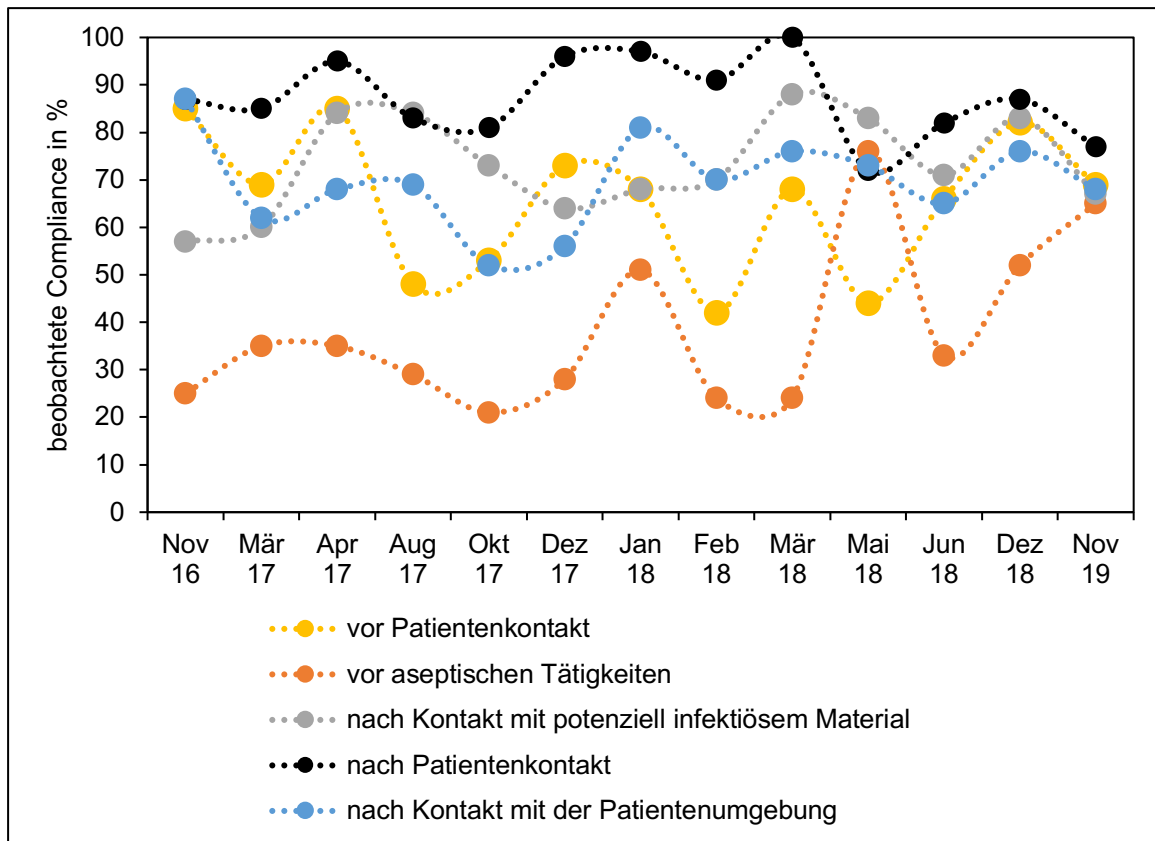


Abbildung 10: Compliance nach einzelnen Indikationen einer Händedesinfektion

#### 4.4. Nosokomiale Infektionen

##### 4.4.1. Nosokomiale Infektionen auf der Intensivstation S32b

Im Zeitraum von 2015 bis 2019 traten insgesamt 137 Indikatorinfektionen als nosokomiale Infektionen auf der Station S32b auf. Diese setzten sich zusammen aus 59 Harnwegsinfektionen, 50 Infektionen der unteren Atemwege und 18 primäre Sepsisfälle.

In der Tabellen 7 sind die Jahresmittelwerte der Inzidenzen pro 1000 Patiententage aufgeführt, Tabelle 8 führt die jeweiligen Indikatorinfektionen einzeln auf.

Abbildung 11 zeigt chronologisch die Gesamtanzahl an nosokomialen Infektionen, die Abbildungen 12 bis 14 jeweils eine der 3 Indikatorinfektionen.

Tabelle 7: Übersicht nosokomiale Infektionen der Jahre 2015 bis 2019

Jahr	Nosokomiale Infektionen pro 1000 Patiententage $\pm$ SD	p-Wert*
2015	5,29 $\pm$ 4,86	
2016	2,51 $\pm$ 3,36	0,18
2017	4,12 $\pm$ 2,98	0,30
2018	8,92 $\pm$ 4,43	0,04
2019	4,43 $\pm$ 4,71	0,04

\* Wilcoxon-Test (Vergleich mit dem Vorjahr)

Tabelle 8: Übersicht Indikatorinfektionen der Jahre 2015 bis 2019

Jahr	Harnwegs- infektionen Mittelwert $\pm$ SD	p-Wert*	Pneumonie Mittelwert $\pm$ SD	p-Wert*	Primäre Sepsisfälle Mittelwert $\pm$ SD	p-Wert*
2015	2,47 $\pm$ 3,46		1,71 $\pm$ 2,64		0,93 $\pm$ 1,47	
2016	0,72 $\pm$ 1,38	0,16	1,08 $\pm$ 1,43	0,40	0,72 $\pm$ 1,94	0,31
2017	1,69 $\pm$ 1,95	0,13	1,34 $\pm$ 1,54	0,44	1,09 $\pm$ 1,45	0,35
2018	3,34 $\pm$ 3,3	0,24	3,69 $\pm$ 2,9	0,66	1,63 $\pm$ 2,27	0,59
2019	2,29 $\pm$ 3,44	0,48	1,44 $\pm$ 1,71	0,08	0,7 $\pm$ 1,36	0,17

\* Wilcoxon Test (Vergleich mit dem Vorjahr)

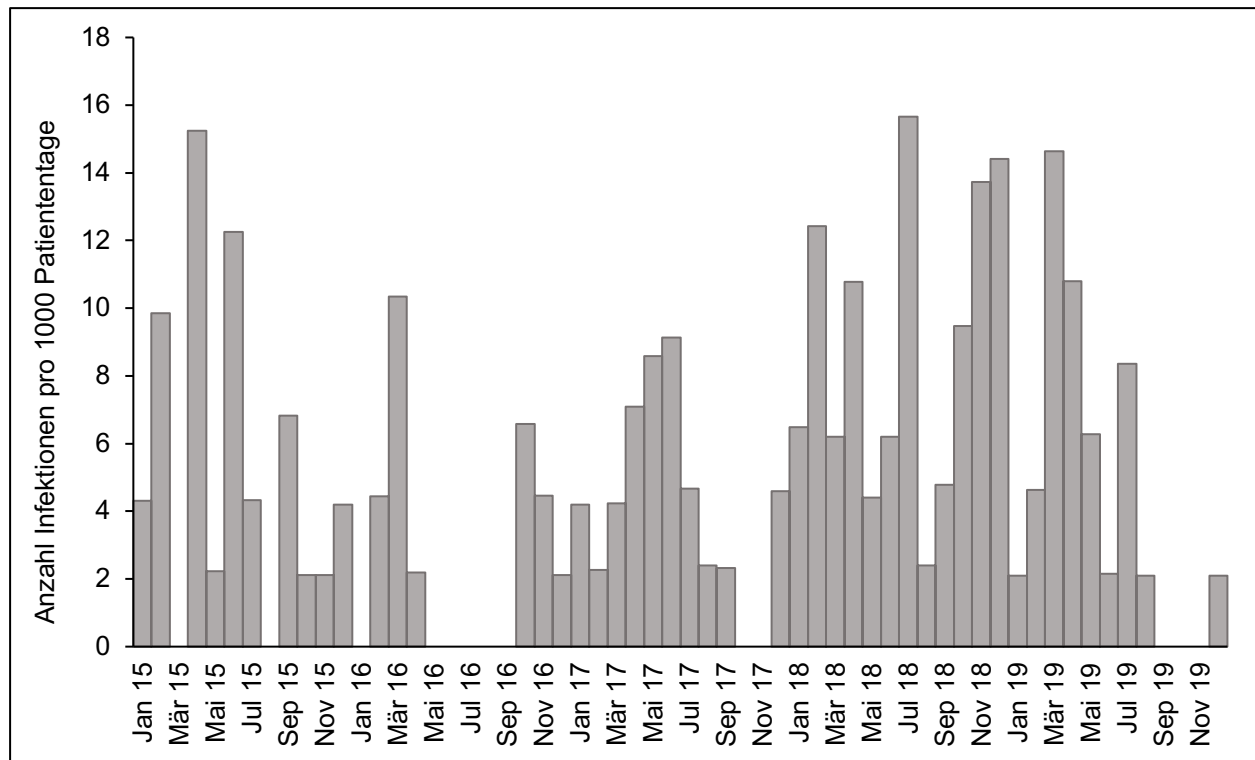


Abbildung 11: Monatliche Anzahl nosokomialer Infektionen pro 1000 Patiententage der Jahre 2015 bis 2019

Die Inzidenz nosokomialer Infektionen schwankte stark über den Beobachtungszeitraum (Tabelle 8, Abbildung 11). Sie war im Jahr 2016 mit 2,51 ( $\pm$  3,36) Infektionen pro 1000 Patiententage am geringsten und verzeichnete 2018 den höchsten Wert mit 8,92 ( $\pm$  4,43) Infektionen pro 1000 Patiententage. Der Anstieg im Jahre 2018 war signifikant verglichen mit dem Vorjahr ( $p= 0,04$ ), im anschließenden Jahr 2019 kam es wieder zu einem signifikanten Abfall ( $p= 0,04$ ) der Rate an nosokomialen Infektionen. Die übrigen Veränderungen waren nicht signifikant. Tabelle 9 zeigt, dass auch bei allen einzelnen Indikatorinfektionen im Jahr 2018 die höchste Inzidenz beobachtet wurde.

#### 4.4.2. Harnwegsinfektionen

In den Jahren 2017 und 2018 gab es im Vergleich zum Vorjahr 2016 deutlich mehr Harnwegsinfektionen, es kam zu einer Steigerung von 0,72 auf 3,34 Infektionen pro 1000 Patiententage. Am Ende des Beobachtungszeitpunktes 2019 fielen die

Infektionszahlen wieder leicht ab auf 2,29 Harnwegsinfektionen pro 1000 Patiententage. Keine der Veränderungen war signifikant.

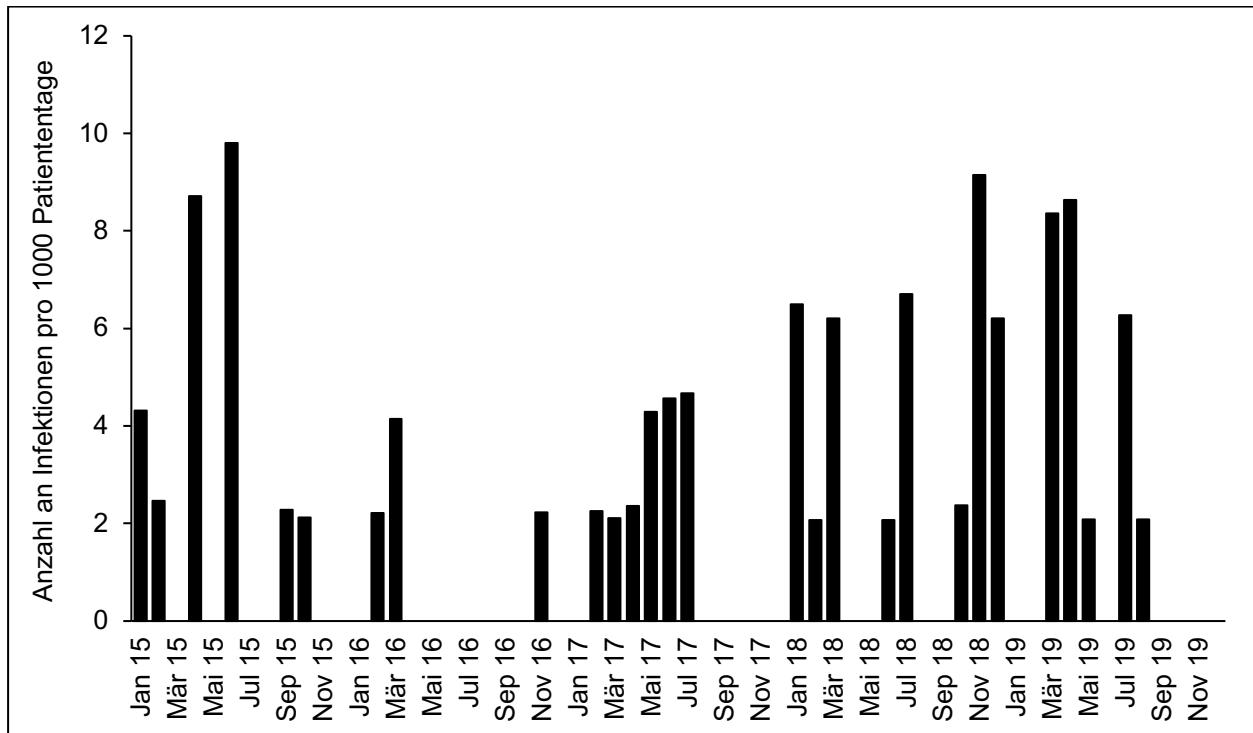


Abbildung 12: Anzahl an nosokomialen Harnwegsinfektionen der Jahre 2015 bis 2019

#### 4.4.3. Pneumonie

Die durchschnittliche Inzidenz von nosokomialen Pneumonien veränderte sich in den Jahren 2015 bis 2017 zwischen 1,08 ( $\pm 1,43$ ) und 1,7 ( $\pm 2,64$ ) Infektionen pro 1000 Patiententage.

Nach Einführung der neuen Desinfektionsmittelspender im Jahr 2018 war eine deutliche Zunahme der Infektionen zu verzeichnen auf 3,69 ( $\pm 2,9$ ) nosokomiale Pneumonien pro 1000 Patiententage, Im Folgejahr fiel die Rate an nosokomialen Pneumonien wieder deutlich ab auf das Niveau der Jahre 2015-2017. In keinem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr waren die Änderungen signifikant.

