

Aus dem Institut für Hygiene und Umweltmedizin  
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. habil. Axel Kramer)

und der Klinik für Chirurgie, Abt. für Allgemeine, Viszeral-, Thorax- und  
Gefäßchirurgie

(Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. habil. Claus-Dieter Heidecke)

Universitätsmedizin Greifswald  
der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

**Einfluss von Biosorb auf die Langzeitwirkung der chirurgischen  
Händedesinfektion und die Schweißproduktion der Hand**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin

(Dr. med.)

der Universitätsmedizin

der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

2013

vorgelegt von: Sonja Scholz

geboren am: 17.02.1981

in: Hameln

**Dekan:** Prof. Dr. med. dent. Reiner Biffar

**1. Gutachter:** Prof. Dr. med. Claus – Dieter Heidecke

**2. Gutachter:** Prof. Dr. med. Axel Kramer

**3. Gutachter:** Dr. med. Georg Daeschlein

**Tag der Disputation:** 11.12.2013

**Ort:** Seminarraum der Klinik und Poliklinik für Chirurgie, Greifswald

## ABKÜRZUNGEN

ATCC	American Type Culture Collection
Aqua dest.	Aqua destillata
Ch.-Nr.	Chargennummer
CSA	Caseinpepton-Sojamehlpepton-Agar
CSL	Caseinpepton-Sojamehlpepton-Lösung
DIN	Deutsches Institut für Normen
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EN	Europäische Norm
KbE	Koloniebildende Einheit
KISS	Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System
LW	Langzeitwirkung
max.	maximal
n.a.	nicht auswertbar
NI	Nosokomiale Infektion
NW	Nachwert
NW (SW)	Nachwert für die Sofortwirkung
NW (LW)	Nachwert für die Langzeitwirkung
NaCl	Natriumchlorid
NCTC	National Collection of Type Cultures
n.g.	nicht gewertet
n.z.	nicht zählbar
P	Prüfverfahren
R	Referenzverfahren
RF	Reduktionsfaktor
RF (SW)	Reduktionsfaktor für die Sofortwirkung
RF (LW)	Reduktionsfaktor für die Langzeitwirkung
<i>Staph. aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
<i>Staph. epidermidis</i>	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
<i>Staph. hominis</i>	<i>Staphylococcus hominis</i>

TRGS	Technische Regel für Gefahrstoffe
VW	Vorwert
VW (LW)	Vorwert für die Langzeitwirkung
VW (SW)	Vorwert für die Sofortwirkung
WI	postoperative Wundinfektion

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in dieser Arbeit berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Vielmehr handelt es sich häufig um gesetzlich geschützte, eingetragene Warenzeichen, auch wenn sie nicht in jedem Fall eigens als solche gekennzeichnet sind.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>- 7 -</b>
1.1 Problemstellung.....	- 7 -
1.2 Hautflora.....	- 10 -
1.3 Nosokomiale Infektionen .....	- 12 -
1.4 Händedesinfektion.....	- 18 -
1.5 Handschweiß .....	- 19 -
1.6 Hautschäden .....	- 21 -
<b>2. Eigene Untersuchungen</b> .....	<b>- 25 -</b>
2.1 Materialien.....	- 25 -
2.1.1 Medien und Reagenzien .....	- 25 -
2.1.2 Geräte und Hilfsmittel .....	- 28 -
2.2 Methoden .....	- 29 -
2.2.1 Vorversuche.....	- 29 -
2.2.2 Versuchsaufbau der Biosorbstudie .....	- 30 -
2.2.3 Charakteristik der Probanden .....	- 31 -
2.2.4 Studiendesign .....	- 31 -
2.2.5 Versuchsdurchführung.....	- 32 -
2.2.6 Berechnungen.....	- 37 -
2.3 Ergebnisse .....	- 38 -
2.3.1 Ergebnisse der Vorversuche.....	- 38 -
2.3.2 Vergleich der Wirksamkeit der chirurgischen Händedesinfektion mit und ohne Verwendung von Biosorb .....	- 38 -
2.3.3 Vergleich der Handschweißmenge nach 90-minütigem Tragen von Handschuhen mit und ohne Verwendung von Biosorb .....	- 54 -

<b>3. Diskussion und Schlussfolgerung.....</b>	<b>- 59 -</b>
3.1 Diskussion.....	- 59 -
3.1.1 Methodenkritik.....	- 59 -
3.1.2 Ergebnisse.....	- 64 -
3.2 Schlussfolgerung.....	- 70 -
<b>4. Zusammenfassung.....</b>	<b>- 72 -</b>
Abstract.....	- 73 -
<b>5. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>- 74 -</b>
<b>6. Anhang .....</b>	<b>- 82 -</b>
Tabellen .....	- 82 -
Eidesstattliche Erklärung.....	- 94 -
Danksagung.....	- 95 -

## 1. Einleitung

### 1.1 Problemstellung

In der Geschichte der Medizin hat sich der Grund, warum medizinisches Personal Handschuhe verwendet, im Laufe der Zeit gewandelt. Einer der ersten, der Handschuhe im OP eingeführt hat, war William Steward Halsted (1852 - 1922) (33, 60, 80). Allerdings ließ er die Gummihandschuhe nicht für sich anfertigen, sondern für seine leitende OP-Schwester Caroline Hampton. Diese hatte auf Grund des häufigen Kontakts mit den damals verwendeten Desinfektionsmitteln eine Dermatitis entwickelt (60, 63, 67, 80). Da Halsted sie nicht als Mitarbeiterin verlieren wollte, beauftragte er 1889 die Goodyear Rubber Company mit der Herstellung von Gummihandschuhen (63). Vielleicht waren seine Motive nicht ausschließlich medizinischer Natur, da Halsted später seine OP-Schwester heiratete (60). An den Schutz der Patienten vor Infektionen dachte zu dieser Zeit noch keiner. Erst Halsteds Assistent Joseph Colt Bloodgood (1867 - 1935) verwendete Gummihandschuhe ab 1896 im OP mit dem Ziel, Patienten vor Infektionen zu schützen (12, 60). Durch die Erkenntnisse zur Übertragung von Krankheiten durch Ignaz Phillip Semmelweis (1818 - 1865) (52, 69), Joseph Lister (1827 - 1912) (33, 53) und Johann Anton Mikulicz-Radecki (1850 - 1905) (37, 79) sowie die „Keimtheorie“ von Louis Pasteur (1822 - 1895) (48) rückte der Schutz des Patienten immer mehr in den Mittelpunkt. In den 1980er Jahren bekamen Schutzhandschuhe im Gesundheitswesen durch die Entdeckung des HIV einen neuen Stellenwert zur Vermeidung der Infektionsübertragung von Patienten auf das Personal. Heute geht das Denken in beide Richtungen. Die Verwendung von (sterilen) Handschuhen während einer Operation schützt Patient und Personal.

Seit der Einführung von Handschuhen im Gesundheitswesen arbeiten sowohl die Hersteller als auch die Anwender an Verbesserungen und an der Vereinfachung der Benutzung. Ein Problem, das es im Produktionsprozess

zu bewältigen galt, bestand darin, das Ablösen des Handschuhs von der Herstellungsform zu ermöglichen. Dazu wurde die Form mit verschiedenen Arten von Puder bestäubt. Der Puder erfüllte zugleich den Zweck, das Aneinanderhaften der Handschuhe untereinander sowie das Verkleben des Handschuhs in sich zu verhindern und erleichterte das Anlegen der Handschuhe (58).

1963 wirbt die ETHICON GmbH im Journal of Bone & Joint Surgery für ihr neues Produkt BIO-SORB CREAM (Abb. 1). Dabei handelt es sich um eine Creme, die als Gleitmittel das damals noch übliche Pudern der Hände vor dem Anziehen der chirurgischen Handschuhe im OP verzichtbar machen soll. Gemäß Werbeaussagen verdunstete die Basis der Creme schnell, die Hände würden von überschüssiger Feuchtigkeit befreit und zurück blieben seidenweiche Hände mit einem gleichmäßigen Gleitfilm auf der gesamten Fläche. BIO-SORB CREAM sei steril, rufe keine Irritationen hervor, sei nicht gewebeschädigend und dazu einfach anzuwenden. Die „staubfreie“ Variante soll außerdem eine Wundkontamination mit Puder verhindern (1).

Bis heute wird Biosorb von chirurgischem Personal nach der chirurgischen Händedesinfektion verwendet, um das Anziehen der Handschuhe zu erleichtern. Einige Anwender geben an, dass sie bei Verwendung von Biosorb während der OP das Gefühl haben, in den Handschuhen weniger zu schwitzen (Heidecke pers. Mitt. 2010).

Bestandteile der Creme sind Maisstärke, Ethanol, Carbopol und Polyoxyethyl-(1,5)-cocosalkylamin. Die Basis der Emulsion bildet Ethanol, der als Alkohol schnell verdunstet, so dass die Hände nach Auftragen des Biosorbs schnell trocknen. Beim Carbopol handelt es sich um eine Polyacrylsäure, die als sogenannter Superabsorber eingesetzt wird. Die durch die vernetzte Struktur des Moleküls vorhandenen Lücken und Hohlräume nehmen Wassermoleküle auf und es entsteht ein Hydrogel. Deshalb wird die Substanz auch als Gelbildner bezeichnet. So können Wasserreste von den Händen



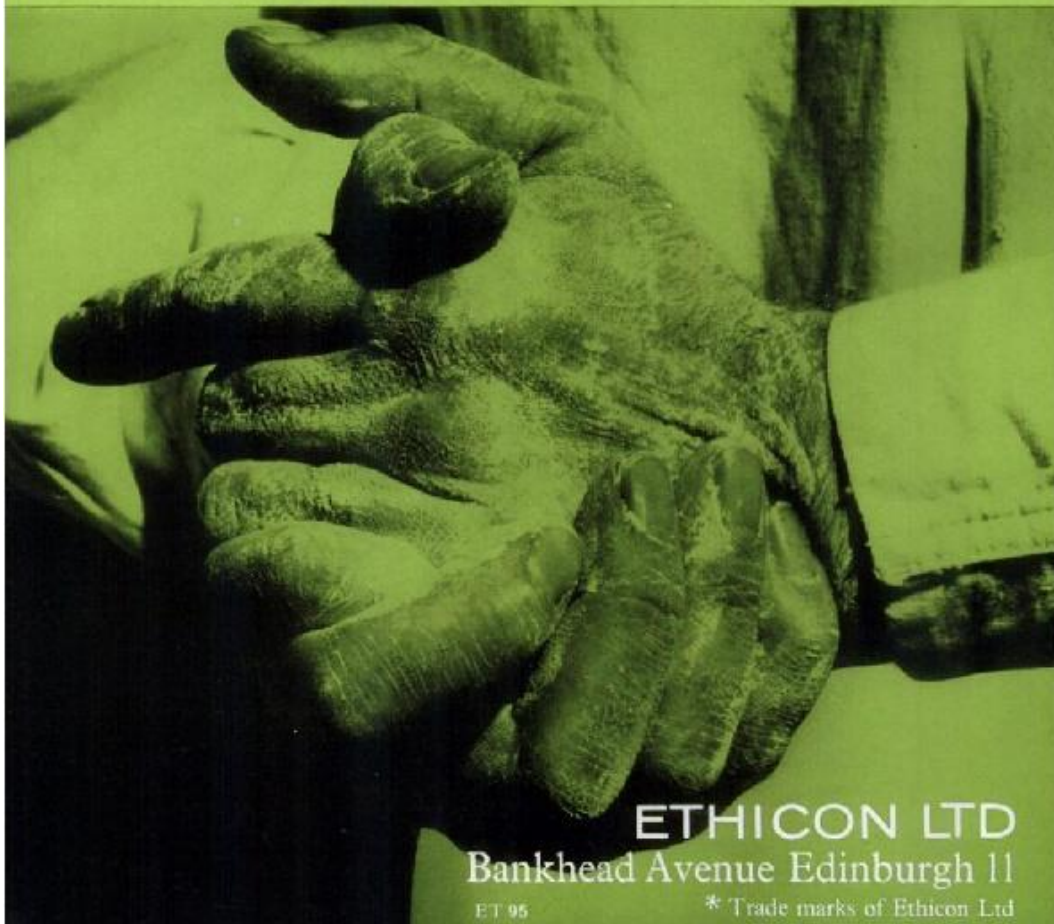
new **BIO-SORB\*** CREAM  
Sterile Dustless Hand Lubricant  
Sterilised by Gamma Irradiation

BIO-SORB\* CREAM (B209) in overwrap is sterile, non-irritating,  
non-sensitising, non-toxic to tissue.

**Superior Lubrication**

reduces the risk of air-borne cross-infection  
distributes uniform lubricant film on all hand surfaces  
overcomes excess moisture reducing the need for repowdering between  
glove changes  
has a rapidly evaporating base which leaves hands silky smooth  
is easy to apply

Patents applied for leaves no greasy film on the hands



**ETHICON LTD**  
Bankhead Avenue Edinburgh 11

ET 95

\* Trade marks of Ethicon Ltd

**Abb.1** Biosorb-Anzeige im Journal of Bone & Joint Surgery 1963 (1)

aufgenommen werden (6, 13). Polyoxyethylen-(1,5)-cocosalkylamin gehört zu den Polyethylenglykolen, die u.a. in der Herstellung von Kosmetika als Emulgatoren und Weichmacher Verwendung finden (6). Die Stärke bleibt an der Oberfläche der trockenen Hände zurück und dient als Gleitmittel.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Frage, ob die Verwendung von Biosorb einen Einfluss auf die Langzeitwirkung der chirurgischen Händedesinfektion und damit auf die Koloniezahlen der Hände während der OP hat. Außerdem soll untersucht werden, ob der subjektive Eindruck, dass Biosorb reduzierend auf die Handschweißproduktion wirkt, unter standardisierten Bedingungen bestätigt werden kann.

## **1.2 Hautflora**

Die mikrobielle Hautflora wird unterteilt in die residente Flora (Standortflora), die transiente Flora (Kontaktflora) und die Infektionsflora.

Als residente Flora werden die Mikroorganismen zusammengefasst, die die Haut dauerhaft besiedeln (4, 42). Zur ersten Kontamination der im Uterus noch sterilen Haut des Embryos kommt es unter der Geburt im Geburtskanal (11). Physiologisch setzt sich die residente Flora aus Staphylokokken (z.B. *Staph. epidermidis*, *Staph. hominis*), koryneformen Bakterien (z.B. *Corynebacterium minutissimum*, *Propionibacterium acnes*, Brevibakterien), verschiedenen Mikrokokken, Streptokokken und Hefen (z.B. *Malassezia furfur*) zusammen (4, 21, 22, 35, 42). Viren gehören nicht zur normalen Flora der Haut (5). In ihrer Zusammensetzung ist die Standortflora eines Menschen relativ konstant, allerdings bestehen große interindividuelle Unterschiede. So ist sie abhängig von Wirtsfaktoren, wie Alter, Geschlecht, Immunstatus und verwendeten Kosmetika, sowie von Umgebungsfaktoren, wie Temperatur, Feuchtigkeit und Lichtexposition (4, 22). Eine besondere

Rolle spielt dabei der pH-Wert der Haut, der je nach Hautareal zwischen 4,5 und 6 liegt (43). Während bei Kindern gehäuft Streptokokken vorkommen, dominieren bei Erwachsenen eher koryneforme Bakterien. Auf feuchter Haut lässt sich eine höhere Erregerdichte als auf trockener Haut nachweisen; außerdem treten hier vermehrt Staphylokokken auf (4). Besonders deutlich zeigte sich die Varianz der Zusammensetzung der physiologischen Flora in einer Studie der New York University School of Medicine aus dem Jahr 2006. In dieser Studie wurde die bakterielle Flora an den Unterarmen von 6 Probanden untersucht. Dabei fanden sich 119 verschiedene Bakteriengenera, von denen nur 4 (3,4%) bei allen Probanden nachweisbar waren. Dabei handelte es sich um Propionibakterien, Corynebakterien, Staphylokokken und Streptokokken. Allerdings repräsentierten diese Genera 54,4% aller nachgewiesenen Bakterien (22).

Etwa 25% der Vertreter der residenten Flora befinden sich in den Haarfollikeln und bilden dort ein Reservoir, aus dem heraus sich die Flora nach Antiseptik oder Verletzung der Haut innerhalb von 24 - 72 h erneuert (11, 50). In den Follikeln finden sich auf Grund des niedrigeren Sauerstoffgehalts vor allem Propionibakterienspezies (hauptsächlich *Propionibacterium acnes*), während auf der Haut außerhalb der Follikel am häufigsten *Staph. epidermidis* nachweisbar ist (11). Die Dichte der Besiedlung variiert zwischen verschiedenen Hautarealen zwischen  $10^2$  und  $10^8$  KbE/cm<sup>2</sup> (21, 57). An den Händen befinden sich unter normalen Bedingungen  $10^3$  bis  $10^4$  KbE/cm<sup>2</sup>. Allerdings kann die Anzahl bei sehr trockener Haut auch deutlich geringer sein (43).

Trotz der relativen Konstanz der Zusammensetzung der residenten Flora wird diese auch von der Umgebung beeinflusst. So kommt es z.B. im Rahmen eines Krankenhausaufenthalts schon innerhalb weniger Stunden zu einer Veränderung der Besiedlung. Unter anderem sind dann häufig *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella* spp., *Proteus mirabilis*, *Staph. aureus* und *E. coli* nachweisbar (42).

Bei der transienten Flora handelt es sich um Erreger, die durch Kontamination auf die Haut übertragen werden. Sie ist im Allgemeinen nur kurzzeitig nachweisbar (4, 21, 42). Die Zusammensetzung der transienten Flora ist sehr variabel, unter anderem kommen Pseudomonaden, Enterobakterien, Pilze aber auch Viren vor (39). Ist die anatomische, biochemische und immunologische Hautbarriere intakt, kommt es durch die Vertreter der transienten Flora im Allgemeinen nicht zu einer Infektion. Relevante Schutzfaktoren sind neben der mechanischen Barrierefunktion der niedrige pH-Wert, die Temperatur, die relative Trockenheit, der Fettgehalt der Hornschicht, Abwehrmechanismen der unspezifischen und spezifischen Resistenz, z.B. Carbonsäuren, das Lactoperoxidase-Halid-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-System und die intakte residente Flora (11, 65, 78). Letztere bewirkt die sogenannte Kolonisationsresistenz als Schutzmechanismus vor einer Infektion (21, 30).

Die Infektionsflora ist eine Sonderform der transienten Flora. Der Unterschied besteht darin, dass im Bereich ihrer Besiedlung klinische Symptome einer Infektion auftreten, z.B. in Form eines Abszesses oder eines Ekzems (42), und sich die Krankheitserreger ausgehend vom Infektionsherd auf der Körperoberfläche ausbreiten.

### **1.3 Nosokomiale Infektionen**

Liest man Berichte über die Zustände in den OPs des 19. Jahrhunderts, bekommt man Einblick in eine Welt, die sich jemand, der einen OP in heutiger Zeit betreten hat, wahrscheinlich kaum vorstellen kann. So galt es beispielsweise als Auszeichnung, viel Blut und Eiter am Operationskittel zu haben, zeigten die Flecken doch, wie beschäftigt der Operateur war. Das Achten auf Sauberkeit galt als geizert (61). Dementsprechend hoch waren die Mortalitätsraten nach Operationen. Für den Zeitraum zwischen 1836 und 1850 wird für Amputationen in Pariser Krankenhäusern eine Mortalitäts-

rate von 66% angegeben. Sir James Simpson (1811 - 1870), Geburtshelfer aus Edinburgh, sagte zu den Zuständen in den Operationssälen seiner Zeit: „A man laid on the operating table of one our hospitals is exposed to more chance of death than the English soldier on the field at Waterloo” (53).

Trotz der heute etablierten Hygienemaßnahmen im Zusammenhang mit der Versorgung von Patienten in medizinischen Einrichtungen stellen Infektionen immer noch ein großes Problem dar. Infektionen, die im zeitlichen Zusammenhang mit einer stationären oder ambulanten medizinischen Maßnahme stehen, werden als nosokomiale Infektionen bezeichnet (29, 39). Ihr Auftreten hat mehrere Ursachen. Eine Rolle spielen die in der modernen Medizin häufiger werdenden invasiven diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen, die immer auch eine Infektionsgefahr mit sich bringen. Auch die hohe Anzahl älterer, multimorbider und damit abwehrgeschwächter Patienten trägt dazu bei. Die zunehmende Entwicklung und Ausbreitung von Antibiotika-Resistenzen führt dazu, dass sich die therapeutischen Möglichkeiten bei entstehenden Infektionen zunehmend einschränken (29).

Basierend auf Daten des Statistischen Jahrbuchs und verschiedener Studien zur Erfassung nosokomialer Infektionen wurden für das Jahr 2006 Hochrechnungen mit dem Ergebnis angestellt, dass es bei einer Gesamtzahl von 16,8 Millionen in deutschen Krankenhäusern behandelter Patienten zu 400.000 - 600.000 nosokomialen Infektionen kam (26). Eine andere Hochrechnung kam zu dem Ergebnis, dass jährlich sogar zwischen 500.000 und 800.000 im Krankenhaus erworbene Infektionen auftreten (29).