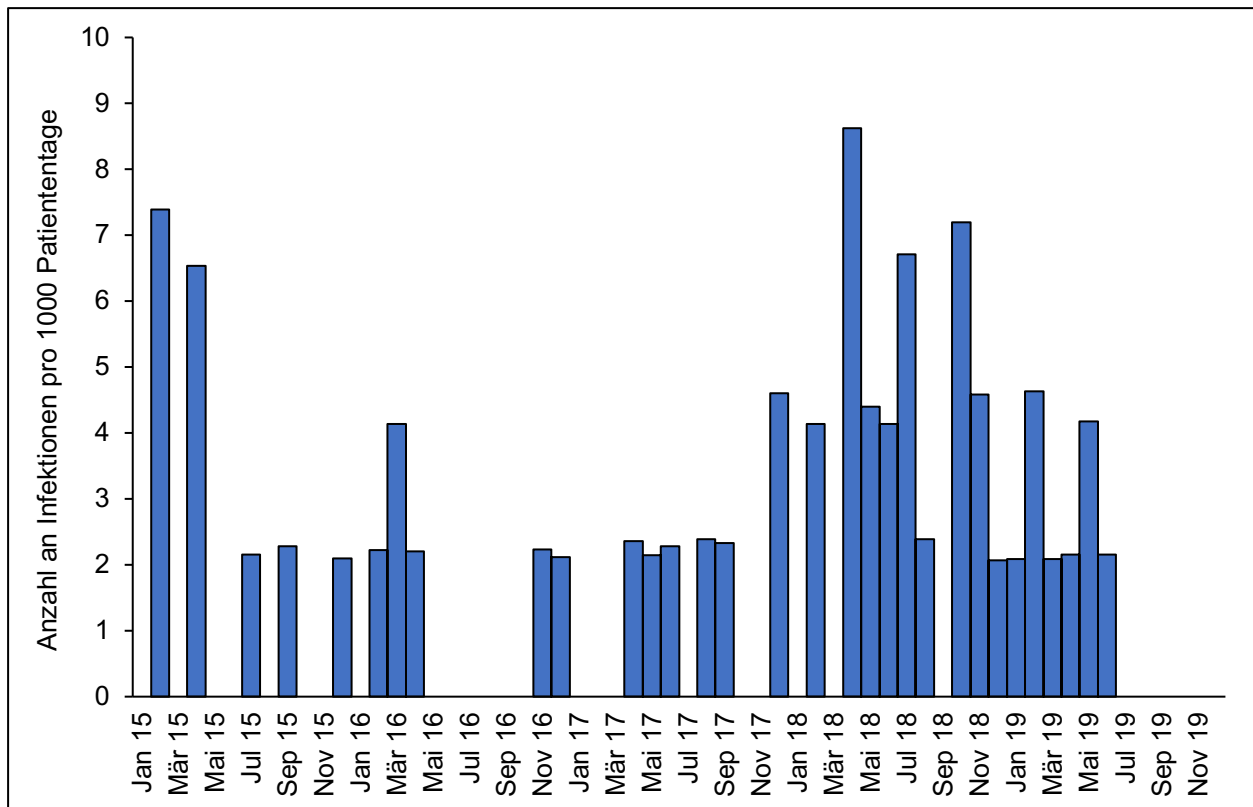


Abbildung 13: Anzahl an nosokomialen Pneumonien aus den Jahren 2015 bis 2019

#### 4.4.4. Primäre Sepsisfälle

Die Inzidenz von primären Sepsisfällen war insgesamt niedriger als die der Harnwegsinfektionen und nosokomialer Pneumonien. Die Schwankungen waren nicht so stark wie bei den anderen Indikatorinfektionen, sie bewegten sich zwischen 0,7 ( $\pm 1,94$ ) und 1,7 ( $\pm 2,27$ ) Infektionen pro 1000 Patiententage, jedoch ohne signifikante Unterschiede im Vergleich zum jeweiligen Vorjahr. Auch bei dieser Infektion war im Jahr 2018 ein Anstieg der Infektionszahlen zu verzeichnen.



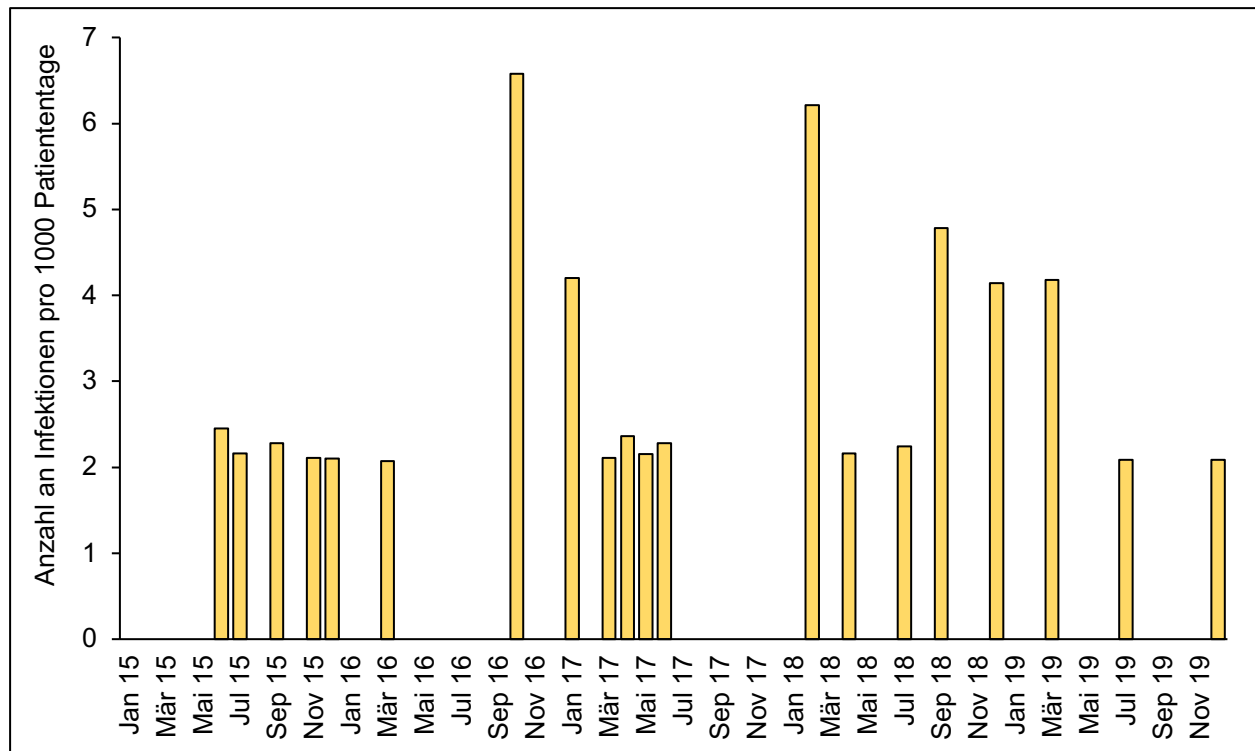


Abbildung 14: Anzahl an primärer nosokomialer Sepsisfälle der Jahre 2015 bis 2019

#### 4.5. Verteilung der Spenderbetätigung 2018 und 2019

##### 4.5.1. Überblick der Spenderbetätigung der gesamten Station

Insgesamt konnten die 56 installierten Spender 926.839 Betätigungen aufzeichnen im Zeitraum 2018 bis 2019. Sie sind graphisch in den Abbildungen 15 und 16 dargestellt. Über die gesamte Station betrachtet sah man, dass die Benutzungsrate der einzelnen Spender pro 1000 Patiententage im zugehörigen Patientenzimmer sich untereinander signifikant unterscheidet ( $p < 0,001$ ).

Die höchste Anwendung verzeichnete der Spender vor dem Zimmer 35 mit über 37250 Anwendungen pro 1000 Patiententage, dahinter folgte der Spender vor dem Zimmer 33/34 (31370). Der am geringsten betätigte Spender befand sich im Zimmer 38 (Bezeichnung „16 Fenster“), dieser konnte nur 969 Betätigungen pro 1000 Patiententage aufzeichnen.

Unter den 10 am häufigsten benutzten Spendern waren 5 im Einzelzimmer 35 und im Zweibettzimmer 33/34. Ebenfalls häufig benutzt wurden die Spender im jeweiligen sterilen Arbeitsbereich der Mehrbettzimmer 31, 32, 37 und 38.

Eine sehr geringe Betätigung zeigte sich an den Spendern, die sich in der Nähe der Fenster hinten in den Zimmern befinden (Bezeichnung „16-30 Fenster“).

Ebenfalls eine nur sehr geringe Benutzung ließ sich zimmerübergreifend an den Spendern zwischen zwei Patientenbetten aufzeichnen (Spender „29/30“, „26/27“, „20/21“, „17/18“ und „15/16“). Zudem wurden die Spender an den Nachtschränken häufiger bedient, die zur Tür ausgerichtet sind (z.B. „Nachtschrank“ 17 und 20) verglichen mit dem jeweiligen Pendant am Bettplatz, welches zum Fenster gerichtet war („Nachtschrank“ 28 und 30).

In den Dreibettzimmern fiel bei dem Spendertyp Flur eine wesentlich höhere Anwendung der Spender rechts der Eingangstür auf (Spender „Flur“ 28, 25 und 19) im direkten Vergleich zum Pendant gegenüber (Spender „Flur“ 29, 26 und 20).

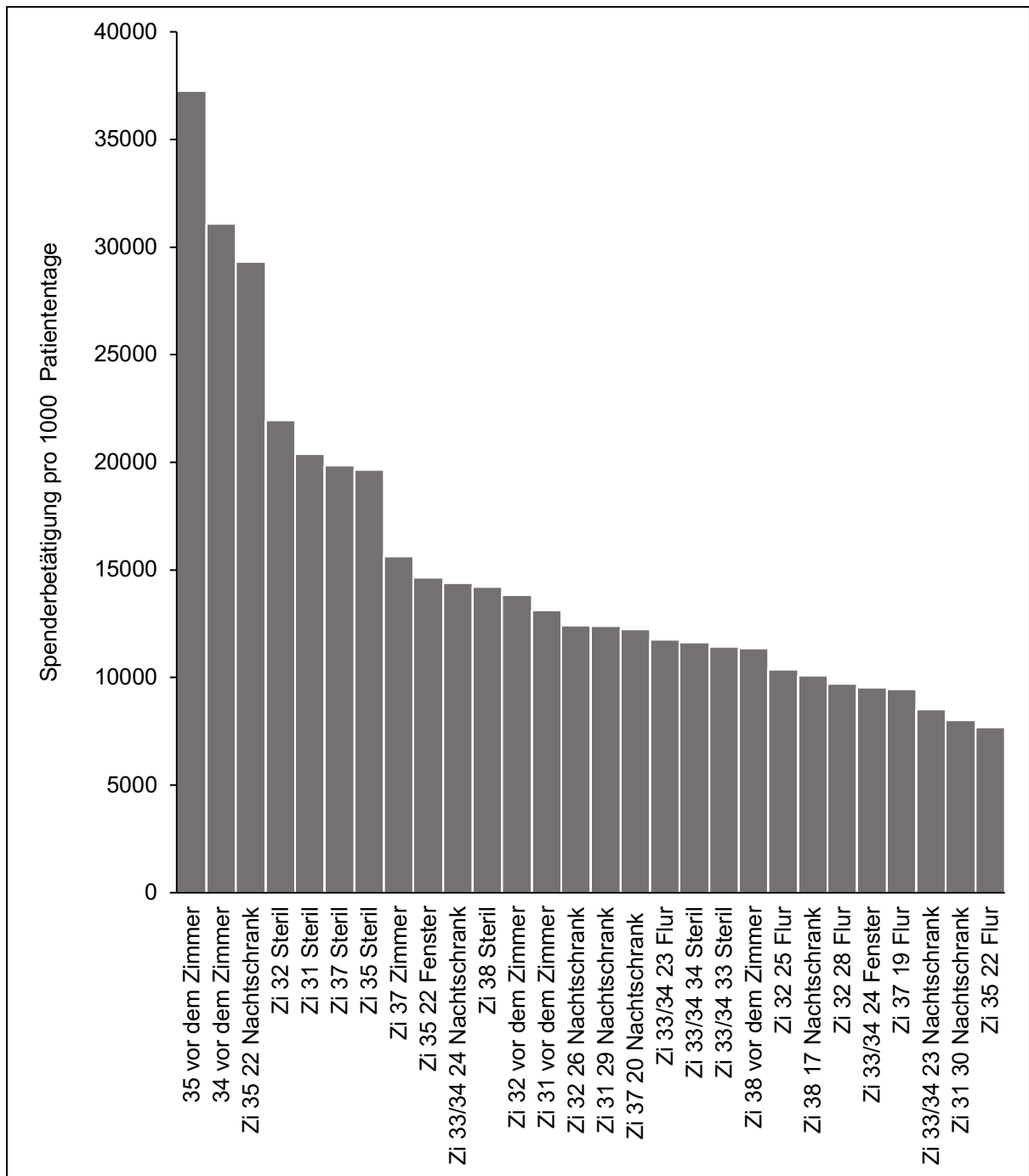


Abbildung 15: Betätigung der Spender auf der gesamten Station Teil 1

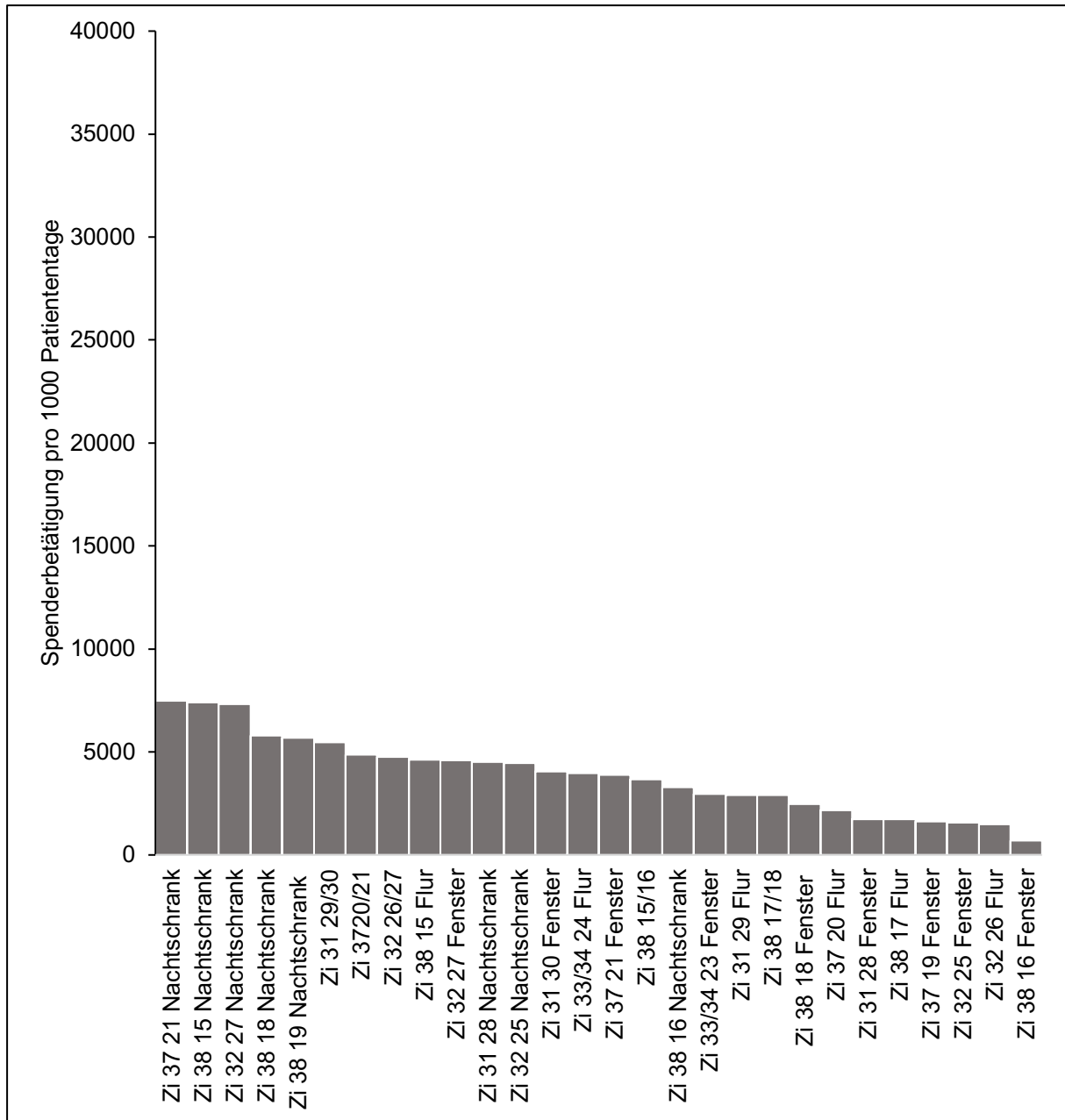


Abbildung 16: Betätigung der Spender auf der gesamten Station Teil 2

#### 4.5.2. Dreibettzimmer 31, 32 und 37

In den Dreibettzimmern waren jeweils zehn Händedesinfektionsspender an den gleichen Lokalisationen aufgestellt. Im Zimmer 31 wurden im Zeitraum 2018 und 2019 insgesamt 170951 Betätigungen der Händedesinfektionsspender registriert, im Zimmer 32 172644 und im Zimmer 37 171911 Betätigungen.