Seit 1997 werden nosokomiale Infektionen über das nationale Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS) erfasst. Dazu wurden Definitionen und Methoden zur Diagnosestellung und Erfassung standardisiert, um Infektionsraten vergleichbar zu machen. Freiwillig teilnehmende Krankenhäuser bzw. Abteilungen melden ihre nosokomialen Infektionen und können an Hand der jährlich erstellten Statistiken ihre Infektionsraten mit denen an-

derer Einrichtungen vergleichen (8–10, 23–29, 39, 68). Nach den KISS-Daten sind postoperative Wundinfektionen nach Harnwegsinfektionen (42,1%) und Infektionen der unteren Atemwege (20,6%) mit 15,8% die dritthäufigste Gruppe der nosokomialen Infektionen (39, 57, 68) (Tab.1). Diese werden im sogenannten OP-KISS erfasst. Da sich die Infektionsraten verschiedener Eingriffe stark unterscheiden, werden diese für jede OP-Art einzeln angegeben und auch nur mit gleichartigen OPs verglichen (25, 57). Unterschieden werden oberflächliche Wundinfektionen, tiefe Wundinfektionen und organerfassende Infektionen (39). Tabelle 2 zeigt die Infektionsraten für Deutschland aus dem Zeitraum von 1997 bis 2005 (49).

**Tab. 1** Die häufigsten nosokomialen Infektionen (29, 39)

<b>Art der Infektion</b>	<b>Anteil an NI</b>	<b>Verlängerung der mittleren Verweildauer</b>
Harnwegsinfektion	42,1 %	1 d
Infektionen der unteren Atemwege	20,6 %	5,9 d
Postoperative Wundinfektionen	15,8 %	7,3 d
Sepsis	8,3 %	7,4 d
Andere	13,2 %	

**Tab. 2** Wundinfektionsraten (KISS-Daten 1997 - 2005) (49)

<b>Art der Operation</b>	<b>oberflächliche WI (%)</b>	<b>tiefe WI (%)</b>
Appendektomie	1,6	0,8
Colonresektion	3,3	4,1
Femurfraktur	0,8	1,9
Mastektomie	0,8	0,2
Hysterektomie	1,4	0,7
Sectio caesarea	0,8	0,2
Hüft-TEP	0,4	1,0
Knie-TEP	0,2	0,5
Gefäß-OP	1,3	1,6

2004 wurden über das KISS 274.050 OPs ausgewertet und eine Wundinfektionsrate von 2,0% ermittelt. Hochgerechnet auf 6,4 Mio. stationär in Deutschland durchgeführte Operationen ergibt sich eine Zahl von 130.000 postoperativen Wundinfektionen pro Jahr (24). Eine Hochrechnung von 2006 bezieht auch ambulante OPs mit ein und errechnet bei 12,6 Mio. Eingriffen und einer Infektionsrate von 1,8% eine Anzahl von 225.000 Infektionen (26). Häufige Erreger sind *Staph. aureus* (31%), *E. coli* (14%), Enterokokken (12%) und *Pseudomonas aeruginosa* (29, 39).

Faktoren, die das Risiko für die Entwicklung einer postoperativen Wundinfektion beeinflussen, sind der Allgemeinzustand sowie das Alter des Patienten, die OP-Zeit (je länger die Operation, umso mehr Kontaminationsmöglichkeiten), die OP-Technik (je traumatisierender der Eingriff, umso größer die Infektionsgefahr), die Länge des präoperativen Krankenhausaufenthalts (Besiedelung mit potentiellen Pathogenen), Stress (negative Beeinflussung

des Immunsystems) und die sogenannte Wundkontaminationsklasse (aseptische, bedingt aseptische, kontaminierte und septische Wunden) (39, 68). Postoperative Wundinfektionen können in endogene und exogene Infektionen eingeteilt werden. Endogene Infektionen werden durch Erreger ausgelöst, die schon im Körper des Patienten vorhanden sind und in das OP-Gebiet gelangen. Exogene Infektionen entstehen durch von außen eingebrachte Erreger. Obwohl der Anteil der exogenen Infektionen nur auf 10% geschätzt wird, ist es wichtig, alle Möglichkeiten der Kontamination zu vermeiden. Dabei spielt intraoperativ die Körperflora des OP-Personals eine weitaus größere Rolle als die unbelebte Umgebung wie die Luft oder die Flächen im OP (25, 57).

Die Entwicklung einer postoperativen Wundinfektion hat Auswirkungen auf die Lebensqualität des Patienten, da es im Verlauf häufiger zu physischen Einschränkungen kommt, was eine Verminderung der Lebensqualität zur Folge hat (76). Außerdem werden die Mortalität, die Verweildauer im Krankenhaus und die Wahrscheinlichkeit für einen Aufenthalt auf der Intensivstation beeinflusst. Auch der Anteil der Patienten, bei denen eine stationäre Wiederaufnahme notwendig wird, steigt.

### **Mortalität:**

Die oben erwähnte Hochrechnung für 2006 geht davon aus, dass die Letalität durch nosokomiale Infektionen bei 2,6% liegt. Das würde bedeuten, dass in 10.000 - 15.000 Fällen eine im Krankenhaus erworbene Infektion zum Tod des Patienten geführt hat (26).

Eine in den 90er Jahren in den USA durchgeführte Studie gibt die Mortalitätsrate nach OP mit 3,5% an. Diese erhöhe sich durch die Entwicklung einer postoperativen Wundinfektion auf 7,8%. Für die USA bedeute das eine geschätzte Anzahl von 20.000 auf Infektionen zurückzuführende Todesfälle pro Jahr (38). Auch heute wird davon ausgegangen, dass eine Wundinfektion das Risiko verdoppelt, nach einer OP zu versterben (29).



**Verweildauer:**

Zu den durch postoperative Wundinfektionen verursachten Kosten trägt wesentlich die daraus resultierende prolongierte Verweildauer bei. In verschiedenen Studien wurde eine durchschnittliche Verlängerung des Krankenhausaufenthalts um 7 - 8 d ermittelt (24, 39, 68). Ist eine Wiederaufnahme des Patienten notwendig, wird die Verlängerung sogar mit im Schnitt 14 d angegeben (76). Das sind hochgerechnet für Deutschland jährlich eine Mio. zusätzliche Krankenhaustage (24) (Tab.1).

**Kosten:**

Die anfallenden Mehrkosten entstehen zum einen durch erhöhte Kosten für Diagnostik und Therapie, zum anderen durch verlängerte Arbeitsunfähigkeit, Rehabilitationsmaßnahmen und Rentenzahlungen (39).

Einer britischen Studie zufolge erhöhen sich in Großbritannien die Krankenhauskosten durch eine nosokomiale Infektion auf das 2,8-Fache. Daraus ergeben sich Gesamtmehrkosten von 930 Mio. Pfund pro Jahr. Für die USA wurden die Mehrkosten für das Jahr 1992 auf 4,5 Mrd. US \$ geschätzt (29). Die Schätzungen für Deutschland gehen von jährlich einer Mrd. Euro zusätzlich anfallender Ausgaben aus (39). Diese Zahlen beziehen sich nicht ausschließlich auf postoperative Wundinfektionen, sondern auf alle nosokomialen Infektionen.

Eine amerikanische Studie aus den Jahren 1997/98 gibt die durchschnittlichen Behandlungskosten für Patienten, bei denen eine orthopädische Operation durchgeführt wurde, mit 6.636 US \$ an. Bei Entwicklung einer Infektion lagen die durchschnittlichen Kosten bei 24.344 US \$. Das bedeutet eine Erhöhung der Kosten um fast 300% (76).

Wichtig ist, den Begriff „nosokomial“ nicht mit „vermeidbar“ gleichzusetzen. Man geht davon aus, dass etwa ein Drittel aller im Krankenhaus erworbenen Infektionen vermeidbar sind (45).

## 1.4 Händedesinfektion

Mehr als 90% der exogen übertragenen nosokomialen Infektionen werden über die Hände übertragen (42). Damit kommt der Händedesinfektion als Präventionsmaßnahme eine besondere Bedeutung zu.

Unterschieden werden die hygienische und die chirurgische Händedesinfektion. Eine Indikation für die Durchführung der hygienischen Händedesinfektion stellt außer nach einer Kontamination mit infektiösem Material und dem Ablegen von Schutzhandschuhen sowie das Betreten von Risikobereichen (z.B. OP, ITS, Neonatologie) jede Tätigkeit dar, die eine Infektionsgefährdung mit sich bringt. Dazu gehört die Händedesinfektion vor jedem Patientenkontakt und vor aseptischen Tätigkeiten, z.B. Injektionen, Punktionen, Umgang mit Kathetern und jegliche Art von Wundkontakt. Ebenfalls ist nach Patientenkontakt sowie nach Kontakt mit der unmittelbaren Patientenumgebung die Händedesinfektion indiziert. Das Ziel ist die Reduktion der transienten Flora, so dass deren Übertragung verhindert wird. Dazu werden etwa 3 - 5 ml eines Händedesinfektionsmittels für 30 s auf beiden Händen so verrieben, dass alle Flächen benetzt werden.

Soll neben der transienten auch die residente Flora so weit wie möglich reduziert werden, ist die Durchführung der chirurgischen Händedesinfektion notwendig. Diese ist immer dann indiziert, wenn Personen im OP Kontakt zum Operationsfeld oder zu sterilem Instrumentarium haben. Hierzu werden die Hände über einen vorgegebenen Zeitraum (abhängig vom verwendeten Präparat 1 - 5 min) mit Desinfektionsmittel feucht gehalten. Hier kann das Verreiben zur Gewährleistung der gleichmäßigen Benetzung nach einem standardisierten Schema erfolgen. Dieses wird im Abschnitt 2.2.5 Versuchsdurchführung (S.32 ff.) beschrieben. Auch mit der chirurgischen Händedesinfektion ist keine komplette Elimination der Hautflora erreichbar.

Ebenso lässt sich die Infektionsflora mit keiner desinfizierenden Maßnahme sicher entfernen, so dass Personen mit Infektionen an den Händen oder mit eitrigen Prozessen anderer Lokalisation auf der Körperoberfläche keine Tätigkeiten mit potenzieller Infektionsgefährdung durchführen sollen (42, 45).

## 1.5 Handschweiß

Der Mensch besitzt über den Körper verteilt, eingebettet in das Corium der Haut, etwa 2 Mio. Schweißdrüsen (*Glandulae sudoriferae eccrinae*). Das entspricht etwa 100 Drüsen pro cm<sup>2</sup> Haut. Diese gehören wie Haare und Nägel zu den Hautanhangsgebilden (2, 74). Die Entwicklung beginnt beim 3 ½ Monate alten Fetus zuerst im Bereich der Handflächen, Finger und Fußsohlen. Später entwickeln sich Schweißdrüsen auch im Achselbereich und am Rest des Körpers. Nach der Geburt bilden sich keine neuen Schweißdrüsen mehr. Der Durchmesser einer Drüse variiert zwischen 0,4 und 0,8 mm. Das Gesamtgewicht aller Schweißdrüsen beträgt etwa 100 g (2). Am höchsten ist die Dichte an der Stirn, an den Handflächen und an den Fußsohlen (46).

Die Drüsen setzen sich aus einem geknäulten und einem gestreckten Anteil zusammen (2, 46). Die Schweißbildung vollzieht sich in zwei Schritten. In einem aktiven Prozess wird in den Zellen des geknäulten Anteils der Drüse der sogenannte Primärschweiß gebildet. Dieser ist als Filtrat des Blutplasmas (74) nahezu plasmaiton und wird in das Lumen der Drüse abgegeben. Über den gestreckten Anteil der Drüse, den Ausführungsgang, wird der Schweiß an die Hautoberfläche transportiert. Dabei entsteht durch aktive Reabsorption von Natriumchlorid und anderen Stoffen eine wässrige hypotone Lösung, die an die Hautoberfläche abgegeben wird (2, 46, 64). Die Zusammensetzung des Schweißes zeigt Tabelle 3. Der Elektrolytgehalt ändert sich mit der Schweißmenge, da bei einem Anstieg der Schwitzrate die Reabsorption von Natriumchlorid im Ausführungsgang nicht Schritt hält. Dadurch schwankt auch der pH-Wert des Schweißes zwischen 4,0 bei niedriger Schwitzrate und 6,8 bei hoher Schwitzrate (2).

Die Schweißproduktion wird vegetativ gesteuert und ist u.a. abhängig vom Hydrationszustand des Körpers, dem Akklimatisierungsgrad und dem Trainingszustand eines Menschen (74). Aber auch emotionale Reize beeinflussen über eine Sympathikusaktivierung die Schwitzrate (19). Pro Minute produziert eine einzelne Drüse 2 - 20 nl Schweiß (74). In Ruhe werden un-

gefähr 200 ml Schweiß pro Tag gebildet. Bei Hitze und körperlicher Belastung kann es über die Schweißproduktion im Extremfall zu einem Wasserverlust von bis zu 20 l am Tag kommen (19, 46). Schweiß ist farb- und geruchlos. Geruch entsteht erst durch die Einwirkung von Bakterien und ist abhängig von der Menge und Zusammensetzung der im Schweiß enthaltenen freien Fettsäuren (2, 46, 74).

Die Funktion der Schweißbildung besteht in der Thermoregulation. Schwitzen setzt ein, wenn die Kühlung des Körpers durch Strahlung, Konvektion und Leitung nicht mehr ausreichend gewährleistet werden kann. Durch die Verdunstung auf der Haut entsteht Verdunstungskälte, wobei der Haut Energie entzogen wird. Dadurch kommt es zu einer Vergrößerung des Temperaturgefälles zwischen Körperkern und Körperoberfläche und Wärme kann nach außen abgeleitet werden. Dazu trägt eine ebenfalls durch den Sympathikus bewirkte Weitstellung der Hautgefäße bei. Zusammen mit dem Talg bewirkt der Schweiß außerdem die Hydratation der Hornhaut und bildet den Säureschutzmantel der Haut, der seinerseits eine wichtige Barrierefunktion erfüllt (19, 46, 74).

**Tab. 3** Schweißzusammensetzung (19, 46, 64, 74)

	<b>Anteil</b>	<b>Menge</b>
Wasser	99 %	
Elektrolyte	0,2 – 0,3 %	
- Natrium		45 - 60 mmol / l
- Kalium		6 - 9 mmol / l
- Magnesium		2 - 8 mmol / l
- Chlorid		30 - 40 mmol / l
- Phosphat		4 - 13 mmol / l
Säuren		
- Lactat		
- Aminosäuren		
- Fettsäuren		
- Urocainsäure		
Sonstiges		
- Ammoniak		
- Harnstoff		

## 1.6 Hautschäden

Personen, die im Gesundheitswesen arbeiten, haben ein erhöhtes Risiko, Hauterkrankungen zu entwickeln. Besonders gefährdet ist die Haut der Hände (40). Die Prävalenz von Dermatitis bei Pflegepersonal wird je nach Literatur mit 30 - 40% bis sogar 55,6% angegeben. Im Vergleich dazu sind nur 5 - 10% der Normalbevölkerung betroffen (20). Das liegt u.a. an den häufig notwendigen Händewaschungen, Händedesinfektionen und dem Arbeiten mit Handschuhen. Durch diese Maßnahmen wird die Haut angegriffen und bei nicht ausreichender Regenerationszeit geschädigt. Das hat zum einen zur Folge, dass die Compliance, Hygienemaßnahmen ordnungsgemäß umzusetzen, abnimmt. Zum anderen belegen Studien, dass sich die residente Hautflora verändern und die Wirkung der Händedesinfektion herabgesetzt werden kann (40, 43, 62).

Im Rahmen einer Studie zur Untersuchung des Einflusses von Hautschäden auf die Händehygiene wurden die Probanden nach den Ursachen für ihre Hautschäden befragt. 33,3% der Personen gaben an, dass das Tragen von Handschuhen der alleinige Auslöser sei; von insgesamt 86,6% wurden Handschuhe mindestens als Mitursache benannt (3). In einem Artikel aus dem Jahr 2010 wird Feuchtarbeit als einer der wichtigsten Risikofaktoren für berufsbedingte Hautkrankheiten eingestuft. Dabei definiert die TRGS 401 Feuchtarbeit als Feuchtigkeitsexposition der Haut für mehr als 2 h pro Tag, was auch das Tragen wasserdichter Handschuhe einschließt (36, 75).

Die äußerste Schicht der Haut, das Stratum corneum, besteht aus kernlosen, verhornten Zellen mit interzellulären Lipiden. Sie soll zum einen Feuchtigkeitsverluste verhindern und zum anderen das Eindringen toxischer Stoffe erschweren (45).

Bei der Händewaschung werden dermale Fette aus dem Stratum corneum herausgelöst und emulgiert. Verbleiben diese Fette auf der Oberfläche, können sie zunächst noch einen Schutz für darunter befindliche Lipide bil-

den (40, 43). Werden die Hände mehr als vier Mal innerhalb einer Stunde gewaschen, werden auch tiefer liegende Lipide herausgelöst und die Zeit zwischen den Waschungen reicht nicht mehr zur Normalisierung der Wasser-Lipid-Barriere aus (7, 40, 44, 45). Alkoholische Desinfektionsmittel lösen zwar ebenfalls Fette aus dem Stratum corneum, doch diese verbleiben, sofern sie nicht abgewaschen werden, auf der Haut. Allerdings kann auch hier die Barrierefunktion gestört werden, da die Lipide in ihrer physiologischen Struktur verändert zurückbleiben (7, 40, 45).

Durch die so veränderte Hautschicht ist zum einen ein vermehrter transepidermaler Wasserverlust (TEWL) möglich, wodurch es zur Austrocknung der Haut kommt. Zum anderen ist das Eindringen toxischer Substanzen erleichtert (40, 44). Treffen irritative Substanzen – auch in klinisch unterschwelliger Dosis – wiederholt auf die Haut, erschöpft sich die Pufferkapazität, und es kommt zur Auslösung einer Entzündungsreaktion, einer sogenannten Irritationsdermatose. Klinisch zeigt sich dieses an vermehrt rauer, rissiger und juckender Haut bis hin zur Ausbildung von allergischen Ekzemen und Hautinfektionen (7, 40, 45).

Auf so vorgeschädigter Haut wurden in Studien nicht nur höhere Bakterienzahlen, sondern auch eine veränderte Zusammensetzung der Hautflora festgestellt. So wurde eine vermehrte Kolonisation mit Erregern wie Staphylokokken, Enterokokken, gramnegativen Bakterien und Candida Spezies nachgewiesen (62). In einer Studie aus dem Jahr 1998 zeigten sich zudem erhöhte Besiedelungsraten mit multiresistenten Bakterien. Zum Beispiel wiesen auf vorgeschädigter Haut nachgewiesene *Staph. hominis* - Stämme doppelt so häufig eine Methicillin-Resistenz auf als auf gesunder Haut nachgewiesene Stämme (47).

Als weiterer Faktor für die Entstehung von Hautschäden gilt das Arbeiten mit wasserdichten Handschuhen. In einer Studie wurde die Haut von Probanden nach vierstündigem Tragen von Handschuhen untersucht. Die Ergebnisse zeigten eine Hyperhydratation der Hornschicht, die sich erst nach 3 h vollständig zurückbildete. Die Hyperhydratation erklärt sich durch die

erhöhte Transpiration und die gleichzeitig herabgesetzte transdermale Flüssigkeitsabgabe (75).

Ist der Wassergehalt der Haut zu hoch, führt das zu erhöhter Durchlässigkeit der Haut für wasserlösliche Stoffe (40). Wie schon oben beschrieben, können so eindringende Stoffe eine Kontaktdermatitis verursachen. Des Weiteren kommt es durch das Tragen von Handschuhen zu einer signifikanten Erhöhung des pH-Werts der Haut (77), was eine Störung des Säureschutzmantels der Haut widerspiegelt (75).

Als zusätzliches Risiko gilt das Anlegen der Handschuhe an feuchte Hände, da es so zu einer zusätzlichen Feuchtigkeitsexposition der Haut kommt. Auf der Haut zurückbleibende Desinfektionsmittelreste können zusätzlich Hautirritationen hervorrufen (7, 45).

Durch längeres Tragen von Handschuhen kann es außerdem zu einer Veränderung der quantitativen Zusammensetzung der Hautflora kommen, da das vorherrschende Milieu die Kolonisation durch gramnegative Bakterien begünstigt (43).

Betrachtet man die Studienergebnisse in ihrer Gesamtheit, können in Bezug auf die Verwendung von Biosorb folgende Fragen abgeleitet werden:

**1. Hat die Verwendung von Biosorb einen Einfluss auf die Wirksamkeit der zur chirurgischen Händedesinfektion verwendeten Desinfektionsmittel?**

Eine Verminderung der Anzahl der KbE auf den Händen wäre bei der Bedeutung der Hautflora des OP-Personals für die Entstehung postoperativer Wundinfektionen ein Argument für die Verwendung von Biosorb.

**2. Hat Biosorb einen Einfluss auf die Handschweißmenge, die während des Tragens von Handschuhen gebildet wird?**

Eine Verminderung der Schweißmenge würde eine geringere Feuchtigkeitsexposition der Haut in den Handschuhen bedeuten, was wiederum ein verringertes Risiko für die Entwicklung von Hautschäden bedeuten könnte. Dadurch könnten erhöhte Koloniezahlen sowie die Besiedelung der Haut mit potentiellen Pathogenen als Folge der Hautschädigung verhindert werden. Auch das wäre ein Grund, die Verwendung von Biosorb zu befürworten.



## 2. Eigene Untersuchungen

### 2.1 Materialien

#### 2.1.1 Medien und Reagenzien

##### Aqua dest.

Das Wasser, das zur Zubereitung aller Medien verwendet wurde, war frei von Substanzen, die toxisch oder hemmend auf Bakterien wirken. Es wurde frisch destilliert und nicht entmineralisiert.

##### Biosorb

Sterile Pudercreme (Johnson & Johnson medical GmbH, Gargrave, Skipton, UK; Ch.-Nr. 0921 - 03).

Zusammensetzung:

- Maisstärke
- Ethanol
- Polyoxyethylen-(1,5)-cocosalkylamin
- Carbopol.

##### Blutagarplatten

Industriell hergestellte Kulturplatten (COL-S BD Columbia 5% SB, Becton Dickinson GmbH, Heidelberg, Deutschland; Ch.-Nr. 0019222, 0019225, 0111456) als Medium zur Kultivierung von Mikroorganismen.

Zusammensetzung des Blutagars pro 1000 ml Aqua dest.:

- |                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| - pankreatisch abgebautes Casein | 12,0 g |
| - peptisch abgebautes Tiergewebe | 5,0 g  |
| - Hefextrakt                     | 3,0 g  |
| - Rindfleischextrakt             | 3,0 g  |
| - Maisstärke                     | 1,0 g  |
| - Agar                           | 13,5 g |

- defibriniertes Schafblut 50 ml.

#### Caseinpepton-Sojamehlpepton-Agar (CSA)

zur Herstellung von Oberflächenkulturen.

Pulverförmiges CSA (Carl Roth GmbH, Karlsruhe, Deutschland; Ch.-Nr. 379108676) wurde mit Aqua dest. gemischt und anschließend bei 121°C 20 min autoklaviert. Danach erfolgte eine pH-Wert-Kontrolle (Zielwert 7,3 ± 0,2 bei 20°C).

Zusammensetzung pro 1000 ml Aqua dest.:

- Pepton aus Casein (Pankreashydrolysat) 15,0 g
- Pepton aus Soja (Papainhydrolysat) 5,0 g
- Natriumchlorid 5,0 g
- Agar 15,0 g.

#### Caseinpepton-Sojamehlpepton-Lösung (CSL)

als Medium zur Probennahme.

Pulverförmiges CSL (Bacto™ Tryptic Soy Broth, Becton Dickinson GmbH, Heidelberg, Deutschland; Ch.-Nr. 7079938) wurde mit Aqua dest. gemischt und anschließend bei 121°C 20 min autoklaviert. Danach erfolgte eine pH-Wert-Kontrolle (Zielwert 7,3 ± 0,2 bei 20 °C).

Zusammensetzung pro 1000 ml Aqua dest.:

- Trypton (pankreatisch abgebautes Casein) 17,0 g
- Soyton (peptisch abgebautes Sojabohnenmehl) 3,0 g
- Dextrose 2,5 g
- Natriumchlorid 5,0 g
- Dikaliumhydrogenphosphat 2,5 g.

#### Desinfektionsmittel

Zur Durchführung der chirurgischen Händedesinfektion wurde AHD 2000 (Lysoform Dr. Hans Rosemann GmbH, Berlin, Deutschland; Ch.-Nr. 091222) verwendet.

Zusammensetzung pro 100 g Lösung:

- arzneilich wirksamer Bestandteil:
  - Ethanol 96 % (79,9 g)
- sonstige Bestandteile:
  - Butan-2-on
  - Makroglycerolcocoate
  - Geruchsstoffe
  - Milchsäure
  - gereinigtes Wasser.

### Kaliseife

Kaliseife (Caesar & Loretz GmbH, Hilden, Deutschland; Ch.-Nr. 81533288) wurde auf eine Massenkonzentration von 200 g/l verdünnt und anschließend bei 121°C 20 min autoklaviert.

### Natriumchlorid-Lösung 0,9%

als Medium zur Probennahme und zur Herstellung von Verdünnungen.

Dazu wurden 9,0 g Natriumchlorid (Carl Roth GmbH, Karlsruhe, Deutschland; Ch.-Nr. 039101869) in 1000 ml Aqua dest. gelöst und anschließend bei 121°C 20 min autoklaviert.

### Neutralisationsmedium

Um die Desinfektionsmittelwirkung in der Probenflüssigkeit zu neutralisieren, wurde ein im Labor standardmäßig eingesetzter und auf seine Wirksamkeit geprüfter Enthemmer verwendet.

Zusammensetzung pro 1000 ml Aqua dest.:

- |  |        |
|--|--------|
| - Tween 80 (Riedel-de Haën, Ch.-Nr. 73030)         | 30,0 g |
| - Saponin (Sigma-Aldrich, Ch.-Nr. 0001420971)      | 30,0 g |
| - Histidin (SERVA Electrophoresis, Ch.-Nr. 060284) | 1,0 g  |
| - Cystein (Merck, Ch.-Nr. K 39281238841)           | 1,0 g. |

### Testorganismen

Bei den Testorganismen, die zur Untersuchung von Biosorb und von Zwirnhandschuhen auf antimikrobielle Wirksamkeit verwendet wurden, handelte es sich um folgende Laborstämme:

- *Escherichia coli* NCTC 10538
- *Staphylococcus aureus* ATCC 6538
- *Staphylococcus epidermidis* RP 62 (Institut für Immunologie und Transfusionsmedizin, Greifswald, Deutschland )
- *Staphylococcus epidermidis* BK 077 (Institut für Immunologie und Transfusionsmedizin, Greifswald, Deutschland).

### **2.1.2 Geräte und Hilfsmittel**

Mit Ausnahme der steril gelieferten Materialien wurden alle Geräte bzw. Geräteteile und Hilfsmittel, die mit Reagenzien, Kulturmedien oder den Proben in Kontakt kamen, bei 121°C für mindestens 15 min autoklaviert.

#### Handschuhe

Verwendet wurden puderfreie, sterile chirurgische Handschuhe aus Naturlatex (Gammex® PF, Ansell GmbH, München, Deutschland).

#### Kulturschalen

Petrischalen aus Kunststoff (Einwegmaterial) mit einem Durchmesser von 90 mm.

#### Messpipetten

Pipetten mit Nennvolumina von 0,1 ml, 0,5 ml, 1 ml und 5 ml.

### Zwirnhandschuhe

Stoffhandschuhe (Peha-tex, Hartmann GmbH, Hainichen, Deutschland) aus reiner Baumwolle wurden einzeln eingeschweißt und autoklaviert. Sie dienten als Unterhandschuhe zur Bestimmung der Schweißmenge.

### Sonstiges:

Zum Gebrauch kam außerdem die übliche Ausrüstung des mikrobiologischen Labors wie:

- Brutschrank (Betriebstemperatur:  $36 \pm 1^\circ\text{C}$ )
- Bechergläser
- Feinwaage (Acculab, Firma Sartorius)
- Glasflaschen zum Aufbewahren der Lösungen
- Glasstäbe zum Ausspateln der Proben
- Koloniezählgerät
- Reagenzröhrchen zur Herstellung von Verdünnungen
- Stoppuhr
- Vortex-Mixer
- Wärme-Trockenschrank (Firma Heraeos).

## **2.2 Methoden**

### **2.2.1 Vorversuche**

Das Biosorb und die verwendeten Zwirnhandschuhe wurden vor den Versuchen in Form eines Hemmtests auf antimikrobielle Eigenwirksamkeit untersucht, um eine Beeinflussung der Ergebnisse auszuschließen.

Für die Testung des Biosorbs wurden je zwei Blutagarplatten mit *Staph. epidermidis* (BK 077), *Staph. aureus* und *E. coli* beimpft. In jede der Platten wurden fünf Löcher mit einem Durchmesser von 10 mm gestanzt und diese

mit je 0,5 g Biosorb gefüllt. Danach erfolgte eine Inkubation der Platten bei  $36 \pm 1^\circ\text{C}$  für 24 h.

Für die Untersuchung der Zwirnhandschuhe wurde je eine Blutagarplatte mit *Staph. epidermidis* (RP 62), *Staph. aureus* und *E. coli* beimpft und auf jede Platte vier etwa 10 x 10 mm große Handschuhstücke aufgelegt. Auch diese Agarplatten wurden für 24 h bei  $36 \pm 1^\circ\text{C}$  inkubiert.

### **2.2.2 Versuchsaufbau der Biosorbstudie**

Um die Wirksamkeit der chirurgischen Händedesinfektion zu erfassen, wird vor ihrer Durchführung der sogenannte Vorwert ermittelt. Er gibt die KbE-Dichte der Fingerspitzen zu diesem Zeitpunkt an. Nach Durchführung der Händedesinfektion werden die Nachwerte genommen, die die KbE-Dichte der Fingerspitzen nach der Maßnahme wiedergeben. Dabei werden die Nachwerte für die Sofortwirkung direkt nach der Durchführung und für die Langzeitwirkung nach Ablauf einer festgelegten Zeitspanne ermittelt. Vergleicht man die Nachwerte mit dem Vorwert, lassen sich die sogenannten Reduktionsfaktoren (RF) errechnen, die die Wirksamkeit der Maßnahme widerspiegeln.

Der Versuchsaufbau wurde von der DIN EN 12791 abgeleitet, die das Prüfverfahren eines Produkts zur chirurgischen Händedesinfektion beschreibt (55). Dabei wird die Wirkung des zu prüfenden Produkts mit der eines Referenzprodukts verglichen.

In unserem Studienaufbau wurde immer das gleiche Händedesinfektionsmittel verwendet, um den Einfluss der Verwendung von Biosorb zu untersuchen.

Außerdem wurde untersucht, ob die Verwendung von Biosorb eine Auswirkung auf die Handschweißentwicklung hat.

### **2.2.3 Charakteristik der Probanden**

An der Studie nahmen 10 männliche und 16 weibliche gesunde Personen im Alter zwischen 21 und 35 Jahren teil. Es wurde darauf geachtet, dass keine Verletzungen oder Erkrankungen der Haut der Hände vorlagen, die Probanden kurze, saubere Fingernägel hatten und keinen Schmuck trugen. Als Teilnahmebedingung durfte innerhalb der letzten 48 h vor den Tests keine Händedesinfektion durchgeführt worden sein.

### **2.2.4 Studiendesign**

Die Studie wurde im Cross-over durchgeführt. Dazu erfolgte eine zufällige Einteilung der Probanden in zwei Gruppen gleicher Größe. Männer und Frauen wurden getrennt zugelost, damit das Geschlechterverhältnis innerhalb der beiden Gruppen möglichst ausgeglichen war.

Im ersten Durchgang verwendeten nur die Probanden der Gruppe 1 nach der chirurgischen Händedesinfektion zusätzlich Biosorb, im zweiten Durchgang nur die Probanden der Gruppe 2.

1. Durchgang: Gruppe 1 → Prüfverfahren (Händedesinfektion + Biosorb)  
Gruppe 2 → Referenzverfahren (nur Händedesinfektion)
2. Durchgang: Gruppe 1 → Referenzverfahren (nur Händedesinfektion)  
Gruppe 2 → Prüfverfahren (Händedesinfektion + Biosorb)

Der zeitliche Abstand zwischen dem ersten und zweiten Durchgang betrug 7 d.

Die Bestimmung der Nachwerte für die Langzeitwirkung erfolgte nur an einer Hand. An welcher das geschah, wurde innerhalb der Gruppen ebenfalls zugelost. Die Untersuchung der Handschweißentwicklung wurde wegen der Praktikabilität auch an dieser Hand durchgeführt.

### **2.2.5 Versuchsdurchführung**

#### **Versuchsablauf im Überblick:**

- Waschen der Hände
- Vorwertnahme von beiden Händen
- Chirurgische Händedesinfektion
- Nachwertnahme zur Ermittlung der Sofortwirkung von beiden Händen
- Verwendung von Biosorb (entfiel im Referenzverfahren)
- Tragen eines sterilen chirurgischen Handschuhs (Hand A), bzw. eines sterilen Zwirnhandschuhs und eines sterilen chirurgischen Handschuhs (Hand B) über 90 min
- Nachwertnahme zur Ermittlung der Langzeitwirkung (Hand B)
- Bestimmung der Koloniezahl der gesamten Hand (Hand A)
- Bestimmung der Schweißmenge von Hand B durch Analyse des Zwirnhandschuhs.

#### **Arbeitsschritte**

Die angewandten Verfahren zur Durchführung der Händewaschung und der chirurgischen Händedesinfektion sowie zur Bestimmung der Vor- und Nachwerte entsprachen zum größten Teil der DIN EN 12791 (55). Einige



Details wurden der zu Grunde liegenden Fragestellung angepasst. Diese Anpassung erfolgte nach der Auswertung von Vorversuchen mit zwei Probanden.

#### Waschen der Hände

Die Hände wurden angefeuchtet, 15 s mit 5 ml Kaliseife gewaschen und anschließend unter laufendem Wasser abgespült. Es folgte ein gründliches Abtrocknen mit Papierhandtüchern.

#### Bestimmung der Vorwerte

Die Abnahme der Vorwerte (nach DIN EN 12791) beider Hände erfolgte über das Auskneten der Fingerspitzen mit kreisenden Bewegungen auf dem Boden je einer mit 10 ml CSL gefüllten Petrischale über 1 min. Dabei wurde darauf geachtet, dass außer den Fingerspitzen auch die Nagelfalze ausknetet wurden.

Die an den Fingern verbleibende CSL wurde mit sterilen Kompressen abgetupft.

Von der Probenflüssigkeit wurden Verdünnungen von  $10^{-1}$  und  $10^{-2}$  in NaCl-Lösung hergestellt und von diesen jeweils 0,1 ml auf je 2 CSA-Platten mit Glasspateln ausgespatelt. Die Zeitspanne zwischen der Probennahme und dem Ausplattieren betrug maximal 30 min.

Nach Abnahme der Vorwerte folgte eine Trocknungszeit der Hände über 10 min.

#### Händedesinfektion

Für die Händedesinfektion wurden 5 ml AHD 2000 in die trockenen Hände gegeben und nach dem Standardverfahren zur chirurgischen Händedesinfektion 1,5 min lang auf den Händen verrieben.

Das Standardverfahren umfasst folgende Schritte:

## Reiben

1. der Handflächen aufeinander
2. der rechten Handfläche über dem linken Handrücken und umgekehrt
3. der Handflächen aufeinander mit gespreizten, verschränkten Fingern
4. der Außenseiten der Finger je auf der Handfläche der anderen Hand mit verschränkten Fingern
5. des rechten Daumens kreisend in der geschlossenen linken Hand und umgekehrt
6. mit den geschlossenen Fingerkuppen der rechten Hand kreisend auf der linken Handfläche und umgekehrt.

Es wurde darauf geachtet, die Hände über den gesamten Zeitraum feucht zu halten. Bei Bedarf wurden je 5 ml des Desinfektionsmittels nachgegeben. Der Desinfektionsmittelverbrauch lag zwischen 10 ml und 15 ml pro Proband.

## Abnahme der Nachwerte für die Sofortwirkung

Im Anschluss an die Händedesinfektion wurden, wie für die Vorwerte beschrieben, durch Auskneten der Fingerkuppen auf dem Boden je einer mit 10 ml CSL plus Enthemmer gefüllten Petrischale die Nachwerte für die Sofortwirkung beider Hände ermittelt.

Die an den Fingern verbleibende CSL wurde wiederum mit sterilen Kompressen abgetupft.

Von der Probenflüssigkeit wurden 0,5 ml und 0,1 ml auf je 2 CSA-Platten ausgespatelt. Die Zeitspanne zwischen der Probennahme und dem Ausplattieren betrug maximal 30 min.

## Verwendung von Biosorb

Die Außenverpackung des Biosorbs wurde geöffnet und die Päckchen den Probanden steril angereicht, die sie öffneten und den gesamten Inhalt ca. 15 s lang gleichmäßig auf den Händen verteilten. Dieser Schritt entfiel im Referenzverfahren.

Danach trugen die Probanden an den so vorbehandelten Händen über 90 min Handschuhe. Dabei wurde an einer Hand (Hand A) nur ein steriler chirurgischer Handschuh und an der anderen Hand (Hand B) ein steriler Zwirnhandschuh und darüber ein steriler chirurgischer Handschuh getragen. Der Zwirnhandschuh diente der Bestimmung der Handschweißmenge. Um möglichst vergleichbare Werte zu erhalten, kneteten die Probanden über die 90 min einen weichen Schaumstoffball abwechselnd in beiden Händen.

#### Abnahme der Nachwerte für die Langzeitwirkung (Hand B)

Nach Ablauf der 90 min wurden die Handschuhe ausgezogen und der Stoffhandschuh luftdicht in einen Plastikbeutel eingeschweißt. Zur Bestimmung des Nachwerts für die Langzeitwirkung erfolgte wieder wie oben beschrieben das Auskneten der Fingerkuppen auf dem Boden einer mit 10 ml CSL plus Enthemmer gefüllten Petrischale.

Von der Probenflüssigkeit wurden 0,5 ml und 0,1 ml auf je 2 CSA-Platten ausgespatelt. Außerdem wurde eine Verdünnung von  $10^{-1}$  in NaCl-Lösung plus Enthemmer hergestellt und von dieser je 0,1 ml auf 2 CSA-Platten ausgespatelt. Die Zeitspanne zwischen der Probennahme und dem Ausplattieren betrug maximal 30 min.

#### Bestimmung der Koloniezahl der gesamten Hand (Hand A)

Um zusätzlich die Koloniezahl der gesamten Hand zu bestimmen, erfolgte eine Füllung des chirurgischen Handschuhs noch an der Hand mit 50 ml NaCl-Lösung plus Enthemmer. Um wirklich nur die Handflora zu erfassen, wurde beim Einfüllen der Lösung darauf geachtet, dass diese nicht mit dem Handgelenk in Kontakt kam, sondern direkt nach unten in den Handschuh lief. Der Handschuh wurde am Handgelenk auf Höhe des Caput ulnae mit einem Stauschlauch von außen verschlossen und die Probanden aufgefordert, ihre Hand im Handschuh über 1 min zu bewegen, so dass die NaCl-Lösung die gesamte Hand umspülte. Anschließend wurde der Handschuh ausgezogen, in ein Becherglas gehängt und die Stulpen des Handschuhs nach außen über den Rand des Glases gezogen. Darauf folgte das soforti-

ge Abgießen der im Handschuh befindlichen Flüssigkeit in ein steriles Probenröhrchen.

Von der so gewonnenen Probenflüssigkeit wurde je 0,1 ml auf 2 CSA-Platten ausgespatelt. Außerdem wurde eine Verdünnung von  $10^{-1}$  in NaCl-Lösung plus Enthemer hergestellt und von dieser je 0,1 ml auf 2 CSA-Platten ausgespatelt. Die Zeitspanne zwischen der Probennahme und dem Ausplattieren betrug maximal 30 min.

In Tabelle 4 sind die Probenahmen zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 4** Übersicht der genommenen Werte und der daraus hergestellten Verdünnungen

	<b>ausplattiert</b>	<b>entspricht* einer Verdünnung von</b>
<b>Vorwert</b>	0,1 ml einer $10^{-1}$ - Verdünnung	$10^{-2}$
	0,1 ml einer $10^{-2}$ - Verdünnung	$10^{-3}$
<b>Sofortwirkung</b>	0,5 ml unverdünnte Probelösung	0,5
	0,1 ml unverdünnte Probelösung	$10^{-1}$
<b>Langzeitwirkung</b>	0,5 ml unverdünnte Probelösung	0,5
	0,1 ml unverdünnte Probelösung	$10^{-1}$
	0,1 ml einer $10^{-1}$ - Verdünnung	$10^{-2}$
<b>KbE Hand A</b>	0,1 ml unverdünnte Probelösung	$10^{-1}$
	0,1 ml einer $10^{-1}$ - Verdünnung	$10^{-2}$

\* zur besseren Vergleichbarkeit bezogen auf 1 ml

### Inkubation

Alle Kulturplatten wurden aerob über 24 h bei  $36 \pm 1^\circ\text{C}$  bebrütet und anschließend die KbE ausgezählt.

### Bestimmung der Handschweißmenge

Zur Bestimmung der Handschweißmenge wurde eine Differenzwägung des an Hand B zusätzlich getragenen Zwirnhandschuhs durchgeführt. Dazu wurde der zuvor luftdicht verschlossene Plastikbeutel geöffnet, der Zwirnhandschuh mit einer Pinzette in ein Becherglas bekannten Gewichts gelegt und auf einer Feinwaage gewogen. Anschließend wurde der Handschuh für 2 h in einem Wärme-Trockenschrank bei 100°C getrocknet und sein Gewicht danach erneut bestimmt. Die Gewichts Differenz zwischen feuchtem und trockenem Zustand wurde als Wasseranteil des im OP-Handschuh gebildeten Handschweißes angesehen.