Abbildung 17 zeigt die Anzahl der Betätigungen der einzelnen Spenderarten pro 1000 Patiententage.

Bezogen auf die Anwendung pro 1000 Patiententage zeigten sich in den Dreibettzimmern signifikante Unterschiede bei der Betätigungsrate der einzelnen Spender ( $p < 0,001$ ). Am häufigsten waren die patientenfernen Spender mit der Bezeichnung „Steril“ und „vor dem Zimmer“ in Gebrauch, gefolgt vom ersten patientennahen Spender am Nachtschrank des ersten Bettplatzes im Zimmer (Bezeichnung „Nachtschrank“ 29, 26 und 20). Die geringste Anwendungsrate zeigte sich an den Spendern der Kategorie „Fenster“ und „Flur“ linksseitig.

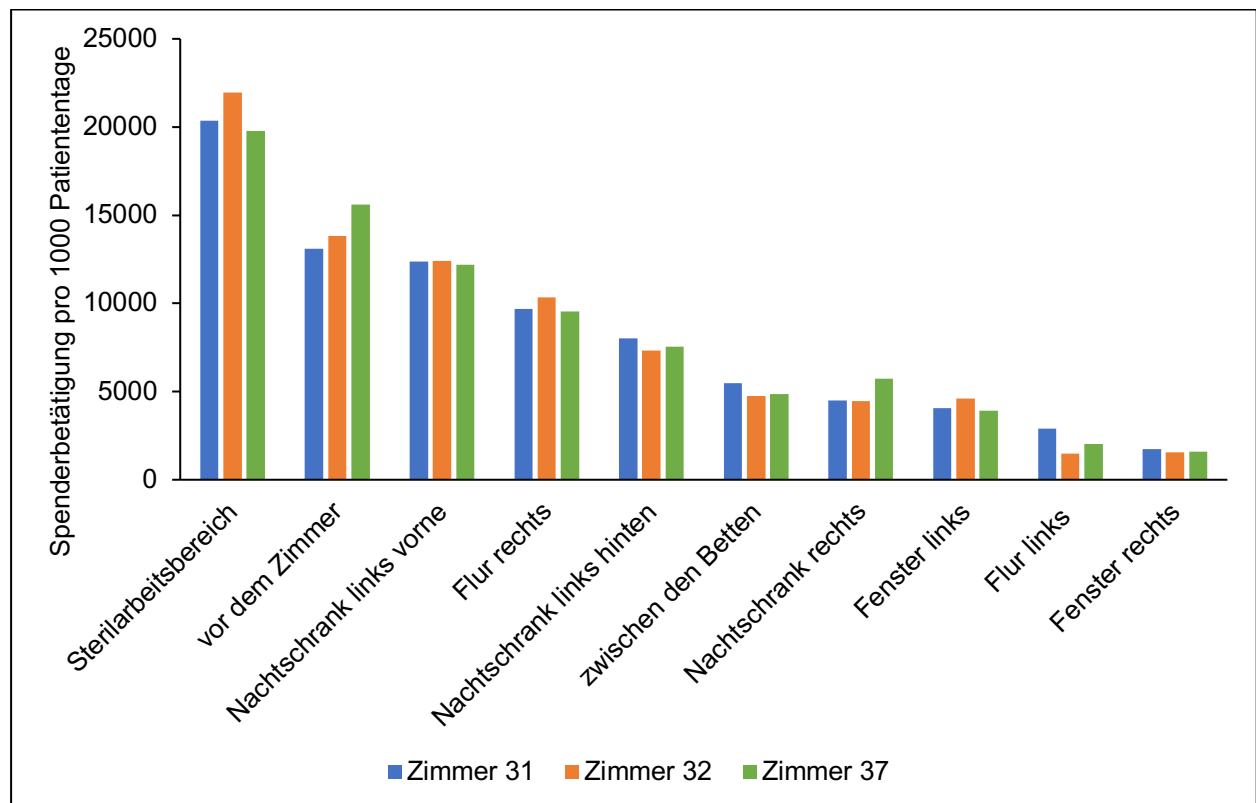


Abbildung 17: Betätigung der Spender in den Zimmern 31, 32 und 37

### 4.5.3. Zweibettzimmer 33/34

Im Zweibettzimmer 33/34 waren neun Spender vorhanden, diese wurden insgesamt 146097 Mal betätigt. Abbildung 18 zeigt die Betätigung der einzelnen Spender pro 1000 Patiententage.

Insgesamt war die Anwendungsrate pro Patiententag höher als in den größeren Zimmern (Zimmer 31, 32, 37 und 38). Der Spender vor dem Zimmer zeigten hier die höchste Betätigungsrate von 31073 pro 1000 Patiententage, die Unterschiede zu den anderen Spendern sind signifikant ( $p < 0,001$ ).

Im Gegensatz zu den Mehrbettzimmern haben hier die patientennahen Spender „24 Nachtschrank“ und „23 Flur“ eine leicht höhere Anwendungsrate als die patientenfernen Spender der jeweiligen sterilen Arbeitsbereiche. Am geringsten betätigt wurde der Spender am Fenster des Bettplatz 23, die Betätigungsrate entspricht mit 3000 Anwendungen weniger als 10% vom Spender vor dem Zimmer.

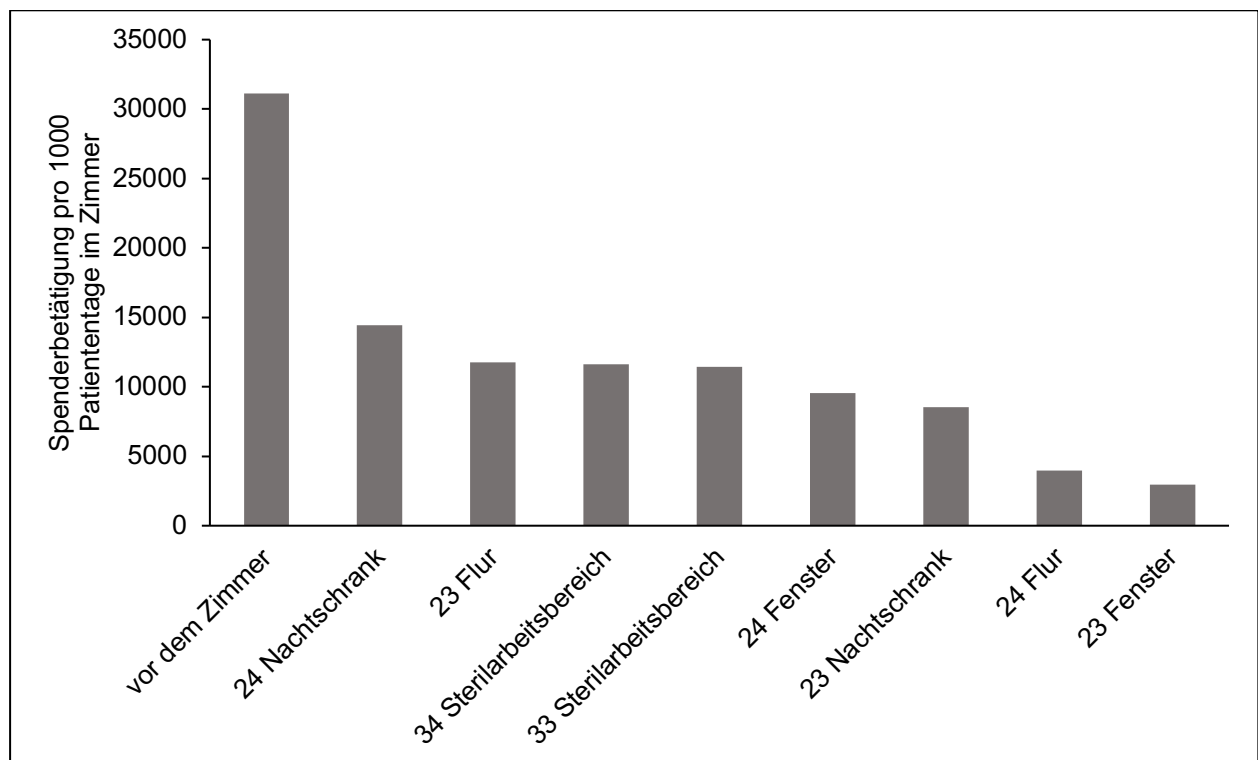


Abbildung 18: Betätigung der Spender im Zimmer 33/34

#### 4.5.4. Einzelzimmer 35

Im Einzelzimmer 35 waren fünf Spender vorhanden, welche 75805 Betätigungen aufzeichneten und in Abbildung 19 dargestellt sind. Die Anwendungsrate pro 1000 Patiententage war deutlich höher als in den Mehrbettzimmern.

Die höchste Rate an Betätigungen - gleichzeitig auch von allen Spendern auf der Station – wurde an dem Spender vor dem Patientenzimmer gemessen (37254 Anwendungen pro 1000 Patiententage). Eine ähnlich hohe Betätigungsrate zeigte auch der Spender „22 Nachtschrank“ und damit die mit Abstand häufigste Betätigung in der Kategorie „Nachtschrank“ der gesamten Station. In dem Einzelzimmer sahen wir die mit Abstand höchste Anwendung in der patientennahen Kategorie „Nachtschrank“. Dagegen wurde der Spender vor dem Bettplatz („22 Flur“) deutlich weniger benutzt. Die Unterschiede in der Anwendungsrate der einzelnen Spender waren signifikant ( $p < 0,001$ ).

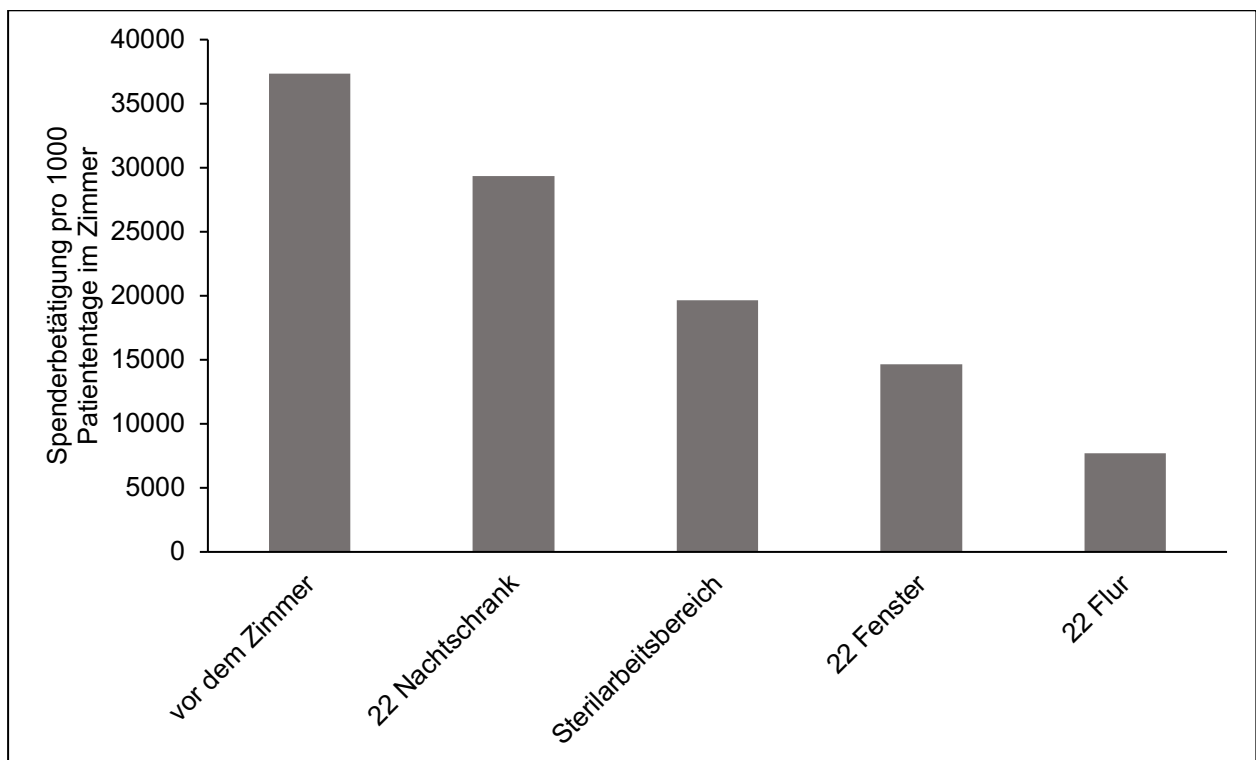


Abbildung 19: Betätigung der Spender im Zimmer 35

#### 4.5.5. Vierbettzimmer 38

Im Vierbettzimmer 38 befanden sich mit einer Anzahl von 12 die meisten Händedesinfektionsmittelspender. Die Anzahl der Auslösungen im Zeitraum 2018 bis 2019 lag bei 189351 und ist in Abbildung 20 als Anwendungsrate pro 1000 Patiententage dargestellt.

Wie in den anderen Mehrbettzimmern (Zimmer 31, 32 und 37) wurden die meisten Benutzungen mit 14590 und 11656 Anwendungen pro 1000 Patiententagen an den patientenfernen Spendern registriert (Bezeichnung „Steril“ und „vor dem Zimmer“). Anschließend folgten mit 10044 bzw. 7525 Anwendungen die Spender „17 Nachtschrank“ und „15 Nachtschrank“, dieses sind jeweils sind zur Tür ausgerichtet. Die Spender der gleichen Kategorie der anderen Bettplätze, die sich am Fenster befinden („18 Nachtschrank“ und „16 Nachtschrank“) wurden weniger häufig benutzt (5890 bzw. 3349). In diesem Zimmer befand sich auch der am wenigsten bediente Spender der gesamten Station („16 Fenster“) mit 716 Anwendungen pro 1000 Patiententage.

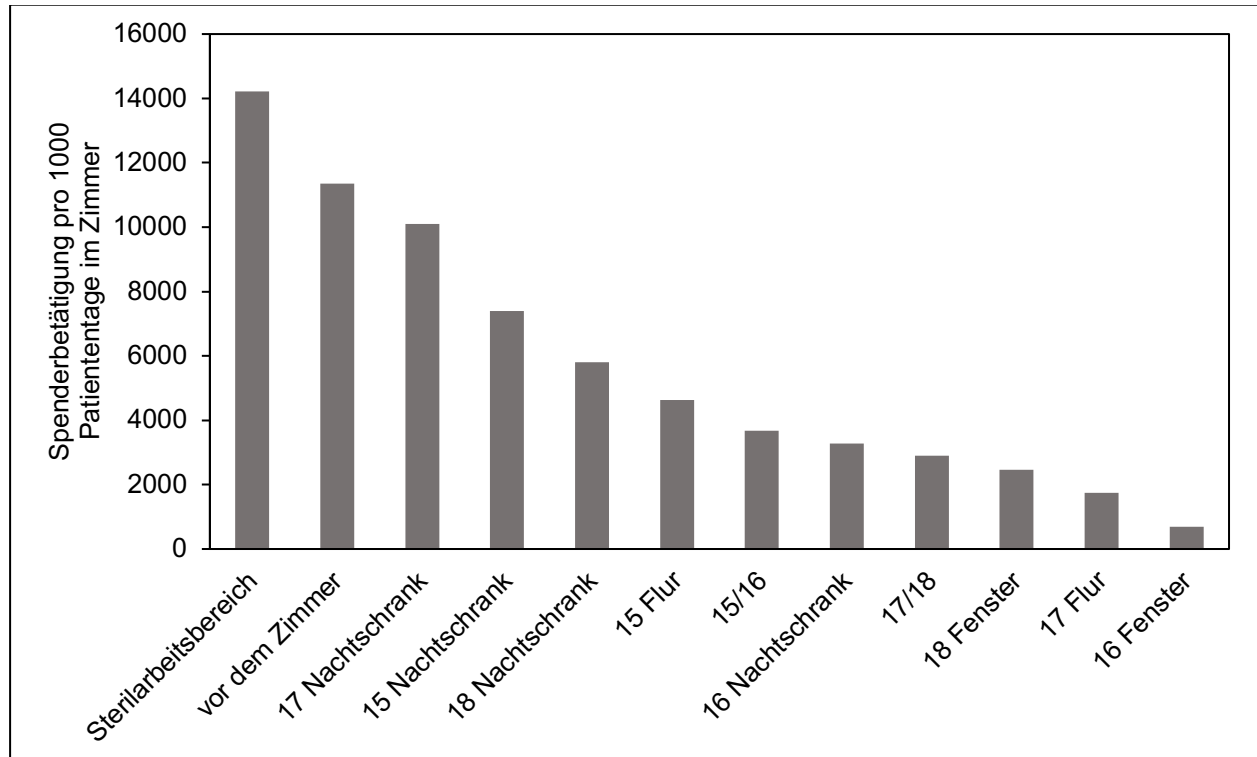


Abbildung 20: Betätigung der Spender im Zimmer 38



#### 4.5.6. Verteilung der Spenderbetätigung bezogen auf die Kategorie

Es zeigte sich, dass die patientenfernen Spender (Lokalisation vor den Zimmern und in den sterilen Arbeitsbereichen) wesentlich häufiger benutzt wurden als die patientennahen (Bezeichnung „Fenster“, „Nachtisch“, „zwischen den Betten“ und „Flur“). Tabelle 9 zeigt die mittlere Betätigung der beiden Kategorien, in Abbildung 21 sind diese als Boxplot dargestellt.