### **2.2.6 Berechnungen**

Die Berechnung der Ergebnisse erfolgte nach den Vorgaben der DIN EN 12791 (55). Nach Auszählung der Kulturplatten wurde die Anzahl der KbE jeweils auf 1 ml Probelösung bezogen und diese Werte in dekadische Logarithmen umgewandelt. Bei mehreren auswertbaren Verdünnungsstufen wurde der gewichtete arithmetische Mittelwert gebildet.

Aus den erhaltenen Werten erfolgte die Berechnung der Reduktionsfaktoren für die Sofort- und die Langzeitwirkung durch Differenzbildung zum Vorwert in folgender Weise:

$$RF = \log \text{Vorwert} - \log \text{Nachwert}.$$

Für die KbE-Werte der Hand A wurden ebenfalls die Mittelwerte errechnet und diese logarithmiert. Da die nur von den Fingerspitzen genommenen Vorwerte und die von der ganzen Hand bestimmten Nachwerte für die Langzeitwirkung nicht in Beziehung gesetzt werden konnten, wurden die logarithmierten Nachwerte von Referenz- und Prüfverfahren direkt verglichen.

Aus mathematischen Gründen wurden Nachwerte von „0“ KbE ( $\log 0 = -\infty$ ) vor dem Logarithmieren gleich „1“ ( $\log 1 = 0$ ) gesetzt.

## **2.3 Ergebnisse**

### **2.3.1 Ergebnisse der Vorversuche**

Zur Untersuchung des Biosorb und der verwendeten Zwirnhandschuhe auf antimikrobielle Eigenwirksamkeit wurden Hemmtests durchgeführt.

#### **Biosorb:**

Die mit den Testorganismen beimpften Blutagarplatten wiesen nach Inkubation um die mit Biosorb gefüllten Löcher keine Wachstumshemmung auf. Im Gegenteil wurde um das Biosorb vereinzelt Koloniewachstum induziert.

#### **Zwirnhandschuhe:**

Auf keiner der mit den verschiedenen Mikroorganismen beimpften Agarplatten konnte nach Inkubation eine Wachstumshemmung um die aufgelegten Stoffstücke herum beobachtet werden.

Daraus lässt sich ableiten, dass weder das Biosorb noch die Zwirnhandschuhe eine eigene antimikrobielle Wirksamkeit aufwiesen und eine Beeinflussung der Ergebnisse von dieser Seite auszuschließen ist.

### **2.3.2 Vergleich der Wirksamkeit der chirurgischen Händedesinfektion mit und ohne Verwendung von Biosorb**

Die Anzahl der KbE wurde vor der chirurgischen Händedesinfektion an beiden Händen bestimmt (Vorwerte). Außerdem wurden zwei Nachwerte erho-

ben, einer direkt nach der Händedesinfektion (Nachwert für die Sofortwirkung), der andere 90 min später (Nachwert für die Langzeitwirkung). Dabei wurde der Nachwert für die Sofortwirkung an beiden Händen, für die Langzeitwirkung nur an einer Hand bestimmt.

So konnten für jeden der 26 Probanden die Reduktionsfaktoren einmal ohne und einmal mit Verwendung von Biosorb errechnet werden.

Außerdem wurden bei beiden Verfahren die Koloniezahlen einer ganzen Hand nach 90 min verglichen.

Die nachfolgenden Tabellen 5 - 10 enthalten die Vorwerte und Nachwerte für die Sofortwirkung bzw. für die Langzeitwirkung sowie die daraus berechneten Reduktionsfaktoren mit den dazugehörigen Mittelwerten und Standardabweichungen.

Die Daten, die die Grundlage für diese Berechnungen bilden, befinden sich im Anhang (Tab. A1 - A6).

### **Wirkung der chirurgischen Händedesinfektion ohne Verwendung von Biosorb (Referenzverfahren):**

Für das Referenzverfahren, d.h. die Wirksamkeit der Händedesinfektion ohne Anwendung von Biosorb, wurde für den Sofortwert ein Reduktionsfaktor von  $2,9 \pm 0,97$  (Tab. 5), für den Langzeitwert ein Reduktionsfaktor von  $2,3 \pm 0,89$  ermittelt (Tab. 6). Dabei bewegen sich die Reduktionsfaktoren zwischen 0,2 und 4,3 für die Sofortwirkung und zwischen 0,6 und 4,5 für die Wirkung nach 90 min.

Die logarithmierte Koloniezahl für den Nachwert der Langzeitwirkung der ganzen Hand liegt für das Referenzverfahren bei  $2,1 \pm 0,77$ . Die ermittelten Werte liegen zwischen 0 und 4,0 (Tab. 7).

**Tab. 5** Vorwerte, Nachwerte und Reduktionsfaktoren für die Sofortwirkung des Referenzverfahrens (nur chirurgische Händedesinfektion)

Proband	Hand	log VW (SW)	log NW (SW)	RF (SW)
1	d	3,85	0,00	3,85
2	d	3,72	2,04	1,68
3	nd	2,95	1,30	1,65
4	d	3,73	0,70	3,03
5	nd	3,72	1,30	2,42
6	d	2,00	0,00	2,00
7	d	4,73	2,23	2,50
8	d	4,15	1,18	2,97
9	d	3,61	0,00	3,61
10	nd	4,71	2,59	2,12
11	d	4,28	0,00	4,28
12	nd	4,01	0,00	4,01
13	nd	4,54	1,30	3,24
14	nd	4,18	2,28	1,90
15	nd	2,18	1,95	0,23
16	d	3,81	0,00	3,81
17	nd	4,21	0,00	4,21
18	nd	4,38	0,70	3,68
19	d	3,61	0,00	3,61
20	nd	4,50	0,70	3,80
21	d	2,74	0,00	2,74
22	d	3,95	1,00	2,95
23	d	3,29	0,00	3,29
24	nd	4,81	2,89	1,92
25	nd	3,69	0,70	2,99
26	nd	4,94	1,81	3,13
<b>Mittelwert</b>		<b>3,86</b>	<b>0,95</b>	<b>2,91</b>
<b>Standardabweichung</b>		<b>0,75</b>	<b>0,95</b>	<b>0,97</b>

log VW (SW) = Vorwert für die Sofortwirkung (logarithmiert)

log NW (SW) = Nachwert für die Sofortwirkung (logarithmiert)

RF (SW) = Reduktionsfaktor für die Sofortwirkung (= log VW - log NW)

d = Bestimmung der Werte an der dominanten Hand

nd = Bestimmung der Werte an der nicht dominanten Hand



**Tab. 6** Vorwerte, Nachwerte und Reduktionsfaktoren für die Langzeitwirkung des Referenzverfahrens (nur chirurgische Händedesinfektion) (Hand B = Werte der Fingerspitzen)

Proband	Hand	log VW (LW)	log NW (LW) B	RF (LW)
1	nd	3,81	2,00	1,81
2	nd	3,62	1,85	1,77
3	d	2,95	1,00	1,95
4	nd	4,51	0,00	4,51
5	d	4,37	2,23	2,14
6	nd	2,81	1,18	1,63
7	nd	4,77	2,34	2,43
8	nd	3,86	1,18	2,68
9	nd	4,23	0,70	3,53
10	d	4,42	2,53	1,89
11	nd	4,20	2,16	2,04
12	d	4,01	1,54	2,47
13	d	4,03	1,48	2,55
14	d	4,30	2,26	2,04
15	d	2,00	0,00	2,00
16	nd	3,49	2,88	0,61
17	d	4,39	1,81	2,58
18	d	4,38	1,54	2,84
19	nd	4,11	1,85	2,26
20	d	4,51	0,00	4,51
21	nd	2,98	1,48	1,50
22	nd	4,06	2,52	1,54
23	nd	3,45	2,08	1,37
24	d	4,30	3,07	1,23
25	d	3,53	0,70	2,83
26	d	5,24	2,54	2,70
<b>Mittelwert</b>		<b>3,94</b>	<b>1,65</b>	<b>2,29</b>
<b>Standardabweichung</b>		<b>0,69</b>	<b>0,86</b>	<b>0,89</b>

log VW (LW) = Vorwert für die Langzeitwirkung (logarithmiert)

log NW (LW) B = Nachwert für die Langzeitwirkung (logarithmiert), Werte der Fingerspitzen

RF (LW) = Reduktionsfaktor für die Langzeitwirkung (= log VW - log NW)

d = Bestimmung der Werte an der dominanten Hand

nd = Bestimmung der Werte an der nicht dominanten Hand

**Tab. 7** Nachwerte für die Langzeitwirkung des Referenzverfahrens (nur chirurgische Händedesinfektion) (Hand A = Werte der ganzen Hand)

<b>Proband</b>	<b>Hand</b>	<b>log NW (LW) A</b>
1	d	2,41
2	d	2,04
3	nd	1,70
4	d	1,70
5	nd	2,60
6	d	1,18
7	d	2,02
8	d	1,00
9	d	1,93
10	nd	3,95
11	d	2,65
12	nd	2,38
13	nd	2,23
14	nd	3,10
15	nd	2,28
16	d	2,82
17	nd	1,40
18	nd	1,70
19	d	1,93
20	nd	0,00
21	d	2,38
22	d	2,36
23	d	1,18
24	nd	1,78
25	nd	1,74
26	nd	2,79
<b>Mittelwert</b>		<b>2,05</b>
<b>Standardabweichung</b>		<b>0,77</b>

log NW (LW) A = Nachwert für die Langzeitwirkung (logarithmiert), Werte der ganzen Hand  
d = Bestimmung der Werte an der dominanten Hand  
nd = Bestimmung der Werte an der nicht dominanten Hand

### **Wirkung der chirurgischen Händedesinfektion mit zusätzlicher Verwendung von Biosorb (Prüfverfahren):**

Nach vorheriger Anwendung von Biosorb wurden für den Sofortwert ein Reduktionsfaktor von  $3,0 \pm 1,05$  (Tab. 8), für den Langzeitwert ein Reduktionsfaktor von  $2,1 \pm 0,87$  ermittelt (Tab. 9). Die Reduktionsfaktoren differieren für die Sofortwirkung zwischen 0,7 und 4,8, für den Wert nach 90 min zwischen 0,3 und 3,8.

Die ermittelten logarithmierten Koloniezahlen der ganzen Hand nach 90 min bewegen sich im Prüfverfahren zwischen 0,7 und 3,3. Das entspricht einem Nachwert für die Langzeitwirkung von  $2,0 \pm 0,69$  (Tab. 10).

**Tab. 8** Vorwerte, Nachwerte und Reduktionsfaktoren für die Sofortwirkung des Prüfverfahrens (chirurgische Händedesinfektion + Biosorb)

Proband	Hand	log VW (SW)	log NW (SW)	RF (SW)
1	d	4,41	0,00	4,41
2	d	3,43	0,00	3,43
3	nd	3,06	0,00	3,06
4	d	4,37	0,00	4,37
5	nd	4,06	0,70	3,36
6	d	2,40	0,70	1,70
7	d	4,16	1,70	2,46
8	d	3,51	2,47	1,04
9	d	3,81	0,00	3,81
10	nd	4,05	1,30	2,75
11	d	3,11	0,00	3,11
12	nd	3,61	0,00	3,61
13	nd	4,07	0,70	3,37
14	nd	3,96	2,83	1,13
15	nd	2,00	1,30	0,70
16	d	3,02	1,00	2,02
17	nd	4,83	0,00	4,83
18	nd	4,28	1,40	2,88
19	d	3,94	0,00	3,94
20	nd	3,94	0,00	3,94
21	d	3,18	0,00	3,18
22	d	3,54	1,00	2,54
23	d	3,96	0,00	3,96
24	nd	4,20	1,30	2,90
25	nd	4,11	1,60	2,51
26	nd	5,12	2,08	3,04
<b>Mittelwert</b>		<b>3,77</b>	<b>0,77</b>	<b>3,00</b>
<b>Standardabweichung</b>		<b>0,69</b>	<b>0,87</b>	<b>1,05</b>

log VW (SW) = Vorwert für die Sofortwirkung (logarithmiert)  
log NW (SW) = Nachwert für die Sofortwirkung (logarithmiert)  
RF (SW) = Reduktionsfaktor für die Sofortwirkung (= log VW - log NW)  
d = Bestimmung der Werte an der dominanten Hand  
nd = Bestimmung der Werte an der nicht dominanten Hand

**Tab. 9** Vorwerte, Nachwerte und Reduktionsfaktoren für die Langzeitwirkung des Prüfverfahrens (chirurgische Händedesinfektion + Biosorb) (Hand B = Werte der Fingerspitzen)

Proband	Hand	log VW (LW)	log NW (LW) B	RF (LW)
1	nd	4,60	1,70	2,90
2	nd	3,31	1,54	1,77
3	d	3,08	0,70	2,38
4	nd	4,31	1,48	2,83
5	d	4,17	2,62	1,55
6	nd	3,04	1,40	1,64
7	nd	4,08	2,79	1,29
8	nd	3,65	0,00	3,65
9	nd	4,13	1,00	3,13
10	d	3,72	1,30	2,42
11	nd	3,73	1,18	2,55
12	d	4,30	2,04	2,26
13	d	3,99	1,54	2,45
14	d	4,34	2,22	2,12
15	d	2,30	2,02	0,28
16	nd	3,73	0,00	3,73
17	d	4,44	2,45	1,99
18	d	4,26	2,43	1,83
19	nd	3,67	2,40	1,27
20	d	3,80	0,00	3,80
21	nd	3,41	2,26	1,15
22	nd	3,89	2,46	1,43
23	nd	3,63	2,45	1,18
24	d	4,05	2,26	1,79
25	d	4,06	2,52	1,54
26	d	5,19	2,85	2,34
<b>Mittelwert</b>		<b>3,88</b>	<b>1,75</b>	<b>2,13</b>
<b>Standardabweichung</b>		<b>0,57</b>	<b>0,86</b>	<b>0,87</b>

log VW (LW) = Vorwert für die Langzeitwirkung (logarithmiert)

log NW (LW) B = Nachwert für die Langzeitwirkung (logarithmiert), Werte der Fingerspitzen

RF (LW) = Reduktionsfaktor für die Langzeitwirkung (= log VW - log NW)

d = Bestimmung der Werte an der dominanten Hand

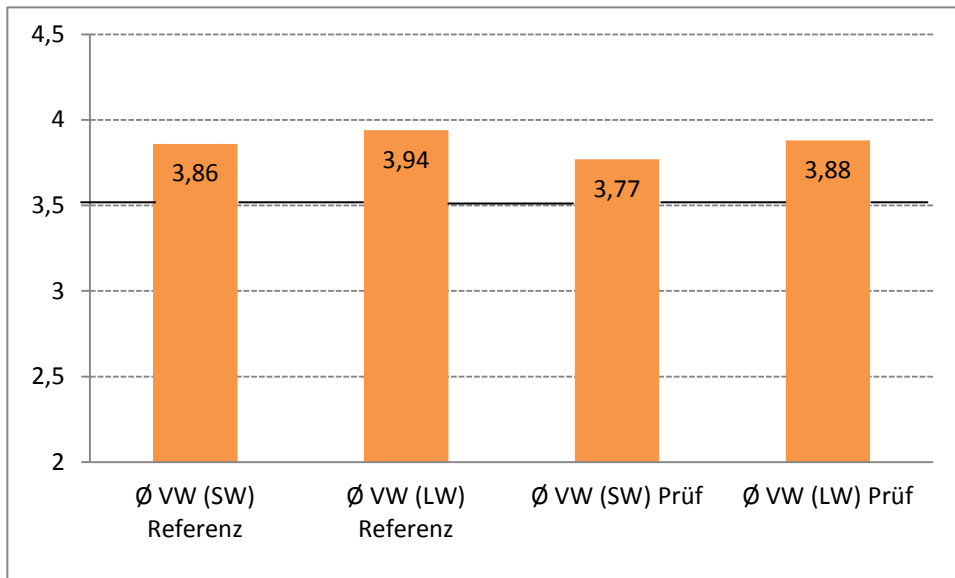
nd = Bestimmung der Werte an der nicht dominanten Hand

**Tab. 10** Nachwerte für die Langzeitwirkung des Prüfverfahrens (chirurgische Händedesinfektion + Biosorb) (Hand A = Werte der ganzen Hand)

Proband	Hand	log NW (LW) A
1	d	1,74
2	d	1,93
3	nd	1,93
4	d	0,70
5	nd	2,54
6	d	1,00
7	d	2,67
8	d	1,30
9	d	1,78
10	nd	2,89
11	d	0,70
12	nd	1,30
13	nd	1,78
14	nd	3,32
15	nd	3,13
16	d	1,48
17	nd	2,24
18	nd	2,43
19	d	1,88
20	nd	1,00
21	d	2,46
22	d	2,26
23	d	2,41
24	nd	1,81
25	nd	1,90
26	nd	2,04
<b>Mittelwert</b>		<b>1,95</b>
<b>Standardabweichung</b>		<b>0,69</b>

log NW (LW) A = Nachwert für die Langzeitwirkung (logarithmiert), Werte der ganzen Hand  
d = Bestimmung der Werte an der dominanten Hand  
nd = Bestimmung der Werte an der nicht dominanten Hand

Die DIN 12791 setzt als Bedingung für die Auswertbarkeit erhobener Daten voraus, dass die Mittelwerte der logarithmierten Vorwerte mindestens 3,5 betragen (55). Diese Bedingung ist ausnahmslos erfüllt (Abb.2).



Ø VW (SW) = Mittelwert der Vorwerte für die Sofortwirkung  
Ø VW (LW) = Mittelwert der Vorwerte für die Langzeitwirkung  
Referenz = Referenzverfahren, d.h. Versuch ohne Verwendung von Biosorb  
Prüf = Prüfverfahren, d.h. Versuch mit Verwendung von Biosorb

**Abb. 2** Mittlere Vorwerte Referenz- und Prüfverfahren

Zur Prüfung der Ergebnisse beider Versuchsreihen auf einen statistisch signifikanten Unterschied wurde, wie in der DIN 12791 festgelegt, der Vorzeichen-Rangtest für Paardifferenzen nach Wilcoxon verwendet (55).

### **Vergleich der Reduktionsfaktoren für die Sofortwirkung:**

Die Nullhypothese für den einseitig durchgeführten Rangtest besagt, dass die Reduktionsfaktoren für die Sofortwerte des Referenz- und des Prüfver-

fahrens ungefähr gleich groß sind, d.h. nur zufällig voneinander abweichen [ $H_0: RF (R) = RF (P)$ ]. Die Alternativhypothese sagt, dass die Reduktionsfaktoren des Referenzverfahrens größer sind als die des Prüfverfahrens [ $H_a: RF (R) > RF (P)$ ]. Die aus den zugeordneten Rängen (Tab.11) errechnete positive Rangsumme beträgt 206 (bei einem mittleren Rang von 13,37), die negative Rangsumme 145 (bei einem mittleren Rang von 13,18). Der tabellierte kritische Wert für die untere Grenze der Rangsummen beträgt bei 26 zu vergleichenden Wertepaaren ( $N = 26$ ), einem Signifikanzniveau von  $p = 0,1$  und einseitig durchgeführtem Test 124. Da die errechnete untere Rangsumme diesen Wert weder erreicht noch unterschreitet, wird die Nullhypothese bestätigt und die Differenz der mittleren Reduktionsfaktoren für die Sofortwirkung des Referenz- und des Prüfverfahrens als nicht statistisch signifikant angesehen.

Für die Untersuchung der Wirkung des Biosorbs haben diese Werte keine Aussagekraft, da sich der Versuchsablauf der beiden Verfahren bis zur Abnahme der Nachwerte für die Sofortwirkung nicht unterscheidet. Die Signifikanzprüfung der Unterschiede der Ergebnisse dient hier dem Nachweis der Vergleichbarkeit der Daten der beiden Verfahren.