Die patientenfernen Spender registrierten 18495 Anwendungen, während die patientennahen 6707 (jeweils pro 1000 Patiententagen im jeweiligen Patientenzimmer) aufzeichneten ( $p < 0,001$ ).

Tabelle 9: Mittelwertvergleich patientennahe gegenüber patientenferne Spender

Händedesinfektionen pro 1000 Patiententage	Mittelwert	± SD	p-Wert*
Patientenfern	18495,49	± 2546,50	
Patientennah	6707,37	± 1063,08	<0,001

\* Wilcoxon Test

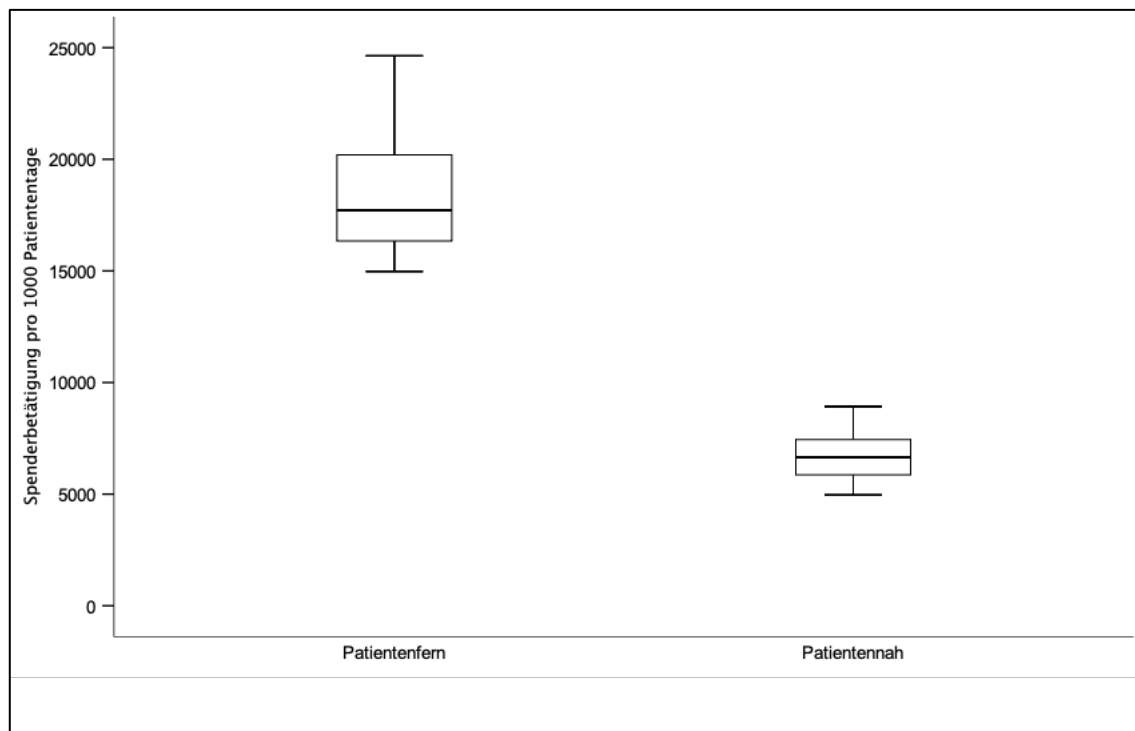


Abbildung 21: Vergleich der Spenderkategorien

## 4.6. Zeitliches Verhalten der Spenderbetätigung 2018 bis 2019

### 4.6.1. Vergleich Wochenende gegenüber Werktagen

In Tabelle 10 sind die Tagesmittelwerte und Standardabweichungen der ausgeführten Händedesinfektionen pro Stunde an Werktagen und an Wochenenden bzw. Feiertagen abgebildet und in Abbildung 22 mittels Boxplot dargestellt.

An Werktagen wurde eine durchschnittliche Händedesinfektionsleistung von 56 Spenderbetätigungen pro Stunde gemessen werden. Demgegenüber wurde an Wochenend- oder Feiertagen eine deutlich niedrigere durchschnittliche Spenderbetätigung festgestellt von nur 45,9 Betätigungen in einer Stunde. Die Differenz beträgt 17,8%. Es zeigt sich eine signifikant höhere Betätigung der Händedesinfektionsspenden an einem Werktag im Vergleich zum Wochenende oder Feiertag ( $p < 0,001$ ).

Tabelle 10: Vergleich Händedesinfektionsleistung Wochenende/Werktag

Händedesinfektionen pro Stunde	Mittelwert	± SD	p-Wert*
Wochenende	45,93	± 6,65	
Werktag	56,03	± 8,82	< 0,001

\* Wilcoxon Test



Abbildung 22: Vergleich Wochenende/Werktag

#### 4.6.2. Vergleich unterschiedlicher Tageszeiten

Angepasst an das Dreischichtsystem der Pflegekräfte wurde der Tag in drei gleichgroße Abschnitte je acht Stunden aufgeteilt. Tabelle 11 führt die Mittelwerte an durchgeführten Händedesinfektionen pro Stunde in dem jeweiligen Zeitraum auf, Abbildung 23 zeigt die Unterschiede als Grafik.

Im Zeitraum zwischen 06:00 und 14:00 Uhr (Frühdienst) zeigte sich die höchste Betätigung der Händedesinfektionsspender mit einer durchschnittlichen Betätigung von 72,92 pro Stunde, in anschließenden Zeitraum kam es zu einem Abfall der Händedesinfektionsleistung auf 54,70 Ausführungen pro Stunde. Im Zeitraum Nacht (zwischen 22:00 und 06:00 Uhr) fiel dieser Wert weiter ab auf nur noch 31,10 Händedesinfektionen pro Stunde. Der Anwendung von Händedesinfektionsmittel war im nächtlichen Zeitraum weniger als halb so hoch verglichen mit dem Zeitraum Früh. Mittels multifaktorieller Varianzanalyse ließ sich zeigen, dass diese Unterschiede signifikant waren ( $p < 0,001$ ). Der Faktor Tageszeit hatte einen Einfluss auf die Anzahl an ausgeführten Händedesinfektionen.

Tabelle 11: Händedesinfektionsrate zu unterschiedlichen Tageszeiten

Händedesinfektionen pro h	Mittelwert	± SD
Früh: 06-14 Uhr	72,92	± 19,48
Spät: 14-22 Uhr	54,70	± 13,50
Nacht: 22-06 Uhr	31,10	± 10,17

P < 0,001 (Einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung)

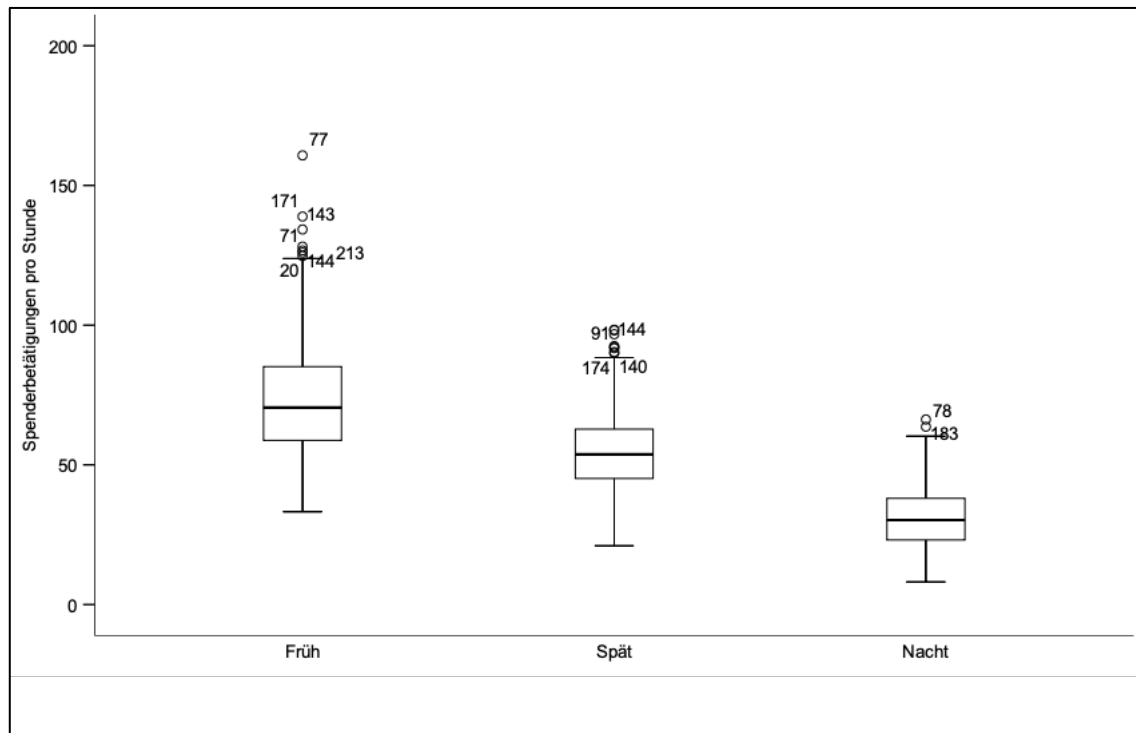


Abbildung 23: Spenderbetätigung zu unterschiedlichen Tageszeiten

## 5. Diskussion

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die Auswirkungen nach Einführung eines neuen Händedesinfektionsmittelkonzeptes mittels automatisch zu bedienenden Spendern auf einer internistischen Intensivstation untersucht. Diese ersetzen die vorher vorhandenen Kitteltaschenflaschen und zufällig verteilten Desinfektionsmittelspender. Hierzu wurden die Parameter Desinfektionsmittelverbrauch, Compliance und Rate an nosokomialen Infektionen analysiert. Zusätzlich wurde untersucht, ob die Betätigungsrate der Spender von unterschiedlichen Tageszeiten abhängig ist und zwischen Wochenenden und Feiertagen gegenüber Werktagen variiert.

### 5.1. Desinfektionsmittelverbrauch

#### 5.1.1. Entwicklung des Desinfektionsmittelverbrauches

Der durchschnittliche Desinfektionsmittelverbrauch auf deutschen Intensivstationen betrug im Jahr 2010 83 ml pro Patiententag (74). Im Rahmen einer europäischen Erhebung lag dieser auch im Jahr 2012 für Intensivstationen in Deutschland bei vergleichbaren 88 ml pro Patiententag (61). Die in unserer Arbeit gemessenen Werte lagen mit 104 bis 141 ml pro Patiententag durchgehend über diesen Werten. Allerdings wurden die deutschlandweiten Daten bereits 2010 bzw. 2012 erhoben, daher könnten unsere höheren Werte mit der allgemeinen Entwicklung des Desinfektionsmittelverbrauches zusammenhängen. So zeigte eine Untersuchung zwischen 2007 und 2015 eine Verdopplung des Händedesinfektionsmittelverbrauches über diesen Zeitraum auf 113 ml pro Patiententag (75). In einer aktuellen Studie von 2017 konnte zudem eine positive Korrelation zwischen dem Händedesinfektionsmittelverbrauch und der Rate an beatmeten Patienten einer Intensivstation gezeigt werden (76). Auch dieser Fakt könnte unsere höheren Werte erklären, da die untersuchte Intensivstation an sämtlichen Behandlungsplätzen mit Beatmungsmöglichkeiten ausgestattet ist und der Anteil an beatmeten Patienten im Durchschnitt 70 % beträgt. Die Einführung der neuen Desinfektionsmittelspender führte

in der vorliegenden Arbeit zu keiner signifikanten Veränderung des Desinfektionsmittelverbrauches.

Der Verbrauch an Desinfektionsmittel wurde einerseits über die Liefermenge des zentralen Einkaufs ermittelt, andererseits über die von den Spendern erhobenen Daten. Da jede Betätigung des automatisierten Spenders zu einer konstanten Abgabemenge von 1,5 ml führt, war eine exakte Berechnung des Verbrauches über die Spenderbetätigung möglich. Es ergaben sich nur geringfügige Abweichungen zwischen der Menge an ausgeliefertem Desinfektionsmittel und der durch die automatisierten Spender ermittelten tatsächlich verbrauchten Menge. Daher scheint auch die gelieferte Menge an Desinfektionsmittel den realen Verbrauch widerzuspiegeln. Durch die Einführung des Ophardt Hygiene Monitoring Systems ist der Verbrauch an Desinfektionsmittel detaillierter und genauer zu überwachen. Im Gegensatz zu den Verbrauchsdaten aus dem zentralen Einkauf sind hier auch Auswertungen des Verbrauches über kürzere Intervalle möglich. So konnten tagesgenaue Analysen erstellt werden und der Verbrauch an Desinfektionsmittel monatsweise ermittelt und verglichen werden. Die Daten stehen für 24h täglich und für alle 365 Tage im Jahr zur Verfügung. Zudem ist mittels dieser Daten ersichtlich, an welchen Orten Desinfektionsmittel verbraucht wurde, während die über die Lieferungen bestimmte Menge diese Aufschlüsselung nicht ermöglicht. Ferner ist über die nur jährlich übermittelte Liefermenge nicht genau abzuschätzen, ob z.B. eine gelieferte Menge im Dezember eines Jahres auch noch überlappend im Januar des nächsten Jahres benutzt wird. Auch könnten die gelieferten Mengen dazu benutzt werden, größere Vorräte anzulegen, welche nicht verbraucht werden, aber als ausgeliefert deklariert werden.

### 5.1.2. Auswirkungen von Interventionen

Im Rahmen der vorliegenden Studie erfolgte die Ausstattung der Intensivstation mit an festen Lokalisationen aufgestellten automatisierten Händedesinfektionsmittelspendern. Hierdurch ließen sich weder der Desinfektionsmittelverbrauch noch die Compliance steigern. Es zeigte sich lediglich für die Jahre 2017 und 2018 ein leicht höherer Desinfektionsmittelverbrauch, im Folgejahr 2019 hielt dieser Trend nicht an. Wir gehen davon aus, dass zunächst aufgrund der Neuerung das Interesse der Mitarbeiter gesteigert wurde, die automatisierten Desinfektionsmittelspender auszuprobieren.

Die positive Auswirkung von darüber hinaus führenden Interventionen zur Steigerung des Desinfektionsmittelverbrauches ist durch verschiedene Studien gut belegt: So ersetzte eine Studie in den Niederlanden auf einer Normalstation mit 24 Betten drei herkömmliche Spender mit denen zu unserer Arbeit baugleichen, automatisierten Spendern unserer Arbeit (77). Hiernach konnte eine erhöhte Betätigung der automatisierten Spender gesehen werden, jedoch erfolgte dies erst nach einer zusätzlichen Intervention. Hierfür wurden zwei Plakate über den Desinfektionsmittelspendern angebracht, welche die Wichtigkeit der Händehygiene verdeutlichten. Damit sollte das Verhalten der Mitarbeiter gezielt in eine Richtung gelenkt werden (Nudging), ohne dass es sich hierbei um eine konkrete Dienstanweisung handelte. Zudem wurden nur 3 Spender ersetzt. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sind mit 56 Spender sämtliche Spender der Station ausgetauscht worden, sodass der Effekt bei den 3 einzelnen Spendern auch nur eine verstärkte Nutzung einzelner Spender widerspiegeln könnte. Somit wurden in der niederländischen Arbeit den 3 Spendern eine verstärkte Aufmerksamkeit gewidmet, während die automatisierten Spender in der vorliegenden Arbeit rasch nach ihrer Installation zur Normalität gehörten.

Eine Studie auf einer kardiochirurgischen Intensivstation in Deutschland mit 14 Behandlungsplätzen konnte 2018 einen signifikanten Anstieg der ausgeführten Händedesinfektionen von 47 auf 53 Händedesinfektionen pro Patiententag nach Umstellung auf automatische Desinfektionsmittelspender zeigen (78). Auch bei dieser Studie erfolgte eine über das reine Austauschen hinausgehende Intervention im Gegensatz zu unserer Arbeit. In wöchentlichen Interventionen wurden die Daten der ausgeführten Händedesinfektionen den Mitarbeitern vorgestellt.

Ein erhöhter Verbrauch an Desinfektionsmittel bedeutet nicht automatisch eine bessere Compliance (79). Allein durch den Verbrauch ist nicht automatisch ersichtlich, wer das Desinfektionsmittel angewendet hat und wofür dieses angewendet wurde. So ist es durchaus möglich, dass Händedesinfektionsmittel für nicht indizierte Tätigkeiten wie Reinigungen z.B. des Stethoskops benutzt wird. Zudem wird nicht erfasst, wie viel Desinfektionsmittel verworfen werden musste, u.a. weil die Haltbarkeit überschritten wurde. Insbesondere an den wenig frequentierten Spendern ist die Chance hierfür gegeben, da das im Spender befindliche Desinfektionsmittel spätestens drei Monate nach Anbruch der Flasche ausgetauscht werden muss unabhängig vom Füllstand.

Diese potentielle Fehlerquelle ist allerdings ausschließlich bei der Erfassung über die bestellte Desinfektionsmittelmenge zu bedenken und würde bei der Abgabeerfassung durch die Spender nicht entstehen. Ferner könnte die Menge des Desinfektionsmittelverbrauches auch dadurch unterschätzt werden, dass externe Mitarbeiter und konsiliarisch tätige Ärzte noch mit persönlichen Kitteltaschenflaschen ausgestattet waren, welche dann nicht in die Bestimmung des Gesamtverbrauches mit einfließen.

## **5.2. Compliance**

### 5.2.1. Vergleich der ermittelten Compliance

Die durch direkte Observation bestimmte Compliance hat sich nach Umstellung des Desinfektionsmittelkonzeptes auf der Intensivstation nicht signifikant verändert. Die mittlere Compliance betrug in den Jahren 2018 und 2019 69%. Diese ist somit deutlich niedriger als der Durchschnitt auf deutschen Intensivstationen, welcher im gleichen Zeitraum 79% betrug, und deutlich entfernt von den empfohlenen 80% (56, 57). Es muss jedoch beachtet werden, dass im gesamten Zeitraum von 5 Jahren (2015-2019) lediglich 14 Observationen mit jeweils mindestens 150 Händedesinfektionsindikationen stattfanden und deren Aussagekraft alleine dadurch beeinträchtigt ist. Da sich aber auch der gemessene Desinfektionsmittelverbrauch nicht verändert hat, kann durch Kombination von beiden Bestimmungen davon ausgegangen werden, dass sich die Compliance durch das Installieren der automatisierten Spender nicht verändert hat. Die Compliance durch eine Kombination aus direkter Beobachtung und Händedesinfektionsmittelverbrauch zu ermitteln, ist ein gut etabliertes Konzept (66). Eine Studie auf einer anästhesiologischen Intensivstation mit 24 Betten in Deutschland zeigte 2015 eine Korrelation zwischen der Händehygiene-compliance und elektronisch aufgezeichneter Spenderbetätigungen (67). Hier kam das gleiche Desinfektionsmittelspendersystem zum Einsatz wie in unserer Studie. Auch die Ausstattung mit insgesamt 70 Spendern auf einer Intensivstation mit einer Kapazität von 24 Behandlungsplätzen ist mit der in unserer Studie (56 Spender bei 16 Intensivbetten) gut vergleichbar. Die Beobachtung der Compliance erfolgte bei der Studie von *Hagel et al.* ebenfalls durch direkte Observation, welche an Werktagen



zwischen 6 und 22 Uhr durchgeführt wurden (67). Die direkten Observationen erfolgten hier an 48 Terminen für eine Dauer von jeweils 2 Stunden. Es konnte gezeigt werden, dass die Betätigung der Spender während der nächtlichen Stunden, in denen keine Observationen stattfanden, signifikant zurückging. Tagsüber erfolgten durchschnittlich 21 Händedesinfektionen pro Mitarbeiter pro Stunde, nachts hingegen nur 8. Dieser Unterschied wurde im Rahmen des Hawthorne Effektes erklärt (67). Wir sahen jedoch in unserer Studie ebenfalls eine deutliche Abnahme der Anzahl an Händedesinfektionen nachts verglichen mit tagsüber über den gesamten Zeitraum (2018 bis 2019), auch ohne den Einfluss der direkten Beobachtungen tagsüber. Die Studie von *Hagel et al.* konnte ebenfalls durch direkte Beobachtung eine durchschnittliche Anzahl von 11 händedesinfektionsrelevanten Indikationen pro Patient und pro Stunde ermitteln. Eine weitere Studie aus Deutschland ermittelte durch direkte Beobachtung auf einer internistischen Intensivstation tagsüber eine ähnliche Anzahl an Händedesinfektionsindikationen (52).

Umgerechnet auf unsere Intensivstation mit 16 Behandlungsplätzen würde dieses 176 Händedesinfektionsereignisse pro Stunde ergeben, wenn man eine Compliance von 100% annimmt. Unsere gemessenen Werte lagen deutlich unter diesen Wert, wir beobachteten am Wochenende durchschnittlich 46 Händedesinfektionen pro Stunde, werktags 56.

Während des Zeitraumes der Compliance Beobachtung auf unserer Station, die fast ausschließlich während des Frühdienstes an Werktagen stattfand, sahen wir hier eine durchschnittliche Betätigung der Händedesinfektionsspender von 73 Ausführungen pro Stunde. Berechnet man die Compliance anhand der Vorgabe von 176 Händedesinfektionen pro Stunde, so beträgt der ermittelte Wert lediglich 41%. Die durch Beobachtung ermittelte Compliance lag auf unserer Station wesentlich höher (zwischen 60 und 74%). Man könnte vermuten, dass sich ein gewisser Anteil mit dem Hawthorne Effekt erklären lässt. Jedoch ist zusätzlich zu bedenken, dass es auf unserer internistischen Intensivstation zu weniger hygienerelevanten Ereignissen kommt als auf operativen Intensivstationen, welche in der Studie von *Hagel et al.* untersucht wurde (67).

Daher konnte in der vorliegenden Arbeit trotz weniger Spenderbetätigungen eine höhere Compliance beobachtet werden. Die geringere Anzahl an hygienerelevanten Ereignissen ergibt sich dadurch, dass bei internistischen Patienten z.B. weniger häufig Verbandswechsel durchzuführen sind als bei einem postoperativen Patienten.

Die direkten Beobachtungen in der Studie von *Hagel et al.* wurden nicht nachts durchgeführt, sodass auch hier keine Aussagen darüber möglich sind, wie viele Händedesinfektionsereignisse in diesem Zeitraum anfallen (67). Zudem könnten die häufigeren Observationen beim Personal den Eindruck einer erhöhten Fokussierung auf das Thema Hygiene herbeigeführt haben, sodass neben dem Hawthorne Effekt eine dauerhafte Wirkung durch die erhöhte Aufmerksamkeit erzielt worden sein könnte. In unserer Studie wurden ebenfalls nachts signifikant weniger Händedesinfektionen durchgeführt als tagsüber. Bei unserer Studie sehen wir diesen Effekt aber nicht durch den Hawthorne Effekt erklärt, da über den gesamten Beobachtungszeitraum betrachtet die direkten Compliancebeobachtungen hierfür nicht häufig genug erfolgten. Wir gehen also eher davon aus, dass in den nächtlichen Stunden die Händedesinfektionsleistung deutlich abnimmt und hier ein Compliancedefizit vorhanden sein könnte.

Als weiteres Ergebnis sahen *Hagel et al.* eine positive Korrelation zwischen der gemessenen Compliance und der Betätigung der Spender (67).

Wenn man das Ergebnis auf unsere Station überträgt, so geht eine gestiegene Compliance mit einer höheren Betätigung der Spender einher. Eine höhere Betätigung hätte sich dann auch im gemessenen Desinfektionsmittelverbrauch durch die Spender dargestellt. Dies war bei uns so nicht zu beobachten. Daher zeigt sich in unserer Studie auch kein indirekter Hinweis darauf, dass sich die Compliance durch den Austausch der Spender geändert hat.

Insgesamt sind Gründe für eine unzureichende Compliance multifaktoriell (80).

Zeitmangel, Überforderung, Unwissenheit und Selbstüberschätzung der eigenen Performance sind etablierte Faktoren, die die Compliance erniedrigen (81). Eine Erhöhung der Compliance kann nur durch eine ausreichende Motivation der Mitarbeiter erfolgen (82).

### 5.2.2. Weitere Systeme zur Bestimmung der Compliance

Neben der direkten Observation, die alle 5 Indikationen der Händedesinfektion beurteilt, gibt es mittlerweile auch erweiterte technische Lösungen zur Ermittlung der Compliance (83). So können automatisierte Händedesinfektionsmittelspender in Kombination mit Sensoren in der Nähe der Zimmertür und des Patientenbettes benutzt werden. Hierbei werden durch die Sensoren das Betreten und Verlassen des Patientenzimmers erfasst, während der Desinfektionsmittelspender den Ort und die Uhrzeit der Händedesinfektion

aufzeichnet. Das Betreten des Zimmers wird hier als Annäherung für die Indikation vor dem Patientenkontakt gewertet, das Verlassen des Zimmers kann die Indikation nach Patientenkontakt oder Kontakt mit der Patientenumgebung darstellen. Eine Arbeit aus den USA zeigte eine positive Korrelation dieses Systems im Vergleich zu den Daten einer direkten Observation (84). Eine andere Studie aus den USA zeigte einen signifikanten Anstieg der Compliance nach Einführung eines tragbaren Device für jeden Mitarbeiter, welches mittels optischen Signalen an die Ausübung der hygienischen Händedesinfektion erinnert (Biovigil) (85). Dieses tragbare System besitzt einen chemischen Sensor und kann das auf Alkohol basierte Händedesinfektionsmittel somit detektieren. Hält der Mitarbeiter seine desinfizierte Hand vor den Sensor so wird eine Händedesinfektion registriert und das optische Signal auf grün umgestellt. Dieses Device ist personengebunden und kann nach Ende der Schicht abgegeben werden, damit die Gesamtanzahl an Händedesinfektionen erfasst werden kann. Es werden somit personalisierte Spenderbetätigungen erfasst. Beide Systeme erzeugen einen höheren Überwachungsdruck für die Mitarbeiter und könnten dadurch zu einer höheren Betätigung der Händedesinfektionsspender führen.

Auch sie lassen allerdings keine exakten Rückschlüsse darauf zu, ob die durchgeführte Händedesinfektion auch indiziert war. Eine direkte Observation, wie in unserer Studie durchgeführt, zeigt auf, dass eine Händedesinfektion korrekt erfolgte. Zudem wird aufgezeigt, wann eine Händedesinfektion nicht erfolgt ist. Es wird jedoch bei einer reinen Observation nicht untersucht, aus welchem Grund diese nicht erfolgt ist.

### 5.2.3. Spenderbeteiligung zu unterschiedlichen Tageszeiten

In unserer Studie beeinflusste die Tageszeit signifikant die Anzahl der ausgeführten Händedesinfektionen. Diese war während der Nachtschicht deutlich geringer als in der Frühschicht, im Durchschnitt betrug diese nachts weniger als 30% der Händedesinfektionen tagsüber. Da weder Interviews noch weitere Interventionen erfolgten, lässt unsere Studie keine Aussage über die Gründe dieser tageszeitlichen Unterschiede zu. Auf einer operativen Intensivstation sind tageszeitliche Unterschiede häufig damit zu erklären, dass nachts keine elektiven Operationen und somit auch keine geplanten Neuaufnahmen von Patienten stattfinden. Auf einer internistischen Intensivstation wie unserer werden die Patienten jedoch nahezu ausschließlich als

Notfälle aufgenommen werden, was naturgemäß unabhängig von der Tageszeit stattfindet. Dennoch finden tagsüber mehr Routinearbeiten statt (u.a. ärztliche Visite und Untersuchung der Patienten, physiotherapeutische Maßnahmen, elektive Untersuchungen). Jedoch finden auch einige Routinearbeiten nachts statt, die ein händehygienisch relevantes Ereignis darstellen (u.a. pflegerische Maßnahmen wie Lagerung des Patienten, Blutentnahmen, parenterale Medikamentenverabreichung). In einem australischen Akutkrankenhaus wurde im Oktober 2013 eine permanente Observation der Händedesinfektionen über eine Woche durchgeführt (86). Eine internistische und eine chirurgische Station mit jeweils 24 Behandlungsplätzen wurden untersucht. Die Tage wurden in jeweils 12 Stunden lange Tag- und Nachtschichten unterteilt, wobei tagsüber 62% und nachts nur 38% aller erfassten Händedesinfektionen erfolgten. Unsere Werte lagen deutlich abweichend, die Anzahl der Händedesinfektionen nachts machte nur 20% aller ausgeführten Händedesinfektionen aus. In der australischen Arbeit wurde ein Zweischichtsystem angewendet, sodass der Nachtdienst deutlich früher beginnt als auf unserer Station mit Dreischichtsystem. Zwar arbeitete auf unserer Intensivstation das ärztliche Team teilweise im Zwei-, die Pflegekräfte jedoch ausschließlich in einem Dreischichtsystem. In der australischen Arbeit wurde durch direkte Beobachtungen festgestellt, dass über 60% aller Händedesinfektionen durch Pflegekräfte erfolgen und nur etwa 10% durch Ärzte (86). Anhand dieser Studien und der Daten unserer Arbeit scheint eine geringere Compliance hauptsächlich in dem Zeitbereich vorzukommen, in welchem generell weniger Personal eingesetzt wird und auch keine Vorgesetzten anwesend sind. So ist auf der Intensivstation 32b im Frühdienst durchgehend mindestens eine Leitungsposition der Pflege und Ärzte anwesend, im Spät- und Nachtdienst hingegen meistens nicht. Eine mögliche Erklärung für die geringe Compliance zu nächtlicher Zeit könnte sein, dass sich die Mitarbeiter unbeobachtet fühlten. Zudem finden nachts in der Regel keine ärztlichen Visiten statt oder elektive Eingriffe. Dieses könnte ebenfalls dazu beitragen haben, dass die Zahl der durchgeführten Händedesinfektionen am Wochenende signifikant geringer war als an Werktagen.