**Tab. 11** Differenzen der Reduktionsfaktoren für die Sofortwirkung von Referenz- und Prüfverfahren mit zugeordneten Rängen

Proband	RF (SW)		Differenz P - R	Rang der Differenz	
	P	R		ohne Vorzeichen	mit Vorzeichen
1	4,41	3,85	0,56	13	13
2	3,43	1,68	1,75	24	24
3	3,06	1,65	1,41	23	23
4	4,37	3,03	1,34	22	22
5	3,36	2,42	0,94	19	19
6	1,70	2,00	- 0,30	6	- 6
7	2,46	2,50	- 0,04	1	- 1
8	1,04	2,97	- 1,93	26	- 26
9	3,81	3,61	0,20	5	5
10	2,75	2,12	0,63	15	15
11	3,11	4,28	- 1,17	21	- 21
12	3,61	4,01	- 0,40	8	- 8
13	3,37	3,24	0,13	3	3
14	1,13	1,90	- 0,77	17	- 17
15	0,70	0,23	0,47	11	11
16	2,02	3,81	- 1,79	25	- 25
17	4,83	4,21	0,62	14	14
18	2,88	3,68	- 0,80	18	- 18
19	3,94	3,61	0,33	7	7
20	3,94	3,80	0,14	4	4
21	3,18	2,74	0,44	10	10
22	2,54	2,95	- 0,41	9	- 9
23	3,96	3,29	0,67	16	16
24	2,90	1,92	0,98	20	20
25	2,51	2,99	- 0,48	12	- 12
26	3,04	3,13	- 0,09	2	- 2
				<b>positive Rangsumme: 206</b>	
				<b>negative Rangsumme: 145</b>	

RF (SW) = Reduktionsfaktor für die Sofortwirkung  
R = Referenzverfahren, d.h. Versuch ohne Verwendung von Biosorb  
P = Prüfverfahren, d.h. Versuch mit Verwendung von Biosorb

### **Vergleich der Reduktionsfaktoren für die Langzeitwirkung:**

Für den zweiseitig durchgeführten Rangtest besagt die Nullhypothese, dass die Reduktionsfaktoren für die Langzeitwirkung nur zufällig voneinander abweichen, also ungefähr gleich groß sind [ $H_0: RF(R) = RF(P)$ ]. Die Alternativhypothesen sagen, dass die Reduktionsfaktoren sich signifikant unterscheiden [ $H_a: RF(R) > RF(P)$  oder  $RF(R) < RF(P)$ ]. Im Fall von Proband Nr. 2 weisen die Reduktionsfaktoren im Referenzverfahren und im Prüfverfahren den gleichen Wert auf. Daraus ergibt sich eine Differenz von 0, d.h. es kommt zu einer Bindung. Solche Werte werden bei der Vergabe der Ränge nicht berücksichtigt. Nach Zuordnung der Ränge (Tab.12) errechnet sich eine positive Rangsumme von 111 (bei einem mittleren Rang von 12,33) und eine negative Rangsumme von 214 (bei einem mittleren Rang von 13,38). Bei 25 zu vergleichenden Wertepaaren ( $N = 25$ ) im zweiseitigen Test und einem Signifikanzniveau von  $p = 0,01$  beträgt der tabellierte kritische Wert für die untere Grenze der Rangsummen 68. Da die errechnete untere Rangsumme diesen Wert weder erreicht noch unterschreitet, bestätigt sich die Nullhypothese und die Differenz der mittleren Reduktionsfaktoren für die Langzeitwirkung des Referenz- und des Prüfverfahrens wird als nicht statistisch signifikant angesehen.

**Tab. 12** Differenzen der Reduktionsfaktoren für die Langzeitwirkung von Referenz- und Prüfverfahren mit zugeordneten Rängen (Hand B = Werte der Fingerspitzen)

Proband	RF (LW)		Differenz P - R	Rang der Differenz	
	P	R		ohne Vorzeichen	mit Vorzeichen
1	2,90	1,81	1,09	20	20
2	1,77	1,77	0,00	n.g.	n.g.
3	2,38	1,95	0,43	10	10
4	2,83	4,51	- 1,68	23	- 23
5	1,55	2,14	- 0,59	14,5	- 14,5
6	1,64	1,63	0,01	1	1
7	1,29	2,43	- 1,14	21	- 21
8	3,65	2,68	0,97	17	17
9	3,13	3,53	- 0,40	9	- 9
10	2,42	1,89	0,53	12	12
11	2,55	2,04	0,51	11	11
12	2,26	2,47	- 0,21	6	- 6
13	2,45	2,55	- 0,10	3	- 3
14	2,12	2,04	0,08	2	2
15	0,28	2,00	- 1,72	24	- 24
16	3,73	0,61	3,12	25	25
17	1,99	2,58	- 0,59	14,5	- 14,5
18	1,83	2,84	- 1,01	19	- 19
19	1,27	2,26	- 0,99	18	- 18
20	3,80	4,51	- 0,71	16	- 16
21	1,15	1,50	- 0,35	7	- 7
22	1,43	1,54	- 0,11	4	- 4
23	1,18	1,37	- 0,19	5	- 5
24	1,79	1,23	0,56	13	13
25	1,54	2,83	- 1,29	22	- 22
26	2,34	2,70	- 0,36	8	- 8
				<b>positive Rangsumme: 111</b>	
				<b>negative Rangsumme: 214</b>	

RF (LW) = Reduktionsfaktor für die Langzeitwirkung  
R = Referenzverfahren, d.h. Versuch ohne Verwendung von Biosorb  
P = Prüfverfahren, d.h. Versuch mit Verwendung von Biosorb

### **Vergleich der Koloniezahlen der ganzen Hand nach 90 min:**

Für den zweiseitig durchgeführten Rangtest besagt die Nullhypothese, dass die Koloniezahlen der ganzen Hand nach 90 min nur zufällig voneinander abweichen, also ungefähr gleich groß sind [ $H_0: KbE (R) = KbE (P)$ ]. Die Alternativhypothesen sagen, dass zwischen den Koloniezahlen ein signifikanter Unterschied besteht [ $H_a: KbE (R) > KbE (P)$  oder  $KbE (R) < KbE (P)$ ].

Nach Zuordnung der Ränge (Tab.13) errechnet sich eine positive Rangsumme von 193,5 (bei einem mittleren Rang von 13,82) und eine negative Rangsumme von 157,5 (bei einem mittleren Rang von 13,13). Im zweiseitigen Test mit einem Signifikanzniveau von  $p = 0,01$  beträgt der tabellierte kritische Wert für die untere Grenze der Rangsummen bei 26 zu vergleichenden Wertepaaren ( $N = 26$ ) 75. Da die errechnete untere Rangsumme diesen Wert weder erreicht noch unterschreitet, wird die Nullhypothese angenommen und die Differenz der Koloniezahlen der ganzen Hand nach 90 min des Referenz- und des Prüfverfahrens als nicht statistisch signifikant angesehen.

**Tab. 13** Differenzen der KbE der ganzen Hand nach 90 min von Referenz- und Prüfverfahren mit zugeordneten Rängen

Proband	log KbE (LW)		Differenz P – R	Rang der Differenz	
	P	R		ohne Vorzeichen	mit Vorzeichen
1	1,74	2,41	- 0,67	15	- 15
2	1,93	2,04	- 0,11	6	- 6
3	1,93	1,70	0,23	11	11
4	0,70	1,70	- 1,00	20,5	- 20,5
5	2,54	2,60	- 0,06	3	- 3
6	1,00	1,18	- 0,18	9	- 9
7	2,67	2,02	0,65	14	14
8	1,30	1,00	0,30	12	12
9	1,78	1,93	- 0,15	7	- 7
10	2,89	3,95	- 1,06	22	- 22
11	0,70	2,65	- 1,95	26	- 26
12	1,30	2,38	- 1,08	23	- 23
13	1,78	2,23	- 0,45	13	- 13
14	3,32	3,10	0,22	10	10
15	3,13	2,28	0,85	19	19
16	1,48	2,82	- 1,34	25	- 25
17	2,24	1,40	0,84	18	18
18	2,43	1,70	0,73	16	16
19	1,88	1,93	- 0,05	2	- 2
20	1,00	0,00	1,00	20,5	20,5
21	2,46	2,38	0,08	4	4
22	2,26	2,36	- 0,10	5	- 5
23	2,41	1,18	1,23	24	24
24	1,81	1,78	0,03	1	1
25	1,90	1,74	0,16	8	8
26	2,04	2,79	- 0,75	17	- 17
				<b>positive Rangsumme: 157,5</b>	
				<b>negative Rangsumme: 193,5</b>	

log KbE (LW) = logarithmierte Koloniezahlen der ganzen Hand nach 90 min  
R = Referenzverfahren, d.h. Versuch ohne Verwendung von Biosorb  
P = Prüfverfahren, d.h. Versuch mit Verwendung von Biosorb

### **2.3.3 Vergleich der Handschweißmenge nach 90-minütigem Tragen von Handschuhen mit und ohne Verwendung von Biosorb**

Der Wasseranteil des in den chirurgischen Handschuhen über 90 min entwickelten Handschweißes wurde durch Differenzwägung der an einer Hand zusätzlich getragenen Zwirnhandschuhe ermittelt.

Von 25 auswertbaren Differenzen wiesen nur 10 negative Werte auf, d.h. die Probanden schwitzen wie erwartet nach der Anwendung von Biosorb weniger (Tab. 14). Die anderen 15 Probanden entwickelten dagegen mehr Handschweiß bei Verwendung von Biosorb.

Bei Proband Nr. 1 ergab sich im Prüfverfahren eine negative Wassermenge im Zwirnhandschuh. Da das nur durch einen Fehler in der Differenzwägung zu erklären ist, wurden die Werte nicht in die Auswertung einbezogen.

Die Tabellen mit den Daten, die die Grundlage für die Berechnungen bilden, befinden sich im Anhang (Tab. A7 - A8).

**Tab. 14** Differenzen der Wassermengen im Zwrinhandschuh von Referenz- und Prüfverfahren mit zugeordneten Rängen

Proband	Hand	Wasser (in g)		Differenz P – R	Rang der Differenz	
		P	R		ohne Vorzeichen	mit Vorzeichen
1	nd	n.a.	0,509	n.a.	n.g.	n.g.
2	nd	1,151	0,896	0,255	14	14
3	d	0,746	0,713	0,033	2,5	2,5
4	nd	0,777	0,700	0,077	9	9
5	d	0,805	0,841	- 0,036	4	-4
6	nd	0,732	0,649	0,083	10	10
7	nd	0,956	1,243	-0,287	18	-18
8	nd	0,922	1,330	-0,408	20	-20
9	nd	0,862	0,582	0,280	17	17
10	d	1,075	1,495	-0,420	21	-21
11	nd	0,774	1,364	-0,590	24	-24
12	d	0,582	0,529	0,053	7	7
13	d	1,266	0,844	0,422	22	22
14	d	1,280	1,124	0,156	12	12
15	d	2,557	2,693	-0,136	11	-11
16	nd	1,362	1,623	-0,261	15	-15
17	d	1,296	0,906	0,390	19	19
18	d	1,380	1,347	0,033	2,5	2,5
19	nd	0,682	0,748	-0,066	8	-8
20	d	0,784	0,774	0,010	1	1
21	nd	0,968	0,918	0,050	6	6
22	nd	1,047	0,578	0,469	23	23
23	nd	0,447	0,701	-0,254	13	-13
24	d	0,702	0,974	-0,272	16	-16
25	d	1,013	0,970	0,043	5	5
26	d	2,463	1,182	1,281	25	25
<b>Mittelwert</b>		<b>1,065</b>	<b>1,029</b>	<b>0,036</b>		
<b>Standardabwei-</b>		<b>0,501</b>	<b>0,463</b>	<b>0,374</b>		
					<b>positive Rangsumme: 175</b>	
					<b>negative Rangsumme: 150</b>	

n.a. = nicht auswertbar

n.g. = nicht gewertet

R = Referenzverfahren, d.h. Versuch ohne Verwendung von Biosorb

P = Prüfverfahren, d.h. Versuch mit Verwendung von Biosorb

d = Bestimmung der Werte an der dominanten Hand

nd = Bestimmung der Werte an der nicht dominanten Hand

Zur Signifikanzprüfung der Unterschiede zwischen den Ergebnissen des Referenz- und des Prüfverfahrens wurde wieder der Vorzeichen-Rangtest für Paardifferenzen nach Wilcoxon verwendet.

Im zweiseitig durchgeführten Rangtest wird die Nullhypothese aufgestellt, dass die entwickelte Wassermenge im Zwirnhandschuh in Referenzverfahren und Prüfverfahren gleich groß ist, d.h. die gemessenen Werte nur zufällig voneinander abweichen [ $H_0: H_2O (R) = H_2O (P)$ ]. Die Alternativhypothese besagen, dass die Wassermengen sich signifikant unterscheiden [ $H_a: H_2O (R) > H_2O (P)$  oder  $H_2O (R) < H_2O (P)$ ]. Aus den zugeordneten Rängen (Tab. 14) errechnet sich eine positive Rangsumme von 175 (bei einem mittleren Rang von 11,67) und eine negative Rangsumme von 150 (bei einem mittleren Rang von 15,00). Der tabellierte kritische Wert für die untere Grenze der Rangsummen beträgt bei 25 zu vergleichenden Wertepaaren ( $N = 25$ ), einem Signifikanzniveau von  $p = 0,01$  und zweiseitig durchgeführtem Test 68. Da der errechnete Wert der unteren Rangsumme diesen Wert weder erreicht noch unterschreitet, wird die Nullhypothese angenommen und die Differenz der mittleren gemessenen Wassermenge im Zwirnhandschuh in Referenz- und Prüfverfahren als statistisch nicht signifikant angesehen.

Da die gebildete Handschweißmenge von Hautparametern abhängen könnte, die in der vorliegenden Studie nicht untersucht werden konnten, wurden die Ergebnisse unterteilt in die der Probanden, die mit der Anwendung von Biosorb mehr bzw. weniger geschwitzt hatten. Die Konfidenzintervalle der gemessenen Schweißmengen in Referenz- und Prüfversuch wurden berechnet und verglichen, um zu sehen, ob die Mittelwerte innerhalb der beiden Gruppen einen statistisch signifikanten Unterschied aufweisen.

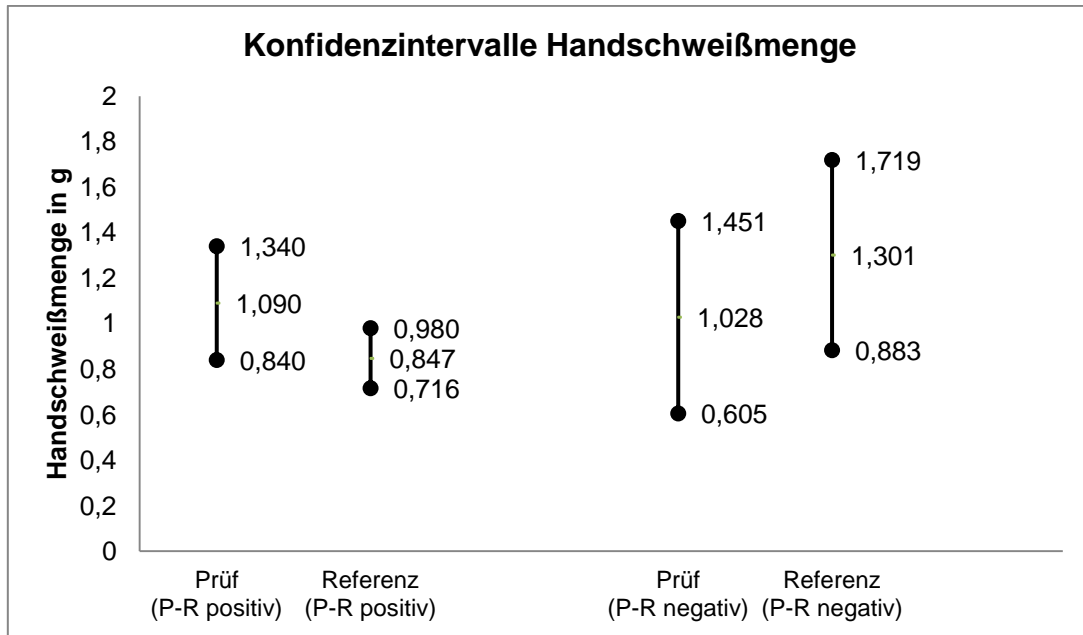
Da nach Unterteilung der Ergebnisse eine Normalverteilung nicht mehr voraus gesetzt werden kann, wurden die Konfidenzintervalle im nicht parametrischen Verfahren bestimmt. Die so berechneten 95% Konfidenzintervalle sind in Abbildung 3 dargestellt.



In der Gruppe der Probanden, die mit Anwendung von Biosorb mehr Handschweiß produzierten, liegt demnach der Mittelwert für den Referenzversuch zwischen 0,716 g und 0,980 g und für den Prüfversuch zwischen 0,840 g und 1,340 g. Da sich die beiden Konfidenzintervalle deutlich überschneiden, ist ein statistisch signifikanter Unterschied nicht nachweisbar.

In der Gruppe der Probanden, die im Prüfversuch weniger schwitzten, bewegt sich der Mittelwert für den Referenzversuch zwischen 0,883 g und 1,719 g. Für den Prüfversuch wurde ein Bereich von 0,605 g und 1,451 g berechnet. Auch diese Intervalle überlappen, so dass auch hier keine signifikante Differenz vorliegt.

Es fiel allerdings auf, dass sich die beiden Konfidenzintervalle der Schweißmengen des Referenzversuchs kaum überschneiden, so dass, obwohl keine statistische Signifikanz vorliegt, eine Tendenz erkennbar ist, dass die Probanden, die mit Verwendung von Biosorb weniger schwitzten, im Referenzversuch durchschnittlich eher mehr Handschweiß produzierten (Abb. 3). Bei nach der Unterteilung der Probanden sehr kleinen Stichprobengrößen sind diese Ergebnisse kritisch zu betrachten.



Prüf = Ergebnisse Prüfversuch, d.h. Versuch mit Verwendung von Biosorb  
Referenz = Ergebnisse Referenzversuch, d.h. Versuch ohne Verwendung von Biosorb  
P-R positiv = Probanden, die mit Verwendung von Biosorb mehr geschwitzt haben  
P-R negativ = Probanden, die mit Verwendung von Biosorb weniger geschwitzt haben

**Abb. 3** Konfidenzintervalle und Mittelwerte der Handschweißmenge

## **3. Diskussion und Schlussfolgerung**

### **3.1 Diskussion**

#### **3.1.1 Methodenkritik**

##### **Vorversuch:**

Der Versuchsaufbau der Studie leitete sich von den Vorgaben der DIN EN 12791 ab (55). Allerdings war es notwendig, diese in einigen Punkten der Fragestellung anzupassen. Dafür wurden Vorversuche mit zwei Probanden durchgeführt. Der Versuchsablauf entsprach dabei weitgehend dem im Methodenteil Beschriebenen. Auf der Grundlage der so gewonnenen Ergebnisse wurden u.a. die Verdünnungsstufen für die Probenflüssigkeiten festgelegt und die Zeit gemessen, die notwendig war, das Biosorb gründlich auf den Händen zu verteilen.

Auch die Methode, die Handschuhe noch an der Hand mit Spüllösung zu füllen und so die Mikroflora der ganzen Handoberfläche und der Handschuhinnenfläche zu gewinnen, wurde getestet. Die Überlegung, die so aus dem Handschuh gewonnene gesamte Flüssigkeit durch ein Bakterienfilter zu filtrieren, musste verworfen werden, da die Filter durch die im Biosorb enthaltene Stärke verstopften und die Kulturplatten, obwohl auf Grund dieses Verschlusses nur ein Teil der Probenflüssigkeit filtriert worden war, nach einer Inkubationszeit von 24 h eine nicht mehr zählbare Menge an KbE aufwiesen.

##### **Biosorbstudie:**

Die vorliegende Studie umfasst 2 Versuchsreihen an jeweils 26 freiwilligen Probanden. Probanden sind immer einer Vielzahl externer Einflüsse ausgesetzt, die in ihrer Gesamtheit kaum zu erfassen sind.

Dazu gehören die Kooperationsfähigkeit und -willigkeit genauso wie die äußeren Einflüsse auf ihre Hautflora.

Um die Kooperation der Probanden zu optimieren, wurden sie sorgfältig über Zweck und Ablauf der Studie informiert. Dabei wurde die Wichtigkeit der korrekten Durchführung betont. Alle teilnehmenden Personen waren motiviert und fähig, die Versuche durchzuführen.

Bei den Probanden handelte es sich vor allem um Studierende unterschiedlicher Fachrichtungen. Nur einige von ihnen führten studienbedingt unregelmäßig hygienische Händedesinfektionen durch. Es wurde festgelegt, dass zwischen der letzten Händedesinfektion und den Versuchen ein zeitlicher Abstand von mindestens 48 h liegen musste. Diese Vorgabe wurde eingehalten.

Es wurde darauf geachtet, dass keine Verletzungen oder Erkrankungen der Haut der Hände vorlagen, die Probanden kurze, saubere Fingernägel hatten und keinen Schmuck trugen.

Trotz dieser Maßnahmen bleibt die Hautflora von weiteren Faktoren beeinflussbar. Dazu gehören z.B. die Erregerzahl der Umgebung oder klimatische Gegebenheiten. Auch die Handschweißmenge wird durch Temperatur und Luftfeuchtigkeit beeinflusst. Hier spielen u.a. auch die individuelle Hautbeschaffenheit und hormonelle Einflüsse eine Rolle.

Um eine bestmögliche Vergleichbarkeit zu schaffen, hielten sich alle Probanden während der Zeit, in der die Handschuhe getragen wurden, im selben Raum auf. Alle Versuche wurden innerhalb von 14 d im Mai und Juni 2010 durchgeführt. Die Probanden kamen an beiden Terminen zur gleichen Tageszeit.

Auch die Festlegung einer definierten Tätigkeit zwischen der Abnahme der Proben für die Sofort- und die Nachwerte diente dem Zweck, die Werte der Schweißproduktion besser vergleichbar zu machen. Dazu kneteten die Probanden einen Schaumstoffball von der Größe eines Tennisballs abwechselnd in beiden Händen.

Die Schweißmenge wurde nur an einer Hand erfasst. An welcher das geschah, wurde im Vorfeld der Versuche ausgelost, so dass bei der Hälfte der Probanden die Schweißmengenbestimmung an der dominanten und bei der anderen Hälfte an der nicht dominanten Hand erfolgte, um auch hier eventuelle Unterschiede auszugleichen.

Natürlich sind nicht nur die Probanden, sondern alle Personen, die an der Versuchsvorbereitung und -durchführung beteiligt sind, Einflüssen ausgesetzt, die sich auf die Konzentration und die Arbeitsleistung auswirken und die Rate zufälliger Fehler mitbestimmen.

Günstig ist jedoch die Erfahrung des Laborpersonals durch jahrelange Durchführung von Versuchen zur Händedesinfektion.

Zur weiteren Sicherung der Ergebnisse wurde eine bestmögliche Standardisierung des Versuchsprotokolls angestrebt. Dazu wurde so weit möglich die DIN EN 12791 als Grundlage verwendet (55).

Im Unterschied zu den Vorgaben der DIN 12791 wurde eine verkürzte Händewaschung von 15 s durchgeführt. Weber et al. wiesen 2003 in einer Untersuchung nach, dass diese Zeit ausreicht, um eine signifikante Sporenverminderung zu erreichen. Eine Waschzeit von 30 s oder 60 s verbessert die Ergebnisse nicht (73). Auf die bakteriozide Wirkung von alkoholischen Händedesinfektionsmitteln hat eine Händewaschung keinen positiven, sondern im Gegenteil tendentiell einen negativen Einfluss, weil das Händewaschen zu einem Anstieg der Hauthydratation führt. Durch den Verdünnungseffekt der Alkohole wird deren Wirksamkeit reduziert (32). Ebenfalls aus diesem Grund wurde zwischen dem Waschen der Hände und der Durchführung der chirurgischen Händedesinfektion eine Trocknungszeit von 10 min eingehalten, weil diese Zeitspanne für die Normalisierung der Hydratation benötigt wird (32).

Nicht standardisiert wurde die Zeit des Abspülens der Seife während des Händewaschens. Das erfolgte so lange, bis keine Seifenreste mehr sichtbar

waren. Auch nicht möglich war die genaue Festlegung der Zeit für das Verteilen des Biosorbs auf den Händen, da die Creme bei den einzelnen Probanden unterschiedlich schnell trocknete. Die Creme wurde so lange verrieben, bis die Hände der Probanden trocken waren. Das dauerte ungefähr 15 s bis 20 s.

Alle anderen Versuchsanteile wurden, wie unter 2.2.5 Versuchsdurchführung (S.32 ff.) beschrieben, standardisiert durchgeführt.

Ein Problem des Versuchsaufbaus ist vermutlich die Bestimmung beider Nachwerte von je beiden Händen. Die DIN EN 12791 gibt vor, von einer Hand den Nachwert für die Sofortwirkung und von der anderen Hand den Nachwert für die Langzeitwirkung abzunehmen. Dass von den Fingerspitzen der Hand, an der der Sofortwert genommen wird, auch ein Langzeitwert bestimmt wurde, könnte die unerwartet niedrigen Langzeitwerte erklären, da bei der Sofortwertnahme die noch an den Fingerspitzen befindlichen Mikroorganismen „herausgeknetet“ wurden und so ihre Zahl noch weiter verringert worden sein könnte. Hinzu kommt, dass die Fingerspitzen nach der Abnahme des Sofortwerts mit einer Kompresse abgetupft wurden, um Reste der CSL zu entfernen. In den Vorversuchen hatte sich gezeigt, dass eine Trocknung an der Luft zu lange gedauert hätte, um eine Kontamination bis zum Anziehen der Handschuhe sicher zu vermeiden. Auch hierdurch könnten noch an den Fingerspitzen befindliche Mikroorganismen entfernt worden sein.

Allerdings besteht dieses Problem für den Versuchsdurchlauf mit Verwendung von Biosorb in gleicher Weise wie für den Durchlauf ohne Verwendung von Biosorb, so dass die Vergleichbarkeit der Werte miteinander nicht beeinträchtigt wurde.

Um Fehler durch Einflüsse des verwendeten Materials zu verhindern, wurden während der Versuche keine Änderungen diesbezüglich vorgenommen. Die OP-Handschuhe, die während der 90 min zwischen der Abnahme der

beiden Nachwerte getragen wurden, waren von der gleichen Firma und vom gleichen Typ. Auch trugen die Probanden in beiden Durchgängen Handschuhe der gleichen Größe. Die Vorgaben der DIN EN 12791, die sterile, nicht gepuderte, in der invasiven Chirurgie eingesetzte Handschuhe aus Latexkautschuk, die keine antimikrobiellen Wirkungen aufweisen fordert, wurden erfüllt (55).

Nach dem Ausziehen wurden die Handschuhe durch Füllung mit Wasser auf ihre Dichtigkeit geprüft bzw. die Dichtigkeit zeigte sich beim Einfüllen der Spüllösung. Dabei wies nur ein Handschuh eine Perforation am Mittelfinger auf (Proband Nr. 4, Hand A).

Dass die Perforationsrate chirurgischer Handschuhe durch Biosorb nicht beeinflusst wird, zeigte eine andere Studie, in der unter anderem die Perforationsraten von Handschuhen mit und ohne Verwendung von Biosorb verglichen wurden (59).

Sowohl für die Zwirnhandschuhe als auch für das Biosorb konnte in einem vor den Versuchen durchgeführten Hemmtest keine antimikrobielle Eigenwirksamkeit nachgewiesen werden, so dass von dieser Seite eine Beeinflussung der Versuchsergebnisse auszuschließen ist.

Zwei im Versuchsablauf erhobene Werte wurden für die Berechnung der Reduktionsfaktoren nicht berücksichtigt. Dabei handelte es sich um die KbE-Zahlen der Agarplatten, die mit 0,5 ml der Probenlösung zur Bestimmung der Nachwerte für die Sofortwirkung bzw. der Nachwerte für die Langzeitwirkung beimpft wurden. Durch die relativ große Menge an Flüssigkeit auf der Platte fand zum Teil kein Bakterienwachstum statt oder die Kolonien waren „verlaufen“ und so nicht sicher voneinander abzugrenzen. Da von jeder Probe eine andere auswertbare Verdünnungsstufe vorlag, wurde auf die Verwendung dieser unsicheren Werte verzichtet.

### 3.1.2 Ergebnisse

Als ein Ziel dieser Arbeit sollte experimentell untersucht werden, ob die Verwendung von Biosorb einen Einfluss auf die Langzeitwirkung der chirurgischen Händedesinfektion hat.

Bei Biosorb handelt es sich um eine sterile Handcreme. Hauptbestandteile sind Maisstärke und Ethanol. Sie wird von chirurgischem Personal zwischen der chirurgischen Händedesinfektion und dem Anlegen von sterilen OP-Handschuhen verwendet, um Flüssigkeitsreste von den Händen zu entfernen und so das Anziehen der Handschuhe zu erleichtern. Da von einigen Verwendern der Eindruck geäußert wurde, dass durch die Anwendung von Biosorb eine Reduktion der Handschweißproduktion während des Handschuhtragens zu erreichen sei, wurde zusätzlich untersucht, ob sich dieses subjektive Empfinden unter standardisierten Bedingungen bestätigen lässt.

Für die Untersuchung der Langzeitwirkung der chirurgischen Händedesinfektion wurden die Reduktionsfaktoren für die Langzeitwirkung ohne bzw. mit Verwendung von Biosorb verglichen. Dabei wurde bei jedem Probanden die Veränderung der Koloniezahlen an den Fingerkuppen und an der gesamten Hand untersucht und getrennt ausgewertet.

Bei der statistischen Auswertung der Reduktionsfaktoren bzw. der Koloniezahlen ergab sich weder für die von den Fingerspitzen, noch für die von der ganzen Hand entnommenen Proben ein signifikanter Unterschied. Demzufolge hat die Anwendung von Biosorb keinen Einfluss auf die Langzeitwirkung der chirurgischen Händedesinfektion.

Die in den Handschuhen gebildete Handschweißmenge wurde durch Differenzwägung eines zusätzlich getragenen Zwirnhandschuhs ermittelt und die Werte ohne bzw. mit Verwendung von Biosorb verglichen.

Auch hier wurde kein statistisch signifikanter Unterschied für die Menge der gebildeten Flüssigkeit gefunden, so dass davon auszugehen ist, dass die



Verwendung von Biosorb keinen Einfluss auf die Handschweißproduktion während des Tragens chirurgischer Handschuhe hat.

Damit ergibt sich die Frage, ob die Verwendung von Biosorb trotzdem gerechtfertigt oder sogar sinnvoll ist.

Bei 10 der 26 an dieser Studie teilnehmenden Probanden konnte eine geringere Schweißproduktion bei Verwendung von Biosorb nachgewiesen werden. Also ist es möglich, dass bei einem Teil der Anwender subjektiv ein besseres Trageempfinden der OP-Handschuhe impliziert wird. Das könnte auf der Beeinflussung von Hautparametern beruhen, die in der vorliegenden Studie nicht untersucht werden konnten. Da Biosorb die Wirksamkeit der chirurgischen Händedesinfektion nicht beeinflusst hat, spricht aus diesem Gesichtspunkt nichts gegen die Verwendung des Produkts.

Allerdings muss im Zusammenhang mit der Anwendung von Biosorb die Problematik der Verwendung von Maisstärkepulver im Rahmen eines operativen Eingriffs diskutiert werden.

Nachdem das anfangs zum Pudern der Handschuhe verwendete Talkum durch das Auftreten von Talkumgranulomen nach Laparotomien in die Kritik geriet, wurde es in den 1940er Jahren durch Maisstärke ersetzt. Doch die darin gesetzten Hoffnungen erfüllten sich nicht, denn auch hier wurde die Bildung von Granulomen nach intraperitonealen Eingriffen beschrieben. 1960 führte Myers den Begriff der „granulomatösen Peritonitis durch Stärke“ ein (18). Zu den klinischen Symptomen, die 10 d bis 4 Wochen nach einem intraperitonealen chirurgischen Eingriff auftraten, gehörten abdominale Schmerzen, Erbrechen, Blähungen und leichtes Fieber (16, 18, 34, 58). Im Blutbild zeigten sich erhöhte Leukozytenzahlen (58); auf Röntgenaufnahmen waren geblähte Darmschlingen erkennbar (18). Die Entwicklung eines ausgeprägten funktionellen Ileus war möglich (34). Bei Relaparotomie wurden auf der Oberfläche des Peritoneums verteilte Knötchen, knotige

Verdickungen des Omentum, Aszites und Verwachsungen beschrieben. In Biopsien der Granulome und in der Aszitesflüssigkeit konnte Stärke nachgewiesen werden (18, 34, 58). Im Rahmen einer Studie wurden während 20 Laparotomien, bei denen gepuderte Handschuhe verwendet wurden, Netzbiopsien entnommen. In allen Fällen konnte eine Stärkekontamination nachgewiesen werden (18).

Zunächst unklar war, warum bei Frauen ohne vorangegangene Laparotomie Stärkegranulome gefunden wurden. Paine und Smith stellten 1957 diesbezüglich die These auf, dass das Puder nach vaginaler Untersuchung mit gepuderten Handschuhen durch retrograde Migration in das Peritoneum gelangt. An Kaninchen wurde diese Vermutung experimentell bestätigt (18). Daraufhin wurde in einer weiteren Studie eine Gruppe Frauen präoperativ vaginal mit gepuderten Handschuhen und eine andere Gruppe mit ungepuderten Handschuhen untersucht. Intraoperativ genommene Abstriche zeigten eine signifikant höhere Stärkekontamination bei den Frauen, bei denen die Untersuchung mit gepuderten Handschuhen erfolgt war (66).

Eine weitere gut belegte Komplikation durch Puderkontamination ist die postoperative Ausbildung von Adhäsionen (58). An Ratten wurde in experimentellen Studien gezeigt, dass es nach Laparotomie mit Verwendung von gepuderten Handschuhen zu signifikant stärkerer Adhäsionsausbildung kommt als bei Verwendung ungepudelter Handschuhe (15, 56, 72). In einer der Studien wurde zusätzlich die Kontamination mit purer Stärke der Kontamination mit weiteren Handschuhbestandteilen gegenübergestellt, wodurch nachgewiesen werden konnte, dass die Stärke tatsächlich die Hauptursache für die Entstehung der Verwachsungen war (72).

Der Mechanismus ist nicht endgültig geklärt; vermutet werden eine Fremdkörperreaktion, die zur Verminderung der Fibrinolyse und damit zu einer Störung der Balance zwischen Fibrinanlagerung und -abbau führt, sowie eine Leukozytenaktivierung mit Ausschüttung verschiedener Cytokine (16, 58).

Beschwerden durch Adhäsionen sind der Grund für 2% der stationären Behandlungen von Patienten in der Allgemeinchirurgie (56). Zu diesen gehören chronische Schmerzen, Darmobstruktion bis hin zum Ileus und Infertilität bei Frauen (15, 58, 66, 72). Komplizierte Eingriffe sind die Folge, was wiederum mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität sowie der Entstehung hoher Kosten einhergeht (56).

Weitere Komplikationen durch Stärkekontamination sind u.a. Meningitis nach Kraniotomie, Synovitis nach orthopädischen Eingriffen, Pleurareaktionen nach intrathorakalen Operationen, Pericardadhäsionen nach Herz-OP und okuläre Reaktionen nach Augenoperationen (14, 18, 58, 71).

Nach kurativer Resektion gastrointestinaler Karzinome sind typische Lokalisationen für die Entstehung eines Rezidivs die Resektionsstellen sowie eine peritoneale Dissemination. Es wird vermutet, dass das auf ein chirurgisches Trauma hin reaktiv gebildete Exsudat die Tumorzellimplantation erleichtert. In einer Studie wurde an Ratten getestet, ob eine Kontamination mit Stärke einen Einfluss auf diesen Prozess hat. Es zeigte sich nach Kontamination eine signifikant erhöhte Tumormasse, was zu der Annahme führte, dass Stärke die Tumorzellimplantation erleichtert und das Tumorzellwachstum fördert (72).

Auch die Wundheilung wird durch die Anwesenheit von Puder beeinflusst. In einer Studie aus dem Jahr 1994 wurde in mit Stärke kontaminierten Wunden eine signifikant höhere Bakterienkonzentration als in nicht kontaminierten Wunden nachgewiesen (16). 1998 konnte bei Meerschweinchen eine Verstärkung der inflammatorischen Wundreaktion durch Stärke mittels Beeinflussung der T-Zell-vermittelten Immunreaktion induziert werden (16). Auch die Narbenbildung verändert sich durch die Anwesenheit von Stärke in der Wunde. Im Rattenmodell wurde die Belastbarkeit von nach Inzision ent-

standenen Narben getestet. Die Ergebnisse belegten, dass die Belastbarkeit der Narben durch Stärkekontamination der Wunde reduziert wird (14).

Sicher kann die Verwendung von mit trockenem Puder versehenen Handschuhen nicht ohne weitere Überprüfung mit der Verwendung von Maisstärke in Form einer Creme gleichgesetzt werden, da diese sich ausschließlich im Inneren des Handschuhs befindet. Ist dieser intakt, wäre eine Kontamination des OP-Feldes mit Stärke unwahrscheinlich.

Da der Schutz durch das Tragen von Handschuhen während einer Operation für Patient und Personal vor allem von der Unversehrtheit der Handschuhe abhängt, wurden zahlreiche Untersuchungen zur Häufigkeit von Perforationen durchgeführt. Tabelle 15 zeigt die Ergebnisse einiger Studien im Überblick.

Eine 1999 durchgeführte Metaanalyse fand Perforationsraten von OP-Handschuhen zwischen 4,6% und 82,5%. Zusammengefasst wurden in den eingeschlossenen Studien 18.376 getragene Handschuhe untersucht und eine mittlere Perforationsrate von 18,2% ermittelt.

In der Auswertung des sogenannten double glovings, d.h. dem Tragen von je 2 Handschuhen übereinander, fanden sich noch Perforationsraten von 0,5% bis 11,5%. Hier wurden insgesamt 4.980 Handschuhe untersucht und eine mittlere Perforationsrate von 4,2% errechnet (41).

Die Untersuchungen kommen zu dem Schluss, dass die Häufigkeit von Beschädigungen der Handschuhe abhängig ist von der OP-Dauer (17, 31, 41, 51, 59) und der Art der Chirurgie. In einer Untersuchung aus dem Jahr 2005/06 wurden Raten von 32,3% für die Kardio- und Thoraxchirurgie, 22,3% für die Gefäßchirurgie, 12,3% - 20,3% für die Abdominalchirurgie und 15,3% für Laparoskopien ermittelt (59). Insgesamt 69% - 89,8% der Perforationen wurden nicht bemerkt (17, 31, 54, 58, 70).

**Tab. 15** Handschuhperforationsraten

<b>Studie</b>	<b>Untersucht wurden</b>	<b>Perforationsraten</b>	<b>unbemerkt</b>	<b>Ø Tragedauer</b>	<b>Art der Chirurgie</b>
<b>Krajč et al. (41)</b>	18.276 Handschuhe (einzeln getragen)	4,6 - 82,5 % (Ø 18,2 %)	nicht erfasst	nicht erfasst	nicht unterschieden
	4.980 Handschuhe (double gloving)	0,5 - 11,5 % (Ø 4,2 %)	nicht erfasst	nicht erfasst	nicht unterschieden
<b>Thomas et al. (70)</b>	396 Handschuhe	17,6 % Chirurgen 13,4 % Assistenten	83,3 %	125,5 min.	Allgemeinchirurgie
<b>Eklund et al. (17)</b>	200 Paare	48 %	69 %	nicht erfasst	nicht unterschieden
<b>Misteli et al. (51)</b>	4147 Eingriffe	Perforationen bei 16,3 % der Eingriffe	nur bemerkte ausgewertet	nicht erfasst	Viszeral-, Gefäßchirurgie, Traumatologie
<b>Partecke et al. (59)</b>	898 Paare	19 %	nicht erfasst	130 min.	Kardio-, Thorax-, Gefäß-, Abdominalchirurgie, Laparoskopien
<b>Harnoss et al. (31)</b>	128 äußere Handschuhe 122 innere Handschuhe	21,1 % der äußeren 14,8 % der inneren	82,2 %	128 min.	Laparotomien

In einer Versuchsreihe wurde experimentell nachgewiesen, dass von nicht desinfizierten Händen  $10^3$  bis  $10^4$  KbE durch eine Handschuhläsion in eine Wunde gelangen können (44). Ist ein Durchtritt von Bakterien durch Handschuhläsionen möglich, ist davon auszugehen, dass eine Übertragung von Stärke von den Händen der Operateure in einem solchen Fall ebenfalls möglich wäre.

Im Anbetracht der aufgezeigten Risiken durch eine Kontamination des OP-Gebietes mit Maisstärke und der im Gesamtmittel nicht nachweisbaren Reduktion der Schweißbildung durch Biosorb ist dessen Anwendung nicht mehr zu empfehlen.

### **3.2 Schlussfolgerung**

Die chirurgische Händedesinfektion nimmt in der Vermeidung postoperativer Wundinfektionen eine Schlüsselposition ein. Daher ist es wichtig, verwendete Hautschutz- oder Hautpflegeprodukte auf ihren möglichen Einfluss auf die Wirksamkeit der Händedesinfektion zu untersuchen. In dieser Studie konnte nachgewiesen werden, dass Biosorb keinen Einfluss auf die Langzeitwirkung der chirurgischen Händedesinfektion hat.

Zusätzlich sollte untersucht werden, ob Biosorb eine Verminderung der Handschweißproduktion während des Tragens von Handschuhen bewirkt. Da Feuchtarbeit ein wichtiger Faktor in der Entstehung von Hautschädigungen ist, würde das für eine hautprotektive Wirkung des Produktes sprechen. Ein solcher Einfluss konnte in dieser Studie jedoch nicht nachgewiesen werden.

Insgesamt ergibt sich auf Grund der Ergebnisse der vorliegenden Studie kein Vorteil durch die Anwendung von Biosorb, so dass auf Grund der möglichen Nebenwirkungen bei Kontamination des OP-Gebietes durch die im

Biosorb enthaltende Maisstärke auf den weiteren Einsatz von Biosorb verzichtet werden sollte.

#### **4. Zusammenfassung**

Durch die chirurgische Händedesinfektion soll eine möglichst effektive Verminderung der Koloniezahlen der Hände des chirurgischen Personals vor Durchführung eines operativen Eingriffs erreicht werden. Alle zusätzlich verwendeten Produkte sollten auf einen Einfluss auf die Händedesinfektion untersucht werden, um eine abschwächende Wirkung auszuschließen.

Biosorb ist eine Handcreme, die von chirurgischem Personal nach dem Desinfizieren der Hände verwendet wird, um Flüssigkeitsreste aufzunehmen und so das Anlegen der OP-Handschuhe zu erleichtern. Hauptbestandteile des Produktes sind Ethanol und Maisstärke. In der vorliegenden Studie wurde Biosorb auf einen Einfluss auf die Langzeitwirkung der chirurgischen Händedesinfektion untersucht. Ebenfalls untersucht wurde, ob ein Einfluss auf die Handschweißproduktion im Handschuh durch die Anwendung von Biosorb nachweisbar ist. Dieses könnte die Gefahr von Hautschäden durch das im Handschuh herrschende feuchte Milieu vermindern.

Es konnte in der vorliegenden mit 26 Probanden durchgeführten Studie nach 90 minütigem Handschuhtragen kein Effekt auf die Bakterienzahlen der Hände durch die Verwendung von Biosorb nachgewiesen werden. Auch die Menge des im Handschuh gebildeten Handschweißes wurde durch Biosorb nicht beeinflusst.