#### 5.2.4. Spenderbetätigungsverhalten an Werktagen verglichen mit Wochenenden

Mittels Auswertung des Datums der aufgezeichneten Spenderbetätigung konnte gezeigt werden, dass sich deren Betätigung signifikant reduziert an Wochenend- sowie an

Feiertagen. Insgesamt sahen wir an diesen Tagen eine um 18% niedrigere Händedesinfektionsleistung verglichen mit Werktagen. Diese könnte an dem an Feiertagen und Wochenenden reduziert anwesenden Personal liegen. So arbeiteten tagsüber nur 2 Ärzte an einem Wochenende oder Feiertag auf der Station, anstatt mindestens 4 an einem Werktag. Zudem wurden weniger Routinetätigkeiten am Wochenende durchgeführt und es fanden z.B. weniger Physiotherapie Behandlungen statt. Die pflegerischen Grundmaßnahmen blieben allerdings gleich, auch die Auslastung der Betten war im Beobachtungszeitraum konstant hoch, sodass nicht davon auszugehen ist, dass die Anzahl der Patienten diese Werte beeinflusst hat. Im Rahmen der direkten Observation der australischen Studie wurden für den Zeitraum unter der Woche (5 Tage) 7754 Indikationen zur Händedesinfektion gesehen, also etwa 1500 pro Tag (86). Für die 2 Tage am Wochenende wurden 3401 Indikationen gezählt, dieses entspricht etwa 1700 Händedesinfektionen täglich (86). Die Bestimmung erfolgte nur für eine Woche, sodass der Datensatz viel geringer ist als im Rahmen unserer Studie, welche 2 Jahre untersuchte. Allerdings zeigen sich in der australischen Studie keinerlei Hinweise, dass es am Wochenende zu weniger händehygienischen Ereignissen kommt, im Gegenteil wurden mehr Indikationen observiert als unter der Woche (86). Überträgt man diese Ergebnisse auf unsere Station, so dürften keine Unterschiede feststellbar sein zwischen einem Tag am Wochenende oder einem Werktag. Daher gehen wir davon aus, dass die gemessene niedrigere Spenderbetätigungsrate am Wochenende sowie an Feiertagen in unserer Studie ein Hinweis auf ein Compliancedefizit ist.

### **5.3. Nosokomiale Infektionen**

Die Rate an nosokomialen Infektionen, gemessen durch die Anzahl der drei Indikatorinfektionen, änderte sich durch die Einführung des neuen Händedesinfektionsmittelkonzeptes nicht signifikant. Die Anzahl der nosokomialen Infektionen zeigte über den Beobachtungszeitraum unserer Studie eine große Varianz. In Kanada konnte in einer multizentrischen Studie in 26 Stationen von Akutkrankenhäusern eine Steigerung der Compliance erreicht werden durch tägliches Feedback der Händehygieneleistung an die Mitarbeiter (87). Hierunter ging die Rate an nosokomialen Infektionen zurück, es konnte aber kein signifikanter Unterschied gezeigt werden. Eine andere multizentrische Studie aus den USA konnte eine deutliche

Reduktion nosokomialer Infektionen durch Erhöhung der Compliance bei Händedesinfektionen zeigen (88). Um nosokomiale Infektionen zu verhindern, sind Interventionen an mehreren Punkten notwendig. Eine einzelne Intervention, wie in unserer Studie, kann somit oft nur eingeschränkten Einfluss auf die Rate an nosokomialen Infektionen haben. So wurden auch in unserer Studie alle drei Indikatorinfektionen durch die Änderung des Desinfektionsmittelkonzeptes nicht beeinflusst. Dies mag auch an der eingeschränkten Aussagekraft und Patienten- sowie Infektionsanzahl unserer Single Center Studie liegen. Zudem sind auch endogene nosokomiale Infektionen beschrieben, auf deren Anzahl die konsequente Ausübung der hygienischen Händedesinfektion nur einen begrenzten Einfluss hat.

## **5.4. Betätigung nach Spenderlokalisierung**

### 5.4.1. Ort der Betätigung

In unserer Arbeit wurden die Desinfektionsmittelspender in 2 Kategorien unterteilt (patientennah und patientenfern). Die patientenfernen Desinfektionsmittelspender (Kategorie „steril“ und „vor dem Zimmer“) wurden signifikant häufiger betätigt als die patientennahen ( $p < 0,001$ ). Dieses deckt sich nicht mit der Empfehlung der WHO und TRBA, die raten, die Spender möglichst nah am Ort der Händedesinfektion aufzustellen (39). Die am häufigsten bedienten Spender waren vor dem jeweiligen Patientenzimmer und am sterilen Arbeitsbereich lokalisiert. Man sollte hierbei mit einkalkulieren, dass die Spender vor dem Patientenzimmer auch von Angehörigen benutzt wurden. Insbesondere in den Mehrbettzimmern sollte man davon ausgehen, dass die patientennahen Spender häufiger in Gebrauch waren. Dem war aber nicht der Fall. Insbesondere die patientennahen Spender (Kategorie „Fenster“ und „zwischen den Betten“) wurden deutlich weniger oft benutzt. Eine mögliche Erklärung könnte hier auch ein Compliancedefizit in Bezug auf aseptische Tätigkeiten sein. Insbesondere diese Spender der unmittelbaren Patientenumgebung sind elementar zur Ausführung der hygienischen Händedesinfektion vor aseptischen Tätigkeiten am Patienten. Die Daten aus der direkten Beobachtung der Compliance nach WHO Indikation zeigten, dass die Compliance vor aseptischen Tätigkeiten mit durchschnittlichen Werten von deutlich unter 50% am geringsten war verglichen mit den anderen Indikationen der hygienischen

Händedesinfektion. Die höhere Betätigung der Spenderkategorie „Nachtschrank“ sehen wir hingegen im Zusammenhang mit der höheren Compliance bei der Indikation nach Patientenkontakt. Die Daten aus der direkten Beobachtung zeigten eine hohe Compliance bei dieser Indikation mit Werten deutlich über 80% über den gesamten Beobachtungszeitraum. Wurde eine händehygienisch relevante Tätigkeit am Patienten ausgeführt und bewegte sich der Mitarbeiter anschließend vom Patienten weg, so erfolgte meist schon aus Eigenschutz des Mitarbeiters eine Händedesinfektion nach Patientenkontakt. Für diese Indikation ist der Spender am Nachttisch des Patienten am nächsten gelegen. Insbesondere in den Mehrbettzimmern war hierbei ein deutlicher Unterschied der Anwendungsrate in der Kategorie „Nachttisch“ zu erkennen gewesen. Es zeigte sich in den Zimmern 31, 32, 27 und 38, dass die Spender auf der linken Seite („Nachtschrank“ 29, 26, 20 und 17) wesentlich häufiger benutzt wurden als die gleiche Kategorie gegenüber („Nachtschrank“ 28, 25, 19 und 15). Eine mögliche Erklärung wäre hier, dass sich die Spender links vorne nahe am Eingang befinden und daher bisweilen anstelle des Spenders vor dem Zimmer benutzt wurden. Wobei zu bedenken ist, dass das Betreten des Zimmers alleine keine Indikation zur hygienischen Händedesinfektion darstellt. Da die Spender der Kategorie „Nachtschrank“ als einzige in ihrer Lokalisation nicht fest fixiert waren (die Nachtschränke selber können in ihrer Position verändert werden), könnte dieses auch dazu geführt haben, dass die Spender auf der rechten Seite des Zimmers weniger häufig benutzt wurden. Insbesondere in den Dreibettzimmern 31, 32 und 37 befand sich auf der rechten Seite nur ein Behandlungsplatz, sodass aufgrund der vorhandenen Fläche größere Möglichkeiten bestanden, die Position des Nachtschranks zu verändern und diesen Spender somit weniger gut zugänglich zu machen. Allerdings können genauere Aussagen hierüber nur durch Personalbefragungen evaluiert werden. Im Rahmen der Vorbereitung der vorliegenden Studie wurden Mitarbeiter befragt und dementsprechend die Aufstellungsorte der Spender ausgewählt. Damit sollte sichergestellt werden, dass jeder Spender indikationsgerecht leicht zu erreichen ist. Es wäre überlegenswert, ob nun mit dem Wissen über die Anwendungsrate erneute Befragungen durchgeführt und gegebenenfalls die Positionen der Spender modifiziert werden sollten vor dem Hintergrund einer weiteren Optimierung.

#### 5.4.2. Unterschiede Mehrbettzimmer-Einzelzimmer

Im Vergleich der einzelnen Zimmer fiel auf, dass insbesondere die Desinfektionsmittelspender der kleineren Zimmer (Einzel und -Zweibettzimmer) eine deutlich höhere Betätigung aufweisen als die in den größeren Mehrbettzimmern. Die Einzelzimmer werden häufig mit isolationspflichtigen Patienten belegt. Darunter zählen Patienten, die mit multiresistenten Erregern besiedelt sind, oder Patienten, die aufgrund einer Neutropenie umkehrisolationspflichtig sind. Insbesondere Patienten, die mit einem 4 MRGN (multiresistente gramnegative Erreger) besiedelt oder infiziert sind, benötigen eine 1:1 Betreuung von einer Pflegekraft und werden nahezu ausschließlich im Einzelzimmer untergebracht. Bei einem Patienten, der mit einem multiresistenten Erreger besiedelt ist, werden keine häufigeren Händedesinfektionen benötigt, die WHO Indikationen zur Händehygiene gelten unabhängig vom Besiedelungsstatus des Patienten. Jedoch werden für diese Patienten im gesamten Zimmer und davor Hinweisschilder aufgehängt, die auf den Besiedelungsstatus oder die Neutropenie hinweisen, somit könnte sich ein ähnlicher Effekt ergeben wie beim Nudging (77). Ein gewisser Anteil hat hier sicherlich auch der Selbstschutz der Mitarbeiter, wenn sie wissen, dass der Patient mit multiresistenten Erregern besiedelt ist. Des Weiteren war dienstplanbedingt nicht immer eine Pflegekraft im Einzel- oder Zweibettzimmer anwesend, da diese häufig auch weitere Patienten versorgen musste. Oder im Falle einer 1:1 Betreuung noch andere patientenferne Aufgaben zu erledigen hatte. In den größeren Zimmern (31, 32, 37 und 38) war in der Regel ständig eine Pflegekraft vor Ort. Daher erfolgte in den Einzelzimmern wesentlich häufiger das Betreten des Zimmers und in diesem Rahmen auch eine hygienische Händedesinfektion, obwohl das Betreten des Zimmers alleine keine Indikation zur Ausführung einer Händedesinfektion darstellt. Allerdings folgt hierauf häufig das Betreten der direkten Patientenumgebung, welches wiederum eine Indikation darstellt.

Direkte Vergleichsdaten für eine Intensivstation sind in der Literatur nicht vorhanden, eine dänische Studie konnte keinen Zusammenhang zwischen Compliance und Größe des Patientenzimmers auf einer Normalstation feststellen (89). Auf 2 Stationen mit jeweils 29 und 17 Betten wurde das Sani Nudge System installiert. Dabei handelt es sich um ein automatisches System, bei dem jeder Mitarbeiter ein Armband erhält. Dieses detektiert mittels Bluetooth Technologie vorher installierte Sensoren, welche nahe der Patientenbetten und an den Desinfektionsmittelspendern installiert werden.



Anhand eines Algorithmus, der aus der Zeit in der patientennahen Zone und dem Zeitpunkt der Händedesinfektion die händehygienischen Gelegenheiten des Mitarbeiters berechnet, wurde hier die Compliance abgeschätzt. Die Daten der jeweiligen Mitarbeiter wurden anonymisiert ausgewertet, sodass eine personengebundene Zuordnung nicht möglich war. Es zeigte sich in der ermittelten Compliance kein Unterschied zwischen einem Einzel- und Mehrbettzimmern (89). Weitere Unterschiede zwischen Mehrbett- und Einzelzimmer untersuchte eine Studie aus Kanada im Jahre 2007 auf einer Intensivstation mit 14 Betten. Durch eine Unterbringung in einem Einbettzimmer konnte die Rate an Besiedelung mit Methicillin-resistentem *Staphylococcus aureus* (MRSA) reduziert werden (90). Auf dieser Station gab es 6 Einzelzimmer, ein Zweibettzimmer und ein 6-Bettzimmer. In einem Analysezeitraum von 30 Monaten wurde gezeigt, dass das Risiko, MRSA zu erwerben, in den Mehrbettzimmern signifikant höher war als in den Einzelzimmern. Auch eine andere Arbeit aus Kanada kam zu dem gleichen Ergebnis (91). Eine weitere kanadische Studie konnte zeigen, dass sich die Raten an Besiedelung mit MRSA und VRE signifikant reduzieren, wenn ein Krankenhaus nur noch aus Einzelzimmern besteht. Im Rahmen dieser Studie ist ein ganzes Krankenhaus umgezogen, aus den vorherigen 417 Betten in Mehrbettzimmern wurden 350 in Einzelzimmern (92). In einem Vorher-Nachher Vergleich nach 36 Monaten konnten neben der Besiedelung auch die Rate an Infektionen mit Vancomycin-resistenten Enterokokken (VRE) reduziert werden. Die Anzahl an Infektionen mit MRSA und *Clostridioides difficile* veränderte sich nicht. Eine Arbeit aus England konnte diese Ergebnisse nicht bestätigen, nachdem ein neues Krankenhaus errichtet wurde, welches zu 75% aus Einzelzimmern bestand, verglichen mit zuvor nur 10% Einzelzimmern (93). Beide Arbeiten betrachteten nur die Rate an Besiedelungen und Infektionen mit den genannten multiresistenten Erregern. Unsere Arbeit konnte zeigen, dass in den Einzel- oder Zweibettzimmern eine höhere Benutzung der Händedesinfektionsmittelspender vorgenommen wurde im Vergleich zu größeren Zimmern. Es gibt aktuell keine Untersuchungen dazu, ob sich auch die Rate aller nosokomialen Infektionen unterscheidet zwischen Patienten in Mehrbett- und Einzelzimmern. In den Daten über nosokomiale Infektionen, die an das KISS übertragen werden, ist die Information, in welchem Zimmer der Patient gelegen hat, nicht aufgeführt. Auch gibt es keine Untersuchung, ob die Compliance der Händehygiene von der Patientenanzahl im Zimmer abhängig ist.

## **5.5. Limitationen**

### 5.5.1. Technische Limitationen

Das Monitoring mittels automatischen Händedesinfektionsmittelspendern zeichnet jede ausgeführte Händedesinfektion auf. Es sind jedoch keine Aussagen über Indikationen der Händedesinfektion möglich. Somit kann zwar verfolgt werden, dass Händedesinfektionsmittel entnommen wurde, wozu dieses dann im konkreten Fall verwendet wurde, ist mittels den vom Spender erhobenen Daten nicht ersichtlich. Daher ist die Betätigung der Spender nicht unmittelbar mit der Compliance gleichzusetzen. Es kann z.B. nicht kontrolliert werden, ob bei Spenderbetätigung die Hände der Mitarbeitenden wirklich mit dem Desinfektionsmittel benetzt werden oder ob es z.B. verworfen wird. Auch eine Zuordnung zwischen verschiedenen Personalgruppen ist hiermit nicht möglich. Allerdings ist eine personengebundene Überwachung der Händedesinfektion auch nicht in jedem Land arbeitsrechtlich möglich. Die Spender konnten nur Daten aufzeichnen solange eine Stromzufuhr gewährleistet war. Einige Spender waren dafür mit Batterien versorgt, von daher war es möglich, dass einige Spender für eine gewisse Zeit keine Daten aufgezeichnet haben. Da die Daten erst im hinterher ausgewertet wurden, war es nicht immer möglich, hier frühzeitig zu handeln.