Da eine Kontamination des OP-Gebiets mit der im Biosorb enthaltenen Maisstärke u.a. zu stärkeinduzierter Peritonitis, Adhäsionen, Wundheilungsstörungen und Tumorzellwachstum führen kann, sollte die Handcreme auf Grund des nicht nachweisbaren Einflusses auf die Schweißproduktion der Hände nicht mehr verwendet werden.



## **Abstract**

By surgical hand disinfection the bacterial count on the hands of the surgical personnel shall be minimized before any surgical procedure. All additionally used products should be analyzed with regard to their effect on hand disinfection so that an attenuating effect can be ruled out.

Bisorb is a hand lotion which is used by the surgical personnel after disinfecting the hands in order to absorb remaining liquid so that it is easier to put on the surgical gloves. The main components of this product are ethanol and corn starch. In this study, the influence of Bisorb on the long-term effect of surgical hand disinfection was examined. Moreover, it was examined whether an influence on the hand sweat production in the gloves is detectable when using Bisorb. This could reduce the risk of skin damage caused by the moist environment in the gloves.

In this study with 26 test persons, no effect of Bisorb on the bacterial count on the hands could be verified after wearing gloves for 90 minutes. The amount of hand sweat was not influenced by Bisorb either.

Because a contamination of the surgical site with certain components of Bisorb, such as corn starch, can lead to peritonitis (induced by starch), adhesions, wound healing disorders and tumor cell growth, the hand lotion should not be used any longer - also because no influence on the hand sweat production was detectable.

## 5. Literaturverzeichnis

1. Werbeanzeige Biosorb. *J Bone Joint Surg* 1963; 45 - B: XXXII.
2. Achenbach RK. *Hyperhidrosis. Physiologisches und krankhaftes Schwitzen in Diagnose und Therapie*; Darmstadt: Steinkopff, 2004: 1-13, 19.
3. Almeida e Borges LF de, Silva BL, Gontijo Filho PP. Hand washing: changes in the skin flora. *Am J Infect Control* 2007; 35: 417–420.
4. Altmeyer P. *Therapielexikon Dermatologie und Allergologie*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2005: 359.
5. Altmeyer P, Hoffmann K. *Basiswissen Dermatologie*. Herdecke, Bochum: W3L, 2006: 61.
6. Ammon HPT. *Hunnius pharmazeutisches Wörterbuch*. Berlin: de Gruyter, 2004: 300-301, 1208-1209.
7. Arbeitskreis Krankenhaus- und Praxishygiene der AWMF. *S2-Leitlinie Krankenhaushygiene: Händedesinfektion und Händehygiene*. *Hyg Med* 2008; 33 [7/8]: 300-313.  
<http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/029-027.html>
8. Bärwolff S, Sohr D, Geffers C, Brandt C, Vonberg R, Halle H, Rüden H, Gastmeier P. Reduction of surgical site infections after Caesarean delivery using surveillance. *J Hosp Infect* 2006; 64: 156–161.
9. Brandt C, Geffers C, Sohr D, Rüden H, Gastmeier P. Aktuelle Daten des Krankenhaus-Infektions-Surveillance-Systems KISS. (Stand: Dezember 2002). *Epidemiol Bull, Robert Koch Institut* 2003; 36: 290-292.
10. Brandt C, Sohr D, Behnke M, Daschner F, Rüden H, Gastmeier P. Reduction of surgical site infection rates associated with active surveillance. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2006; 27: 1347–1351.
11. Braun-Falco O, Plewig G, Wolff HH, Burgdorf WHC, Landthaler M. *Dermatologie und Venerologie*. Heidelberg: Springer Medizin, 2005: 89-90.

12. Breathnach CS. The centenary of the surgical glove. *J Ir Coll Physicians Surg* 1997; 26: 297–299.
13. Büchel S. *Absorber-Polymere auf Polyoxazolinbasis*. München: Utz, Wiss, 2001: 20-22.
14. Corless DJ, Holland J, Wastell C. Effect of starch-containing glove powder on wound healing in the rat. *Br J Surg* 1995; 82: 368–370.
15. Dwivedi AJ, Kuwajerwala NK, Silva YJ, Tennenberg SD. Effects of surgical gloves on postoperative peritoneal adhesions and cytokine expression in a rat model. *Am J Surg* 2004; 188: 491–494.
16. Edlich RF, Long WB, Gubler DK, Rodeheaver GT, Thacker JG, Borel L, Chase ME, Fisher AL, Mason SS, Lin KY, Cox MJ, Zura RD. Dangers of cornstarch powder on medical gloves: seeking a solution. *Ann plast surg* 2009; 63: 111–115.
17. Eklund AM, Ojajärvi J, Laitinen K, Valtonen M, Werkkala KA. Glove punctures and postoperative skin flora of hands in cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2002; 74: 149–153.
18. Ellis H. Evolution of the surgical glove. *J Am Coll Surg* 2008; 207: 948–950.
19. Ellsäßer S. *Körperpflegekunde und Kosmetik*. Berlin: Springer, 2008: 18, 23.
20. Forrester BG, Roth VS. Hand dermatitis in intensive care units. *J Occup Environ Med* 1999; 40: 881–885.
21. Fritsch P. *Dermatologie, Venerologie*. Berlin: Springer, 2004: 246-248.
22. Gao Z, Tseng C, Pei Z, Blaser MJ. Molecular analysis of human forearm superficial skin bacterial biota. *Proc Natl Acad Sci USA* 2007; 104: 2927–2932.
23. Gastmeier P. Zur Entwicklung nosokomialer Infektionen im Krankenhausinfektions-Surveillance-System (KISS). *Epidemiol Bull, Robert Koch Institut*, 2011; 5: 35-37.
24. Gastmeier P, Brandt C, Sohr D, Babikir R, Mlageni D, Daschner F, Rüdten H. Surgical site infections in hospitals and outpatient settings. Re-

- sults of the German nosocomial infection surveillance system (KISS). *Bgbl Gesundheitsforsch Gesundheitssch* 2004; 47: 339–344.
25. Gastmeier P, Brandt C, Sohr D, Rüden H. Responsibility of surgeons for surgical site infections. *Chirurg* 2006; 77: 506–511.
  26. Gastmeier P, Geffers C. Nosocomial infections in Germany. What are the numbers, based on the estimates for 2006? *Dtsch Med Wochenschr* 2008; 133: 1111–1115.
  27. Gastmeier P, Geffers C. Surveillance nosokomialer Infektionen: Die Erfahrungen des Krankenhaus-Infektions-Surveillance-Systems (KISS). *Epidemiol Bull, Robert Koch Institut* 2008; 45: 385-388.
  28. Gastmeier P, Sohr D, Schwab F, Behnke M, Zuschneid I, Brandt C, Dettenkofer M, Chaberny IF, Rüden H, Geffers C. Ten years of KISS: the most important requirements for success. *J Hosp Infect* 2008; 70 Suppl 1: 11–16.
  29. Geffers C, Rüden H, Gastmeier P. Nosokomiale Infektionen. *Gesundheitsberichterstattung - Themenhefte*, Robert Koch Institut 2002; 8: 1-12.
  30. Hahn H, Klein P, Vogt K, Hahn-Falke-Kaufmann-Ullmann. *Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie*. Heidelberg: Springer, 2005: 35-38.
  31. Harnoss J, Partecke L, Heidecke C, Hübner N, Kramer A, Assadian O. Concentration of bacteria passing through puncture holes in surgical gloves. *Am J Infect Control* 2010; 38: 154–158.
  32. Hübner N, Kampf G, Löffler H, Kramer A. Effect of a 1 min hand wash on the bactericidal efficacy of consecutive surgical hand disinfection with standard alcohols and on skin hydration. *Int J Hyg Environ Health* 2006; 209: 285–291.
  33. Jones A. Bare below the elbows: a brief history of surgeon attire and infection. *BJU Int* 2008; 102: 665–666.
  34. Juaneda I, Moser F, Eynard H, Diller A, Caeiro E. Granulomatous peritonitis due to the starch used in surgical gloves. *Medicina (B Aires)* 2008; 68: 222–224.

35. Kappstein I, Schulgen G, Waninger J, Daschner F. Microbiological and economic studies of abbreviated procedures for surgical hand disinfection. *Chirurg* 1993; 64: 400–405.
36. Kieć-Swierczyńska M, Chomiczewska D, Krecisz B. Wet work. *Med Pr* 2010; 61: 65–77.
37. Kielan W, Lazarkiewicz B, Grzebieniak Z, Skalski A, Zukrowski P. Jan Mikulicz-Radecki: one of the creators of world surgery. *Keio J Med* 2005; 54: 1–7.
38. Kirkland KB, Briggs JP, Trivette SL, Wilkinson WE, Sexton DJ. The impact of surgical-site infections in the 1990s: attributable mortality, excess length of hospitalization, and extra costs. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1999; 20: 725–730.
39. Klischies R. *Hygiene und medizinische Mikrobiologie*. Stuttgart: Schattauer, 2004: 137-147, 214, 228-235.
40. Kownatzki E. Hand hygiene and skin health. *J Hosp Infect* 2003; 55: 239–245.
41. Kralj N, Beie M, Hofmann F. Surgical gloves--how well do they protect against infections? *Gesundheitswes* 1999; 61: 398–403.
42. Kramer A. *Hygiene. Prüfungswissen für Pflege- und Gesundheitsfachberufe*. München: Elsevier Urban Fischer, 2005: 75-76.
43. Kramer A. *Klinische Antiseptik*. Berlin: Springer, 1993: 97-103.
44. Kramer A, Hübner N, Assadian O. Anforderungen an die chirurgische Händedesinfektion und verändertes Prozedere. *GMS Krankenhaushygiene Interdisziplinär*, 2007; 2(2):Doc55 (20071228).
45. Kramer A, Jünger M, Kampf G. Hygienic and dermatologic aspects of hand disinfection and prophylactic skin antisepsis. *Hautarzt* 2005; 56: 743–75.
46. Kugler P. *Zelle, Organ, Mensch. Bau Funktion und Krankheiten*. München: Elsevier Urban Fischer, 2006: 484.
47. Larson EL, Hughes CA, Pyrek JD, Sparks SM, Cagatay EU, Bartkus JM. Changes in bacterial flora associated with skin damage on hands of health care personnel. *Am J Infect Control* 1998; 26: 513–521.

48. Mahmood MS, Hurley M, Wilson I, Farrell P. Historical background of antiseptic surgery. *Ir Med J* 2001; 94: 122–123.
49. Manniën J, van den Hof S, Brandt C, Behnke M, Wille JC, Gastmeier P. Comparison of the National Surgical Site Infection surveillance data between The Netherlands and Germany: PREZIES versus KISS *J Hosp Infect* 2007; 66: 224–231.
50. Marenbach D. *Untersuchung zur Verteilung von Bakterien in der menschlichen Haut*. Dissertation Charité - Universitätsmedizin Berlin, 2007.
51. Misteli H, Weber WP, Reck S, Rosenthal R, Zwahlen M, Fueglistaler P, Bolli MK, Oertli D, Widmer AF, Marti WR. Surgical glove perforation and the risk of surgical site infection. *Arch Surg* 2009; 144: 553-558; discussion 558.
52. Newsom SW. Pioneers in infection control. Ignaz Philipp Semmelweis. *J Hosp Infect* 1993; 23: 175–187.
53. Newsom SWB. Pioneers in infection control-Joseph Lister. *J Hosp Infect* 2003; 55: 246–253.
54. Nicolai P, Aldam CH, Allen PW. Increased awareness of glove perforation in major joint replacement. A prospective, randomised study of Regent Biogel Reveal gloves. *J Bone Joint Surg Br* 1997; 79: 371–373.
55. Normenausschuss Medizin (NAMed) im DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.). *Chemische Desinfektionsmittel und Antiseptika - Chirurgische Händedesinfektionsmittel - Prüfverfahren und Anforderungen (Phase 2 / Stufe 2); Deutsche Fassung EN 12791: 2005*.
56. Numanoğlu V, Cihan A, Salman B, Uçan BH, Cakmak GK, Cesur A, Balbaloğlu H, İlhan MN. Comparison between powdered gloves, powder-free gloves and hyaluronate/carboxymethylcellulose membrane on adhesion formation in a rat caecal serosal abrasion model. *Asian J Surg* 2007; 30: 96–101.
57. Oldhafer K, Jürs U, Kramer A, Hausham J, Weist K, Mielke M. Prävention postoperativer Infektionen im Operationsgebiet. *Bgbl Gesundheitsforsch Gesundheitssch* 2007; 50: 377–393.

58. Osman MO, Jensen SL. Surgical gloves: current problems. *World J Surg* 1999; 23: 630-637; discussion 637.
59. Partecke LI, Goerdts A, Langner I, Jaeger B, Assadian O, Heidecke C, Kramer A, Huebner N. Incidence of microperforation for surgical gloves depends on duration of wear. *ICHE* 2009; 30: 409–414.
60. Rankin JS. William Stewart Halsted: a lecture by Dr. Peter D. Olch. *Ann Surg* 2006; 243: 418–425.
61. Ring ME. A dentist led the way to prevent infection. *NY State Dent J* 2009; 75: 49–51.
62. Rocha LA, Ferreira Almeida E, Borges L de, Gontijo Filho PP. Changes in hands microbiota associated with skin damage because of hand hygiene procedures on the health care workers. *Am J Infect Control* 2009; 37: 155–159.
63. Rutkow IM. The surgeon's glove. *Arch Surg* 1999; 134: 223.
64. Schauder P. *Ernährungsmedizin. Prävention und Therapie*. München: Elsevier Urban Fischer, 2006: 121.
65. Shin K, Nakano M, Yamauchi K, Toida T, Iwatsuki K. Antibacterial activity of the lactoperoxidase system combined with edible Laminaria hot-water extract as a source of halide ions. *Biosci Biotechnol Biochem* 2012; 76: 404–406.
66. Sjösten ACE, Ellis H, Edelstam GAB. Retrograde migration of glove powder in the human female genital tract. *Hum Reprod* 2004; 19: 991–995.
67. Spirling LI, Daniels IR. William Stewart Halsted - surgeon extraordinaire: a story of 'drugs, gloves and romance'. *Royal Soc Promot Health* 2002; 122: 122–124.
68. Steinbrecher E, Sohr D, Hansen S, Nassauer A, Daschner F, Rüden H, Gastmeier P. Surveillance of postoperative wound infections: reference data of the Hospital Infection Surveillance System (KISS). *Chirurg* 2002; 73: 76–82.
69. Tan SY, Brown J. Ignac Philipp Semmelweis (1818-1865): handwashing saves lives. *Singapore Med J* 2006; 47: 6–7.

70. Thomas S, Agarwal M, Mehta G. Intraoperative glove perforation -single versus double gloving in protection against skin contamination. *Postgrad Med J* 2001; 77: 458–460.
71. Truscott W. Glove powder reduction and alternative approaches. *Methods* 2002; 27: 69–76.
72. van den Tol MP, Haverlag R, van Rossen ME, Bonthuis F, Marquet RL, Jeekel J. Glove powder promotes adhesion formation and facilitates tumour cell adhesion and growth. *Br J Surg* 2001; 88: 1258–1263.
73. 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: 1274–1277.
74. Weineck J. *Sportbiologie*. Balingen: Spitta, 2010: 731-732.
75. Wetzky U, Bock M, Wulfhorst B, John SM. Short- and long-term effects of single and repetitive glove occlusion on the epidermal barrier. *Arch. Dermatol. Res.* 2009; 301: 595–602.
76. Whitehouse JD, Friedman ND, Kirkland KB, Richardson WJ, Sexton DJ. The impact of surgical-site infections following orthopedic surgery at a community hospital and a university hospital: adverse quality of life, excess length of stay, and extra cost. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2002; 23: 183–189.
77. Wulfhorst B, Schwanitz HJ, Bock M. Optimizing skin protection with semipermeable gloves. *Dermatitis* 2004; 15: 184–191.
78. Yamaguchi Y, Semmel M, Stanislawski L, Strosberg AD, Stanislawski M. Virucidal effects of glucose oxidase and peroxidase or their protein conjugates on human immunodeficiency virus type 1. *Antimicrob. Agents Chemother* 1993; 37: 26–31.
79. Zajaczkowski T. Johann Anton von Mikulicz-Radecki (1850-1905) - a pioneer of gastroscopy and modern surgery: his credit to urology. *World J Urol* 2008; 26: 75–86.



80. Zdravković D, Bilanović D, Dikić S, Zdravković M, Milinić N. William Stewart Halsted - 110 years of the use of surgical gloves. *Med Pregl* 2007; 60: 405–408.

## 6. Anhang

### Tabellen

**Tab. A1** Anzahl der Koloniebildenden Einheiten (KbE) je Platte bei chirurgischer Händedesinfektion ohne zusätzliche Verwendung von Biosorb (Referenzverfahren), Werte der Fingerspitzen (Nachwerte für die Langzeitwirkung Hand B)

Nr.	Hand	VW		NW (SW)		NW (LW) B		
		$10^{-2}$	$10^{-3}$	0,5	$10^{-1}$	0,5	$10^{-1}$	$10^{-2}$
1	d nd	<b>83 / 60</b> <b>82 / 46</b>	7 / 10 18 / 10	0 / 0	<b>0 / 0</b>	9 / 8	<b>11 / 9</b>	0 / 0
2	d nd	<b>41 / 65</b> <b>40 / 44</b>	3 / 5 1 / 2	18 / 21	<b>13 / 9</b>	1 / 14	<b>6 / 8</b>	1 / 1
3	d nd	<b>14 / 4</b> <b>11 / 7</b>	n.a. / 0 0 / 0	0 / 0	<b>0 / 4</b>	1 / 0	<b>1 / 1</b>	1 / 0
4	d nd	<b>64 / 44</b> n.z. / n.z.	4 / 14 <b>30 / 34</b>	0 / 0	<b>1 / 0</b>	4 / 3	<b>0 / 0</b>	0 / 0
5	d nd	<b>192 / 264</b> <b>55 / 51</b>	<b>25 / 33</b> 3 / 5	5 / 3	<b>1 / 3</b>	15 / 13	<b>11 / 23</b>	1 / 1
6	d nd	<b>0 / 2</b> <b>7 / 6</b>	0 / 0 0 / 1	0 / 0	<b>0 / 0</b>	0 / 2	<b>3 / 0</b>	0 / 0
7	d nd	n.z. / 500 n.z. / 764	<b>57 / 51</b> <b>60 / 57</b>	24 / 37	<b>16 / 18</b>	22 / 26	<b>28 / 16</b>	2 / 0
8	d nd	<b>157 / 127</b> <b>71 / 74</b>	13 / 14 8 / 6	3 / 1	<b>2 / 1</b>	0 / 4	<b>3 / 0</b>	0 / 0
9	d nd	<b>39 / 42</b> <b>178 / 165</b>	2 / 5 16 / 7	0 / 0	<b>0 / 0</b>	0 / 0	<b>1 / 0</b>	0 / 3
10	d nd	<b>277 / 247</b> 479 / 531	<b>30 / 31</b> <b>52 / 50</b>	n.z. / 763	<b>73 / 5</b>	37 / 39	<b>37 / 30</b>	2 / 3
11	d nd	<b>190 / 185</b> <b>165 / 151</b>	<b>16 / 24</b> 19 / 5	0 / 0	<b>0 / 0</b>	38 / 26	<b>9 / 20</b>	1 / 2
12	d nd	<b>91 / 114</b> <b>79 / 124</b>	11 / 8 13 / 18	0 / 0	<b>0 / 0</b>	n.a. / n.a.	<b>3 / 4</b>	1 / 0
13	d nd	<b>89 / 123</b> 301 / 321	12 / 11 <b>29 / 41</b>	1 / 7	<b>2 / 2</b>	5 / 5	<b>3 / 3</b>	1 / 0
14	d nd	<b>188 / 212</b> <b>158 / 148</b>	<b>22 / 18</b> 10 / 13	23 / 23	<b>27 / 11</b>	9 / 23	<b>19 / 17</b>	2 / 0
15	d nd	<b>0 / 2</b> <b>1 / 2</b>	2 / 0 0 / 1	10 / 40	<b>17 / 1</b>	1 / 0	<b>0 / 0</b>	0 / 0
16	d nd	<b>57 / 71</b> <b>31 / 31</b>	3 / 2 3 / 2	3 / 2	<b>0 / 0</b>	n.a. / 167	<b>80 / 70</b>	6 / 3

**Tab. A1 (Fortsetzung)** Anzahl der Koloniebildenden Einheiten (KbE) je Platte bei chirurgischer Händedesinfektion ohne zusätzliche Verwendung von Biosorb (Referenzverfahren), Werte der Fingerspitzen (Nachwerte für die Langzeitwirkung Hand B)

Nr.	Hand	VW		NW (SW)		NW (LW) B		
		10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	0,5	10 <sup>-1</sup>	0,5	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>
17	d nd	<b>240 / 256</b> <b>164 / 162</b>	<b>23 / 21</b> 12 / 16	0 / 0	<b>0 / 0</b>	13 / 7	<b>9 / 4</b>	0 / 2
18	d nd	<b>230 / 252</b> <b>185 / 302</b>	<b>28 / 17</b> <b>21 / 22</b>	1 / 0	<b>0 / 1</b>	9 / 6	<b>2 / 5</b>	1 / 1
19	d nd	<b>49 / 33</b> <b>130 / 129</b>	3 / 3 15 / 12	0 / 0	<b>0 / 0</b>	1 / 3	<b>8 / 6</b>	1 / 0
20	d nd	n.a./ n.a. 440 / 340	<b>31 / 33</b> <b>35 / 28</b>	2 / 0	<b>0 / 1</b>	n.a./ 4	<b>0 / 0</b>	0 / 1
21	d nd	<b>5 / 6</b> <b>10 / 9</b>	0 / 2 1 / 4	0 / 0	<b>0 / 0</b>	1 / 2	<b>2 / 4</b>	5 / 0
22	d nd	<b>120 / 60</b> <b>120 / 109</b>	10 / 4 11 / 14	0 / 3	<b>1 / 1</b>	41 / 23	<b>49 / 17</b>	5 / 0
23	d nd	<b>21 / 18</b> <b>30 / 27</b>	1 / 2 0 / 0	0 / 0	<b>0 / 0</b>	10 / 9	<b>5 / 19</b>	0 / 0
24	d nd	n.a./ <b>194</b> 522 / 413	<b>27 / 29</b> <b>52 / 77</b>	26 / 54	<b>77 / 78</b>	81 / 79	<b>131 / 106</b>	12 / 13
25	d nd	<b>21 / 46</b> <b>47 / 50</b>	1 / 4 10 / 5	1 / 0	<b>0 / 1</b>	0 / 0	<b>1 / 0</b>	0 / 0
26	d nd	n.z./ n.z. n.z./ n.z.	<b>173 / n.a.</b> <b>90 / 85</b>	16 / 8	<b>8 / 5</b>	44 / 33	<b>30 / 39</b>	1 / 0

d = Bestimmung der Werte an der dominanten Hand

nd = Bestimmung der Werte an der nicht dominanten Hand

VW = Vorwert

NW (SW) = Nachwert für die Sofortwirkung

NW (LW) B = Nachwert für die Langzeitwirkung Hand B (Werte der Fingerspitzen)

n.z. = nicht zählbar

n.a. = nicht auswertbar

Die **fettgedruckten** Werte wurden für die weiteren Berechnungen verwendet.