### 5.5.2. Statistische Limitationen

In unserer Arbeit wurde der Effekt der Einführung eines neuen Desinfektionsmittelkonzeptes auf einer Station untersucht. Da sich in vielen Arbeiten Effekte erst bei multizentrischen Interventionen zeigte, liegt eine offensichtliche Limitation der vorliegenden Studie in der niedrigen Fallzahl und dem Single Center Design. Die Rate an nosokomialen Infektionen war starken Schwankungen unterlegen, wodurch sich das Erzielen einer signifikanten Änderung dieser erschwert ein könnte.

### 5.5.3. Sonstige Limitationen

Weitere Limitationen unserer Studie sind, dass nur eine begrenzte Anzahl an Observationen durchgeführt wurde. Im Beobachtungszeitraum wurden an 14 Terminen direkte Observationen durchgeführt über einen Zeitraum von 4 Jahren, dies entspricht weniger als 4 Observationen pro Jahr. Diese fanden zudem ausschließlich an Werktagen in einem Zeitraum von 08 und 16 Uhr statt. Zwar wurde darauf geachtet, dass eine Berechnung der Compliance erst bei 150 beobachteten Indikationen zur Händedesinfektionen stattfindet, trotzdem zeigte sich hier, dass die direkte Beobachtung nur einen sehr kleinen Teil abbilden kann. Insbesondere nachts und am Wochenende fanden keine Observationen statt zur Bestimmung der Compliance. Es wäre zu überlegen, direkte Observationen für einen kurzen Zeitraum auch am Wochenende und nachts auf unserer Station durchzuführen, um die Daten anschließend gemeinsam mit den vom Spender erhobenen Daten auswerten zu können. Hierdurch wäre es möglich, das sich aufzeigende Compliancedefizit exakter zu beziffern und eine Korrelation unserer Spenderdaten mit denen einer direkten Observation zu untersuchen.

Die deutlich niedrigeren Betätigungsraten der Händedesinfektionsmittelspender nachts und am Wochenende können Hinweise darauf sein, dass in diesen Zeitpunkten ein Compliancedefizit vorliegt. Insgesamt könnte auch die festgestellte nicht positive Entwicklung des Händedesinfektionsmittelverbrauches mit der Personalentwicklung seitens der Pflegekräfte zusammenhängen. Jedoch war für uns die Anzahl der eingesetzten Pflegekräfte nicht nachvollziehbar und konnte daher nicht analysiert werden.

## **5.6. Schlussfolgerungen und Ausblick**

Durch die Einführung neuer automatisierter Händedesinfektionsmittelspender ließen sich auf der untersuchten internistischen Intensivstation keine Änderungen der Compliance, des Desinfektionsmittelverbrauches oder der Rate an nosokomialen Infektionen zeigen.

Die vorliegende Arbeit deutet darauf hin, dass ein zusätzliches Compliancedefizit bei Händedesinfektionen nachts und am Wochenende vorliegt. Des Weiteren zeigte die geringe Anwendung der patientennahen Spender, dass insbesondere bei der Indikation

vor aseptischen Tätigkeiten dieses Defizit besonders groß sein könnte. Dieses sollte im Folgenden – z.B. durch direkte Observation auch zu diesen Zeiten – genauer quantifiziert und analysiert werden. Auch Interviews der Mitarbeiter könnten dazu beitragen, Gründe für niedrigere Compliance nachzuvollziehen und gezielte Interventionen zu entwickeln und durchzuführen. Eine hohe Motivation der Mitarbeiter zur Durchführung der Händedesinfektion ist anzustreben, diese könnte z.B. durch eine monatliche Mitteilung der aktuellen Händedesinfektionsbetätigungen und Vergleiche zu den Vormonaten erfolgen. Es hat sich gezeigt, dass Verbesserungen der Händehygiene compliance nur durch multifaktorielle Ansätze zu erreichen sind (94). Die Bestimmung der Compliance nur durch direkte Beobachtung könnte in Zukunft mit Hilfe automatisierter Mechanismen ergänzt werden, um so ein detaillierteres Bild der Desinfektionsraten auch ohne hohen Personaleinsatz zu erreichen. Eine Möglichkeit bietet das von uns installierte System der automatisierten Händedesinfektionsspender. Händedesinfektionsmittelverbrauch lässt sich über die Spender auch in komplizierten Bestell- und Liefersituation exakt bestimmen. Diese erhobenen Daten können zudem auch ständig abgerufen werden. Aufgrund der enormen Bedeutung zur Prävention nosokomialer Infektionen ist eine Verbesserung der Händehygiene Compliance ein Ziel, das gerade auf Intensivstationen unbedingt angestrebt werden sollte.

## Literaturverzeichnis

1. Noakes TD, Borresen J, Hew-Butler T, Lambert MI, Jordaan E. Semmelweis and the aetiology of puerperal sepsis 160 years on: an historical review. *Epidemiol Infect.* 2008;136(1):1-9.
2. Mathai E, Allegranzi B, Kilpatrick C, Pittet D. Prevention and control of health care-associated infections through improved hand hygiene. *Indian J Med Microbiol.* 2010;28(2):100-6.
3. Vonberg R-P, Mutters NT. Epidemiologische Grundlagen nosokomialer Infektionen. *Praktische Krankenhaushygiene und Umweltschutz.* 2018:23-36.
4. Price PB. The Bacteriology of Normal Skin; A New Quantitative Test Applied to a Study of the Bacterial Flora and the Disinfectant Action of Mechanical Cleansing. *The Journal of Infectious Diseases.* 1938;63(3):301-18.
5. Brouwer DH, Kroese R, Van Hemmen JJ. Transfer of contaminants from surface to hands: experimental assessment of linearity of the exposure process, adherence to the skin, and area exposed during fixed pressure and repeated contact with surfaces contaminated with a powder. *Appl Occup Environ Hyg.* 1999;14(4):231-9.
6. Kampf G, Kramer A. Epidemiologic background of hand hygiene and evaluation of the most important agents for scrubs and rubs. *Clin Microbiol Rev.* 2004;17(4):863-93, table of contents.
7. Fridkin SK, Gaynes RP. Antimicrobial resistance in intensive care units. *Clin Chest Med.* 1999;20(2):303-16, viii.
8. Rosenthal M, Goldberg D, Aiello A, Larson E, Foxman B. Skin microbiota: microbial community structure and its potential association with health and disease. *Infect Genet Evol.* 2011;11(5):839-48.
9. Lowbury EJ. Gram-negative bacilli on the skin. *Br J Dermatol.* 1969;81:Suppl 1:55+.
10. Lark RL, VanderHyde K, Deeb GM, Dietrich S, Massey JP, Chenoweth C. An outbreak of coagulase-negative staphylococcal surgical-site infections following aortic valve replacement. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2001;22(10):618-23.
11. Kampf G, Löffler H, Gastmeier P. Hand hygiene for the prevention of nosocomial infections. *Dtsch Arztebl Int.* 2009;106(40):649-55.

12. Boyce JM, Pittet D, Healthcare Infection Control Practices Advisory C, Force HSAIHHT. Guideline for Hand Hygiene in Health-Care Settings. Recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. Society for Healthcare Epidemiology of America/Association for Professionals in Infection Control/Infectious Diseases Society of America. *MMWR Recomm Rep.* 2002;51(RR-16):1-45, quiz CE1-4.
13. Rotter ML. European norms in hand hygiene. *J Hosp Infect.* 2004;56 Suppl 2:S6-9.
14. Kramer A, Mersch-Sunfermann V, Gerdes H, Pitten F-A, Tronnier H. Toxikologische Bewertung für die Händedesinfektion relevanter antimikrobieller Wirkstoffe. In: Kampf G, editor. *Hände-Hygiene im Gesundheitswesen.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2003. p. 105-74.
15. Ellingson K, Haas JP, Aiello AE, Kusek L, Maragakis LL, Olmsted RN, Perencevich E, Polgreen PM, Schweizer ML, Trexler P, VanAmringe M, Yokoe DS, Society for Healthcare Epidemiology of A. Strategies to prevent healthcare-associated infections through hand hygiene. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2014;35(8):937-60.
16. Allegranzi B, Pittet D. Role of hand hygiene in healthcare-associated infection prevention. *J Hosp Infect.* 2009;73(4):305-15.
17. Händehygiene in Einrichtungen des Gesundheitswesens. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz.* 2016;59(9):1189-220.
18. Pittet D, Allegranzi B, Boyce J, World Health Organization World Alliance for Patient Safety First Global Patient Safety Challenge Core Group of E. The World Health Organization Guidelines on Hand Hygiene in Health Care and their consensus recommendations. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2009;30(7):611-22.
19. Schwebke I, Eggers M, Gebel J, Geisel B, Glebe D, Rapp I, Steinmann J, Rabenau HF. Prüfung und Deklaration der Wirksamkeit von Desinfektionsmitteln gegen Viren zur Anwendung im human-medizinischen Bereich. Robert Koch-Institut; 2017.
20. Kampf G, Reichel M, Feil Y, Eggerstedt S, Kaulfers PM. Influence of rub-in technique on required application time and hand coverage in hygienic hand disinfection. *BMC Infect Dis.* 2008;8:149.
21. Kramer A, Pittet D, Klasinc R, Krebs S, Koburger T, Fusch C, Assadian O. Shortening the Application Time of Alcohol-Based Hand Rubs to 15 Seconds May

- Improve the Frequency of Hand Antisepsis Actions in a Neonatal Intensive Care Unit. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2017;38(12):1430-4.
22. Kramer A, Kampf G. Hand rub-associated fire incidents during 25,038 hospital-years in Germany. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2007;28(6):745-6.
  23. Kampf G, Ruselack S, Eggerstedt S, Nowak N, Bashir M. Less and less-influence of volume on hand coverage and bactericidal efficacy in hand disinfection. *BMC Infect Dis.* 2013;13:472.
  24. Pires D, Soule H, Bellissimo-Rodrigues F, de Kraker MEA, Pittet D. Antibacterial efficacy of handrubbing for 15 versus 30 seconds: EN 1500-based randomized experimental study with different loads of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Clin Microbiol Infect.* 2019;25(7):851-6.
  25. Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz.* 2017;60(11):1274-97.
  26. Chemical disinfectants and antiseptics—Hygienic handrub—Test method and requirements (phase 2/step 2). German Institute for Standardization DIN EN 1500:2013-07. 2013;
  27. Weber DJ, Sickbert-Bennett E, Gergen MF, Rutala WA. Efficacy of selected hand hygiene agents used to remove *Bacillus atrophaeus* (a surrogate of *Bacillus anthracis*) from contaminated hands. *JAMA.* 2003;289(10):1274-7.
  28. Kramer A. Requirements for hygienically safe, environmentally friendly dispensers for hand disinfectants and hand washing preparations. *GMS Hyg Infect Control.* 2020;15:Doc02.
  29. Reichel M, Heisig P, Kohlmann T, Kampf G. Alcohols for skin antisepsis at clinically relevant skin sites. *Antimicrob Agents Chemother.* 2009;53(11):4778-82.
  30. Rotter ML. Hygienic hand disinfection. *Infect Control.* 1984;5(1):18-22.
  31. Kramer A, Galabov AS, Sattar SA, Dohner L, Pivert A, Payan C, Wolff MH, Yilmaz A, Steinmann J. Virucidal activity of a new hand disinfectant with reduced ethanol content: comparison with other alcohol-based formulations. *J Hosp Infect.* 2006;62(1):98-106.
  32. Kampf G. Efficacy of ethanol against viruses in hand disinfection. *J Hosp Infect.* 2018;98(4):331-8.
  33. Goldust M, Abdelmaksoud A, Navarini AA. Hand disinfection in the combat against Covid-19. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2020.

34. Lubbe J, Ruffieux C, van Melle G, Perrenoud D. Irritancy of the skin disinfectant n-propanol. *Contact Dermatitis*. 2001;45(4):226-31.
35. Kramer A, Bernig T, Kampf G. Clinical double-blind trial on the dermal tolerance and user acceptability of six alcohol-based hand disinfectants for hygienic hand disinfection. *J Hosp Infect*. 2002;51(2):114-20.
36. Kramer A, Below H, Bieber N, Kampf G, Toma CD, Huebner NO, Assadian O. Quantity of ethanol absorption after excessive hand disinfection using three commercially available hand rubs is minimal and below toxic levels for humans. *BMC Infect Dis*. 2007;7:117.
37. Weber DJ, Rutala WA, Miller MB, Huslage K, Sickbert-Bennett E. Role of hospital surfaces in the transmission of emerging health care-associated pathogens: norovirus, *Clostridium difficile*, and *Acinetobacter* species. *Am J Infect Control*. 2010;38(5 Suppl 1):S25-33.
38. Sax H, Allegranzi B, Uckay I, Larson E, Boyce J, Pittet D. 'My five moments for hand hygiene': a user-centred design approach to understand, train, monitor and report hand hygiene. *J Hosp Infect*. 2007;67(1):9-21.
39. Schiller C, Wohlfahrtspflege BfGu. TRBA 250: biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege ; Fassung Oktober 2003, mit Änderungen und Ergänzungen vom November 2007: BGW; 2014.
40. Kampf G, Lemmen S. Disinfection of gloved hands for multiple activities with indicated glove use on the same patient. *J Hosp Infect*. 2017;97(1):3-10.
41. Cusini A, Nydegger D, Kaspar T, Schweiger A, Kuhn R, Marschall J. Improved hand hygiene compliance after eliminating mandatory glove use from contact precautions-Is less more? *Am J Infect Control*. 2015;43(9):922-7.
42. Geffers C. Änderungen bei den Definitionen für nosokomiale Infektionen im Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS). Robert Koch-Institut, *Infektionsepidemiologie*; 2017.
43. Garner JS, Jarvis WR, Emori TG, Horan TC, Hughes JM. CDC definitions for nosocomial infections, 1988. *Am J Infect Control*. 1988;16(3):128-40.
44. Surveillance von nosokomialen Infektionen. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*. 2020;63(2):228-41.
45. *Epidemiologisches Bulletin: aktuelle Daten und Informationen zu Infektionskrankheiten und Public Health*. *Epid Bull*.



46. Gastmeier P. Reduktion nosokomialer Infektionen durch Surveillance: Nationale Referenzdaten durch das Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System. *Dtsch Arztebl International*. 2005;102(30):2098-.
47. Suetens C, Latour K, Karki T, Ricchizzi E, Kinross P, Moro ML, Jans B, Hopkins S, Hansen S, Lyytikainen O, Reilly J, Deptula A, Zingg W, Plachouras D, Monnet DL, The Healthcare-Associated Infections Prevalence Study G. Prevalence of healthcare-associated infections, estimated incidence and composite antimicrobial resistance index in acute care hospitals and long-term care facilities: results from two European point prevalence surveys, 2016 to 2017. *Euro Surveill*. 2018;23(46).
48. van Mourik MSM, Perencevich EN, Gastmeier P, Bonten MJM. Designing Surveillance of Healthcare-Associated Infections in the Era of Automation and Reporting Mandates. *Clin Infect Dis*. 2018;66(6):970-6.
49. Behnke M, Aghdassi SJ, Hansen S, Diaz LAP, Gastmeier P, Piening B. The Prevalence of Nosocomial Infection and Antibiotic Use in German Hospitals. *Dtsch Arztebl Int*. 2017;114(50):851-7.
50. Aghdassi SJS, Hansen S, Bischoff P, Behnke M, Gastmeier P. A national survey on the implementation of key infection prevention and control structures in German hospitals: results from 736 hospitals conducting the WHO Infection Prevention and Control Assessment Framework (IPCAF). *Antimicrob Resist Infect Control*. 2019;8:73.
51. Cassini A, Plachouras D, Eckmanns T, Abu Sin M, Blank HP, Ducomble T, Haller S, Harder T, Klingeberg A, Sixtensson M, Velasco E, Weiss B, Kramarz P, Monnet DL, Kretzschmar ME, Suetens C. Burden of Six Healthcare-Associated Infections on European Population Health: Estimating Incidence-Based Disability-Adjusted Life Years through a Population Prevalence-Based Modelling Study. *PLoS Med*. 2016;13(10):e1002150.
52. Stahmeyer JT, Lutze B, von Lengerke T, Chaberny IF, Krauth C. Hand hygiene in intensive care units: a matter of time? *J Hosp Infect*. 2017;95(4):338-43.
53. Allegranzi B, Bagheri Nejad S, Combescure C, Graafmans W, Attar H, Donaldson L, Pittet D. Burden of endemic health-care-associated infection in developing countries: systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2011;377(9761):228-41.
54. Vincent JL. Nosocomial infections in adult intensive-care units. *Lancet*. 2003;361(9374):2068-77.

55. Sax H, Allegranzi B, Chraïti MN, Boyce J, Larson E, Pittet D. The World Health Organization hand hygiene observation method. *Am J Infect Control*. 2009;37(10):827-34.
56. Wetzker W, Bunte-Schonberger K, Walter J, Pilarski G, Gastmeier P, Reichardt C. Compliance with hand hygiene: reference data from the national hand hygiene campaign in Germany. *J Hosp Infect*. 2016;92(4):328-31.
57. Song X, Stockwell DC, Floyd T, Short BL, Singh N. Improving hand hygiene compliance in health care workers: Strategies and impact on patient outcomes. *Am J Infect Control*. 2013;41(10):e101-5.
58. Kirkland KB, Homa KA, Lasky RA, Ptak JA, Taylor EA, Splaine ME. Impact of a hospital-wide hand hygiene initiative on healthcare-associated infections: results of an interrupted time series. *BMJ Qual Saf*. 2012;21(12):1019-26.
59. Eckmanns T, Rath A, Brauer H, Daschner F, Ruden H, Gastmeier P. [Compliance with hand hygiene in intensive care units]. *Dtsch Med Wochenschr*. 2001;126(25-26):745-9.
60. Erasmus V, Daha TJ, Brug H, Richardus JH, Behrendt MD, Vos MC, van Beeck EF. Systematic review of studies on compliance with hand hygiene guidelines in hospital care. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2010;31(3):283-94.
61. Hansen S, Schwab F, Gastmeier P, group Ps, Pittet D, Zingg W, Sax H, Gastmeier P, Hansen S, Grundmann H, van Benthem B, van der Kooi T, Dettenkofer M, Martin M, Richet H, Szilagyi E, Kozpont OE, Heczko PB, Holmes A, Kyratsis Y, Ahmad R, Allegranzi B, Magiorakos A, Cookson B, Wu AW. Provision and consumption of alcohol-based hand rubs in European hospitals. *Clin Microbiol Infect*. 2015;21(12):1047-51.
62. Scheithauer S, Haefner H, Schwanz T, Schulze-Steinen H, Schiefer J, Koch A, Engels A, Lemmen SW. Compliance with hand hygiene on surgical, medical, and neurologic intensive care units: direct observation versus calculated disinfectant usage. *Am J Infect Control*. 2009;37(10):835-41.
63. Haubitz S, Atkinson A, Kaspar T, Nydegger D, Eichenberger A, Sommerstein R, Marschall J. Handrub Consumption Mirrors Hand Hygiene Compliance. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2016;37(6):707-10.
64. Yin J, Reisinger HS, Vander Weg M, Schweizer ML, Jesson A, Morgan DJ, Forrest G, Graham M, Pineles L, Perencevich EN. Establishing evidence-based criteria

- for directly observed hand hygiene compliance monitoring programs: a prospective, multicenter cohort study. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2014;35(9):1163-8.
65. Srigley JA, Furness CD, Baker GR, Gardam M. Quantification of the Hawthorne effect in hand hygiene compliance monitoring using an electronic monitoring system: a retrospective cohort study. *BMJ Qual Saf*. 2014;23(12):974-80.
66. Boyce JM. Electronic monitoring in combination with direct observation as a means to significantly improve hand hygiene compliance. *Am J Infect Control*. 2017;45(5):528-35.
67. Hagel S, Reischke J, Kesselmeier M, Winning J, Gastmeier P, Brunkhorst FM, Scherag A, Pletz MW. Quantifying the Hawthorne Effect in Hand Hygiene Compliance Through Comparing Direct Observation With Automated Hand Hygiene Monitoring. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2015;36(8):957-62.
68. Harbarth S, Sudre P, Dharan S, Cadenas M, Pittet D. Outbreak of *Enterobacter cloacae* related to understaffing, overcrowding, and poor hygiene practices. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 1999;20(9):598-603.
69. Hale R, Powell T, Drey NS, Gould DJ. Working practices and success of infection prevention and control teams: a scoping study. *J Hosp Infect*. 2015;89(2):77-81.
70. Abele-Horn M, Al-Nawas B, Arvand M, Blacky A, Brühl P, Chaberny IF, Dobermann UH, Eikmann T, Eschberger D, Greslehner A, Greitbauer M, Gruber B, Hedtmann A, Hoyme UB, Jäkel C, Jürgens C, Keppler O, Klein HH, Kramer A, Wagner M. Hand disinfection and hand hygiene. *Hygiene + Medizin*. 2015;40:369-85.
71. Larson EL, Albrecht S, O'Keefe M. Hand hygiene behavior in a pediatric emergency department and a pediatric intensive care unit: comparison of use of 2 dispenser systems. *Am J Crit Care*. 2005;14(4):304-11; quiz 12.
72. Assadian O, Kramer A, Christiansen B, Exner M, Martiny H, Sorger A, Suchomel M, Section Clinical Antisepsis of the German Society for Hospital H, Disinfection Assessment Board of the Austrian Society for Hygiene M, Preventive M. Recommendations and requirements for soap and hand rub dispensers in healthcare facilities. *GMS Krankenhhyg Interdiszip*. 2012;7(1):Doc03.
73. Keller J, Wolfensberger A, Clack L, Kuster SP, Dunic M, Eis D, Flammer Y, Keller DI, Sax H. Do wearable alcohol-based handrub dispensers increase hand hygiene compliance? - a mixed-methods study. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2018;7:143.

74. Behnke M, Gastmeier P, Geffers C, Monch N, Reichardt C. Establishment of a national surveillance system for alcohol-based hand rub consumption and change in consumption over 4 years. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2012;33(6):618-20.
75. Wetzker W, Walter J, Bunte-Schonberger K, Schwab F, Behnke M, Gastmeier P, Reichardt C. Hand Rub Consumption Has Almost Doubled in 132 German Hospitals Over 9 Years. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2017;38(7):870-2.
76. Wetzker W, Bunte-Schonberger K, Walter J, Schroder C, Gastmeier P, Reichardt C. Use of ventilator utilization ratio for stratifying alcohol-based hand-rub consumption data to improve surveillance on intensive care units. *J Hosp Infect.* 2017;95(2):185-8.
77. Caris MG, Labuschagne HA, Dekker M, Kramer MHH, van Agtmael MA, Vandenbroucke-Grauls C. Nudging to improve hand hygiene. *J Hosp Infect.* 2018;98(4):352-8.
78. Scheithauer S, Bickenbach J, Heisel H, Fehling P, Marx G, Lemmen S. Do WiFi-based hand hygiene dispenser systems increase hand hygiene compliance? *Am J Infect Control.* 2018;46(10):1192-4.
79. Haas JP, Larson EL. Measurement of compliance with hand hygiene. *J Hosp Infect.* 2007;66(1):6-14.
80. Allegranzi B, Sax H, Pittet D. Hand hygiene and healthcare system change within multi-modal promotion: a narrative review. *J Hosp Infect.* 2013;83 Suppl 1:S3-10.
81. Jeanes A, Coen PG, Drey NS, Gould DJ. Moving beyond hand hygiene monitoring as a marker of infection prevention performance: Development of a tailored infection control continuous quality improvement tool. *Am J Infect Control.* 2020;48(1):68-76.
82. Lambe K, Lydon S, Madden C, McSharry J, Marshall R, Boylan R, Hehir A, Byrne M, Tujjar O, O'Connor P. Understanding hand hygiene behaviour in the intensive care unit to inform interventions: an interview study. *BMC Health Serv Res.* 2020;20(1):353.
83. Srigley JA, Gardam M, Fernie G, Lightfoot D, Lebovic G, Muller MP. Hand hygiene monitoring technology: a systematic review of efficacy. *J Hosp Infect.* 2015;89(1):51-60.
84. Limper HM, Slawsky L, Garcia-Houchins S, Mehta S, Hershov RC, Landon E. Assessment of an Aggregate-Level Hand Hygiene Monitoring Technology for Measuring Hand Hygiene Performance Among Healthcare Personnel. *Infection Control & Hospital Epidemiology.* 2017;38(3):348-52.

85. McCalla S, Reilly M, Thomas R, McSpedon-Rai D, McMahon LA, Palumbo M. An automated hand hygiene compliance system is associated with decreased rates of health care-associated infections. *Am J Infect Control*. 2018;46(12):1381-6.
86. Azim S, Juergens C, McLaws ML. An average hand hygiene day for nurses and physicians: The burden is not equal. *Am J Infect Control*. 2016;44(7):777-81.
87. Leis JA, Powis JE, McGeer A, Ricciuto DR, Agnihotri T, Coyle N, Williams V, Moore C, Salt N, Wong L, McCreight L, Sivaramakrishna S, Junaid S, Cao X, Muller M. Introduction of Group Electronic Monitoring of Hand Hygiene on Inpatient Units: A Multicenter Cluster Randomized Quality Improvement Study. *Clin Infect Dis*. 2020.
88. Emily ES-B, Lauren MD, Tina MSW, Eric SW, David JW, William AR. Reduction of Healthcare-Associated Infections by Exceeding High Compliance with Hand Hygiene Practices. *Emerging Infectious Disease journal*. 2016;22(9):1628.
89. Iversen AM, Kavalaris CP, Hansen R, Hansen MB, Alexander R, Kostadinov K, Holt J, Kristensen B, Knudsen JD, Moller JK, Ellermann-Eriksen S. Clinical experiences with a new system for automated hand hygiene monitoring: A prospective observational study. *Am J Infect Control*. 2020;48(5):527-33.
90. Bracco D, Dubois M-J, Bouali R, Eggimann P. Single rooms may help to prevent nosocomial bloodstream infection and cross-transmission of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in intensive care units. *Intensive Care Medicine*. 2007;33(5):836-40.
91. Teltsch DY, Hanley J, Loo V, Goldberg P, Gursahaney A, Buckeridge DL. Infection acquisition following intensive care unit room privatization. *Arch Intern Med*. 2011;171(1):32-8.
92. McDonald EG, Dendukuri N, Frenette C, Lee TC. Time-Series Analysis of Health Care–Associated Infections in a New Hospital With All Private Rooms. *JAMA Internal Medicine*. 2019;179(11):1501-6.
93. Darley ESR, Vasant J, Leeming J, Hammond F, Matthews S, Albur M, Reynolds R. Impact of moving to a new hospital build, with a high proportion of single rooms, on healthcare-associated infections and outbreaks. *J Hosp Infect*. 2018;98(2):191-3.
94. Smith JD, Corace KM, MacDonald TK, Fabrigar LR, Saedi A, Chaplin A, MacFarlane S, Valickis D, Garber GE. Application of the Theoretical Domains Framework to identify factors that influence hand hygiene compliance in long-term care. *J Hosp Infect*. 2019;101(4):393-8.

## Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Ahmad Nawid Sharif, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema:

Auswirkungen der Umstellung des Händedesinfektionsmittelkonzeptes  
auf fest installierte, automatische Spender auf der Internistischen Intensivstation

The impact of modification of the hand hygiene concept  
to mounted, automated dispensers in the medical intensive care unit

selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit der Erstbetreuerin, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; [www.icmje.org](http://www.icmje.org)) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Berlin, den 02.06.2020

## **Lebenslauf**

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

## Danksagung

Ich möchte mich sehr herzlich bei Frau Privatdozentin Dr. Friederike Compton bedanken für die Überlassung des spannenden Themas und die Möglichkeit, meine Dissertation bei ihr anfertigen zu können. Vielen Dank für anregende Diskussionen, konstruktive Ideen sowie ihren kompetenten Rat während der gesamten Phase dieser Promotionsarbeit.

Ferner bedanke ich mich bei Herrn Dr. Clemens Hoffmann für die Einarbeitung in das Thema, die konzeptionelle Mitgestaltung der Studie, Supervision über meine Arbeit, intensiven Austausch und das Begleiten der Promotion.

Herzlichen Dank an Herrn Professor Dr. Kai-Uwe Eckardt für die Möglichkeit, in seiner Klinik ergänzend zur Patientenversorgung meine Promotion anfertigen zu können. Ferner danke ich dem gesamten Team der Intensivstation S32b für die Offenheit gegenüber der Installation des neuen Desinfektionsmittelkonzeptes und die wohlwollende Unterstützung dieser Arbeit. Es war und ist mir immer eine Freude, in diesem Team tätig zu sein.

Ich danke dem Team des Instituts für Hygiene und Umweltmedizin für die Durchführung der direkten Observationen zur Bestimmung der Händedesinfektionscompliance.

Herzlichst möchte ich mich bei meinen Eltern, meinen beiden Schwestern Alice und Diana und ihrer Familie für ihre liebevolle Unterstützung bedanken.

Zu guter Letzt bedanke ich mich bei meiner Lebensgefährtin Judith.



# Bescheinigung Statistik



CharitéCentrum für Human- und Gesundheitswissenschaften

Charité | Campus Charité Mitte | 10117 Berlin

**Institut für Biometrie und klinische Epidemiologie (iBike)**

Direktor: Prof. Dr. Geraldine Rauch

**Name, Vorname: Sharif, Ahmad Nawid**  
**Emailadresse: ahmad-nawid.sharif@charite.de**  
**PromotionsbetreuerIn: PD Dr. Compton**  
**Promotionsinstitution / Klinik: CBF - Nephrologie**

Postanschrift:  
Charitéplatz 1 | 10117 Berlin  
Besucheranschrift:  
Reinhardtstr. 58 | 10117 Berlin  
Tel. +49 (0)30 450 562171  
geraldine.rauch@charite.de  
<https://biometrie.charite.de/>



## Bescheinigung

Hiermit bescheinige ich, dass Herr Ahmad Nawid Sharif innerhalb der Service Unit Biometrie des Instituts für Biometrie und klinische Epidemiologie (iBike) bei mir eine statistische Beratung zu einem Promotionsvorhaben wahrgenommen hat. Folgende Beratungstermine wurden wahrgenommen:

- Termin 1: 22.1.2020
- Termin 2: 19.05.2020

Folgende wesentliche Ratschläge hinsichtlich einer sinnvollen Auswertung und Interpretation der Daten wurden während der Beratung erteilt:

- Hinweis auf explorativen Charakter der Datenanalyse
- Wilcoxon-Test für nicht-normalverteilte Daten

Diese Bescheinigung garantiert nicht die richtige Umsetzung der in der Beratung gemachten Vorschläge, die korrekte Durchführung der empfohlenen statistischen Verfahren und die richtige Darstellung und Interpretation der Ergebnisse. Die Verantwortung hierfür obliegt allein dem Promovierenden. Das Institut für Biometrie und klinische Epidemiologie übernimmt hierfür keine Haftung.

Datum: 19.05.2020

Name des Beraters/ der Beraterin: Mareen Pigorsch