**Tab. A2** Berechnete Vor- und Nachwerte für die chirurgische Händedesinfektion ohne zusätzliche Verwendung von Biosorb (Referenzverfahren), Werte der Fingerspitzen (Nachwerte für die Langzeitwirkung Hand B)

Nr.	Hand	VW	log VW	NW (SW)	log NW (SW)	NW (LW) B	log NW (LW) B
1	d nd	7150 6400	3,85 3,81	0	0,00	100	2,00
2	d nd	5300 4200	3,72 3,62	110	2,04	70	1,85
3	d nd	900 900	2,95 2,95	20	1,30	10	1,00
4	d nd	5400 32000	3,73 4,51	5	0,70	0	0,00
5	d nd	23364 5300	4,37 3,72	20	1,30	170	2,23
6	d nd	100 650	2,00 2,81	0	0,00	15	1,18
7	d nd	54000 58500	4,73 4,77	170	2,23	220	2,34
8	d nd	14200 7250	4,15 3,86	15	1,18	15	1,18
9	d nd	4050 17150	3,61 4,23	0	0,00	5	0,70
10	d nd	26591 51000	4,42 4,71	390	2,59	335	2,53
11	d nd	18864 15800	4,28 4,20	0	0,00	145	2,16
12	d nd	10250 10150	4,01 4,01	0	0,00	35	1,54
13	d nd	10600 35000	4,03 4,54	20	1,30	30	1,48
14	d nd	20000 15300	4,30 4,18	190	2,28	180	2,26
15	d nd	100 150	2,00 2,18	90	1,95	0	0,00
16	d nd	6400 3100	3,81 3,49	0	0,00	750	2,88
17	d nd	24545 16300	4,39 4,21	0	0,00	65	1,81
18	d nd	23955 24091	4,38 4,38	5	0,70	35	1,54
19	d nd	4100 12950	3,61 4,11	0	0,00	70	1,85
20	d nd	32000 31500	4,51 4,50	5	0,70	0	0,00

**Tab. A2 (Fortsetzung)** Berechnete Vor- und Nachwerte für die chirurgische Händedesinfektion ohne zusätzliche Verwendung von Biosorb (Referenzverfahren), Werte der Fingerspitzen (Nachwerte für die Langzeitwirkung Hand B)

Nr.	Hand	VW	log VW	NW (SW)	log NW (SW)	NW (LW) B	log NW (LW) B
21	d nd	550 950	2,74 2,98	0	0,00	30	1,48
22	d nd	9000 11450	3,95 4,06	10	1,00	330	2,52
23	d nd	1950 2850	3,29 3,45	0	0,00	120	2,08
24	d nd	20182 64500	4,30 4,81	775	2,89	1185	3,07
25	d nd	3350 4850	3,53 3,69	5	0,70	5	0,70
26	d nd	173000 87500	5,24 4,94	65	1,81	345	2,54

d = Bestimmung der Werte an der dominanten Hand

nd = Bestimmung der Werte an der nicht dominanten Hand

VW = Vorwert

NW (SW) = Nachwert für die Sofortwirkung

NW (LW) B = Nachwert für die Langzeitwirkung Hand B (Werte der Fingerspitzen)

nicht logarithmierte Werte: Angabe in KbE

Nachwerte von „0“ (log von 0 =  $-\infty$ ) wurden aus rechnerischen Gründen gleich „1“ (log von 1 = 0) gesetzt.

**Tab. A3** Anzahl der Koloniebildenden Einheiten (KbE) je Platte und berechnete Nachwerte für die Langzeitwirkung bei chirurgischer Händedesinfektion ohne zusätzliche Verwendung von Biosorb (Referenzverfahren), Werte der ganzen Hand (Langzeitwirkung Hand A)

Nr.	Hand	KbE NW (LW) A		NW (LW) A	log NW (LW) A
		10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>		
1	d	<b>21 / 31</b>	3 / 2	260	2,41
2	d	<b>11 / 11</b>	0 / 0	110	2,04
3	nd	<b>5 / 5</b>	2 / 2	50	1,70
4	d	<b>3 / 7</b>	1 / 0	50	1,70
5	nd	<b>53 / 26</b>	7 / 6	395	2,60
6	d	<b>2 / 1</b>	0 / 0	15	1,18
7	d	<b>11 / 10</b>	1 / 3	105	2,02
8	d	<b>1 / 1</b>	0 / 0	10	1,00
9	d	<b>10 / 7</b>	1 / 1	85	1,93
10	nd	736 / 787	<b>96 / 83</b>	8950	3,95
11	d	<b>44 / 46</b>	3 / 3	450	2,65
12	nd	<b>23 / 25</b>	4 / 0	240	2,38
13	nd	<b>14 / 20</b>	2 / 0	170	2,23
14	nd	<b>130 / 124</b>	20 / 11	1270	3,10
15	nd	<b>20 / 18</b>	2 / 1	190	2,28
16	d	<b>62 / 69</b>	2 / 7	655	2,82
17	nd	<b>2 / 3</b>	0 / 1	25	1,40
18	nd	<b>6 / 4</b>	6 / 6	50	1,70
19	d	<b>9 / 8</b>	0 / 0	85	1,93
20	nd	(50) / <b>0</b>	1 / 0	0 = 1	0,00
21	d	<b>24 / 24</b>	3 / 1	240	2,38
22	d	<b>28 / 18</b>	0 / 1	230	2,36
23	d	<b>1 / 2</b>	0 / 0	15	1,18
24	nd	<b>5 / 7</b>	4 / 3	60	1,78
25	nd	<b>5 / 6</b>	0 / 1	55	1,74
26	nd	<b>82 / 41</b>	8 / 8	615	2,79

d = Bestimmung der Werte an der dominanten Hand

nd = Bestimmung der Werte an der nicht dominanten Hand

NW (LW) A = Nachwert für die Langzeitwirkung Hand A (Werte der ganzen Hand)

nicht logarithmierte Werte: Angabe in KbE

Nachwerte von „0“ (log von 0 =  $-\infty$ ) wurden aus rechnerischen Gründen gleich „1“ (log von 1 = 0) gesetzt.

Die **fettgedruckten** Werte wurden für die weiteren Berechnungen verwendet.

**Tab. A4** Anzahl der Koloniebildenden Einheiten (KbE) je Platte bei chirurgischer Händedesinfektion mit zusätzlicher Verwendung von Biosorb (Prüfverfahren), Werte der Fingerspitzen (Nachwerte für die Langzeitwirkung Hand B)

Nr.	Hand	VW		NW (SW)		NW (LW) B		
		0,1 (-1)	0,1 (-2)	0,5 (1)	0,1 (1)	0,5 (1)	0,1 (1)	0,1 (-1)
1	d nd	<b>241 / 272</b> 339 / 380	<b>34 / 24</b> <b>49 / 30</b>	1 / 1	<b>0 / 0</b>	13 / 30	<b>7 / 3</b>	1 / 0
2	d nd	<b>26 / 28</b> <b>16 / 25</b>	2 / 0 n.a. / 2	0 / 1	<b>0 / 0</b>	7 / 3	<b>6 / 1</b>	0 / n.a.
3	d nd	<b>12 / 12</b> <b>11 / 12</b>	0 / 0 0 / 2	0 / 0	<b>0 / 0</b>	1 / 3	<b>1 / 0</b>	8 / 1
4	d nd	452 / 327 <b>155 / 252</b>	<b>22 / 25</b> <b>23 / 20</b>	1 / 0	<b>0 / 0</b>	½	<b>2 / 4</b>	1 / 0
5	d nd	<b>154 / 145</b> <b>97 / 134</b>	16 / 13 7 / 4	0 / 0	<b>0 / 1</b>	17 / 22	<b>37 / 46</b>	5 / 3
6	d nd	<b>3 / 2</b> <b>11 / 11</b>	1 / 0 4 / 1	0 / 0	<b>0 / 1</b>	0 / 0	<b>1 / 4</b>	0 / 1
7	d nd	<b>137 / 150</b> <b>140 / 100</b>	9 / 19 10 / 9	4 / 5	<b>4 / 6</b>	n.a. / n.a.	<b>70 / 54</b>	8 / 14
8	d nd	<b>28 / 36</b> <b>43 / 46</b>	4 / 5 1 / 1	30 / 55	<b>37 / 22</b>	1 / 0	<b>0 / 0</b>	0 / 0
9	d nd	<b>68 / 62</b> <b>106 / 164</b>	1 / 6 13 / 14	0 / 2	<b>0 / 0</b>	8 / 9	<b>0 / 2</b>	0 / 1
10	d nd	<b>45 / 61</b> <b>105 / 120</b>	6 / 2 12 / 10	0 / 0	<b>4 / 0</b>	15 / 16	<b>1 / 3</b>	3 / 0
11	d nd	<b>12 / 14</b> <b>48 / 59</b>	1 / 1 6 / 2	0 / 0	<b>0 / 0</b>	1 / 4	<b>1 / 2</b>	1 / 0
12	d nd	<b>196 / 182</b> <b>43 / 38</b>	<b>32 / 26</b> 2 / 4	0 / 0	<b>0 / 0</b>	12 / 13	<b>10 / 12</b>	2 / 3
13	d nd	<b>100 / 96</b> <b>108 / 110</b>	14 / 14 <b>19 / 23</b>	0 / 0	<b>0 / 1</b>	4 / 0	<b>4 / 3</b>	0 / 0
14	d nd	<b>216 / 215</b> <b>131 / 52</b>	<b>31 / 24</b> 9 / 9	160 / 79	<b>63 / 72</b>	13 / 12	<b>9 / 24</b>	2 / 2
15	d nd	<b>2 / 2</b> <b>2 / 0</b>	1 / 0 0 / 0	0 / 0	<b>4 / 0</b>	16 / 3	<b>12 / 9</b>	2 / 0
16	d nd	<b>13 / 8</b> <b>48 / 60</b>	3 / 1 5 / 4	1 / 1	<b>0 / 2</b>	0 / 0	<b>0 / 0</b>	0 / 1
17	d nd	<b>257 / 301</b> 466 / 455	<b>24 / 27</b> <b>71 / 64</b>	0 / 0	<b>0 / 0</b>	n.a. / n.a.	<b>24 / 33</b>	0 / 1
18	d nd	<b>190 / 174</b> <b>160 / 214</b>	<b>21 / 17</b> <b>25 / 25</b>	4 / 3	<b>4 / 1</b>	9 / 13	<b>34 / 20</b>	0 / 1
19	d nd	<b>111 / 65</b> <b>47 / n.a.</b>	12 / 29 12 / 3	0 / 0	<b>0 / 0</b>	1 / 11	<b>16 / 34</b>	2 / 3

**Tab. A4 (Fortsetzung)** Anzahl der Koloniebildenden Einheiten (KbE) je Platte bei chirurgischer Händedesinfektion mit zusätzlicher Verwendung von Biosorb (Prüfverfahren), Werte der Fingerspitzen (Nachwerte für die Langzeitwirkung Hand B)

Nr.	Hand	VW		NW (SW)		NW (LW) B		
		0,1 (-1)	0,1 (-2)	0,5 (1)	0,1 (1)	0,5 (1)	0,1 (1)	0,1 (-1)
21	d	<b>18 / 12</b>	4 / 0	0 / 3	<b>0 / 0</b>	45 / 50	<b>16 / 20</b>	3 / 2
	nd	<b>26 / 26</b>	2 / 1					
22	d	<b>40 / 29</b>	1 / 2	2 / 4	<b>1 / 1</b>	42 / 26	<b>27 / 31</b>	2 / 0
	nd	<b>90 / 65</b>	10 / 3					
23	d	<b>87 / 94</b>	13 / 13	0 / 0	<b>0 / 0</b>	14 / 34	<b>39 / 18</b>	2 / 3
	nd	<b>40 / 46</b>	3 / 7					
24	d	<b>83 / 140</b>	11 / 16	0 / 0	<b>2 / 2</b>	37 / 15	<b>16 / 20</b>	2 / 2
	nd	<b>196 / 120</b>	14 / n.a.					
25	d	<b>95 / 137</b>	8 / 3	3 / 8	<b>3 / 5</b>	28 / 5	<b>28 / 38</b>	1 / 0
	nd	<b>122 / 135</b>	9 / 15					
26	d	n.z./ n.z.	<b>137 / 171</b>	13 / 19	<b>13 / 11</b>	83 / n.a.	<b>82 / 61</b>	6 / 5
	nd	n.z./ n.z.	<b>128 / 133</b>					

d = Bestimmung der Werte an der dominanten Hand

nd = Bestimmung der Werte an der nicht dominanten Hand

VW = Vorwert

NW (SW) = Nachwert für die Sofortwirkung

NW (LW) B = Nachwert für die Langzeitwirkung Hand B (Werte der Fingerspitzen)

n.z. = nicht zählbar

n.a. = nicht auswertbar

Die **fettgedruckten** Werte wurden für die weiteren Berechnungen verwendet.



**Tab. A5** Berechnete Vor- und Nachwerte für die chirurgische Händedesinfektion mit zusätzlicher Verwendung von Biosorb (Prüfverfahren), Werte der Fingerspitzen (Nachwerte für die Langzeitwirkung Hand B)

Nr.	Hand	VW	log VW	NW (SW)	log NW (SW)	NW (LW) B	log NW (LW) B
1	d nd	25955 39500	4,41 4,60	0	0,00	50	1,70
2	d nd	2700 2050	3,43 3,31	0	0,00	35	1,54
3	d nd	1200 1150	3,08 3,06	0	0,00	5	0,70
4	d nd	23500 20455	4,37 4,31	0	0,00	30	1,48
5	d nd	14950 11550	4,17 4,06	5	0,70	415	2,62
6	d nd	250 1100	2,40 3,04	5	0,70	25	1,40
7	d nd	14350 12000	4,16 4,08	50	1,70	620	2,79
8	d nd	3200 4450	3,51 3,65	295	2,47	0	0,00
9	d nd	6500 13500	3,81 4,13	0	0,00	10	1,00
10	d nd	5300 11250	3,72 4,05	20	1,30	20	1,30
11	d nd	1300 5350	3,11 3,73	0	0,00	15	1,18
12	d nd	19818 4050	4,30 3,61	0	0,00	110	2,04
13	d nd	9800 11818	3,99 4,07	5	0,70	35	1,54
14	d nd	22091 9150	4,34 3,96	675	2,83	165	2,22
15	d nd	200 100	2,30 2,00	20	1,30	105	2,02
16	d nd	1050 5400	3,02 3,73	10	1,00	0	0,00
17	d nd	27682 67500	4,44 4,83	0	0,00	285	2,45
18	d nd	18273 19273	4,26 4,28	25	1,40	270	2,43
19	d nd	8800 4700	3,94 3,67	0	0,00	250	2,40
20	d nd	6250 8650	3,80 3,94	0	0,00	0	0,00

**Tab. A5 (Fortsetzung)** Berechnete Vor- und Nachwerte für die chirurgische Händedesinfektion mit zusätzlicher Verwendung von Biosorb (Prüfverfahren), Werte der Fingerspitzen (Nachwerte für die Langzeitwirkung Hand B)

Nr.	Hand	VW	log VW	NW (SW)	log NW (SW)	NW (LW) B	log NW (LW) B
21	d nd	1500 2600	3,18 3,41	0	0,00	180	2,26
22	d nd	3450 7750	3,54 3,89	10	1,00	290	2,46
23	d nd	9050 4300	3,96 3,63	0	0,00	285	2,45
24	d nd	11150 15800	4,05 4,20	20	1,30	180	2,26
25	d nd	11600 12850	4,06 4,11	40	1,60	330	2,52
26	d nd	154000 130500	5,19 5,12	120	2,08	715	2,85

d = Bestimmung der Werte an der dominanten Hand

nd = Bestimmung der Werte an der nicht dominanten Hand

VW = Vorwert

NW (SW) = Nachwert für die Sofortwirkung

NW (LW) B = Nachwert für die Langzeitwirkung Hand B (Werte der Fingerspitzen)

nicht logarithmierte Werte: Angabe in KbE

Nachwerte von „0“ (log =  $-\infty$ ) wurden aus rechnerischen Gründen gleich „1“ (log von 1 = 0) gesetzt.

**Tab. A6** Anzahl der Koloniebildenden Einheiten (KbE) je Platte und berechnete Nachwerte für die Langzeitwirkung bei chirurgischer Händedesinfektion mit zusätzlicher Verwendung von Biosorb (Prüfverfahren), Werte der ganzen Hand (Langzeitwirkung Hand A)

Nr.	Hand	KbE NW (LW) A		NW (LW) A	log NW (LW) A
		10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>		
1	d	<b>2 / 9</b>	8 / 1	55	1,74
2	d	<b>6 / 11</b>	0 / 1	85	1,93
3	nd	<b>11 / 6</b>	0 / 0	85	1,93
4	d	<b>0 / 1</b>	0 / 0	5	0,70
5	nd	<b>28 / 42</b>	7 / 1	350	2,54
6	d	<b>1 / 1</b>	1 / 9	10	1,00
7	d	<b>57 / 36</b>	3 / 5	465	2,67
8	d	<b>1 / 3</b>	2 / 2	20	1,30
9	d	<b>11 / 1</b>	0 / 0	60	1,78
10	nd	<b>88 / 66</b>	1 / 7	770	2,89
11	d	<b>1 / 0</b>	0 / 1	5	0,70
12	nd	<b>2 / 2</b>	0 / 0	20	1,30
13	nd	<b>8 / 4</b>	1 / 0	60	1,78
14	nd	<b>232 / 191</b>	<b>19 / 17</b>	2086,36	3,32
15	nd	<b>127 / 139</b>	<b>17 / 16</b>	1359,09	3,13
16	d	<b>2 / 4</b>	0 / 0	30	1,48
17	nd	<b>12 / 23</b>	0 / 3	175	2,24
18	nd	<b>26 / 28</b>	0 / 3	270	2,43
19	d	<b>14 / 1</b>	0 / 0	75	1,88
20	nd	<b>1 / 1</b>	1 / 2	10	1,00
21	d	<b>31 / 27</b>	2 / 3	290	2,46
22	d	<b>21 / 15</b>	1 / 1	180	2,26
23	d	<b>25 / 26</b>	0 / 5	255	2,41
24	nd	<b>9 / 4</b>	1 / 1	65	1,81
25	nd	<b>12 / 4</b>	0 / 1	80	1,90
26	nd	<b>12 / 10</b>	1 / 0	110	2,04

d = Bestimmung der Werte an der dominanten Hand

nd = Bestimmung der Werte an der nicht dominanten Hand

NW (LW) A = Nachwert für die Langzeitwirkung Hand A (Werte der ganzen Hand)

nicht logarithmierte Werte: Angabe in KbE

Nachwerte von „0“ (log von 0 =  $-\infty$ ) wurden aus rechnerischen Gründen gleich „1“ (log von 1 = 0) gesetzt.

Die **fettgedruckten** Werte wurden für die weiteren Berechnungen verwendet.

**Tab. A7** Differenzwägung des Zwirnhandschuhs bei chirurgischer Händedesinfektion ohne zusätzliche Verwendung von Biosorb

Nr.	Hand	Handschuhgewicht (in g)		
		feucht	trocken	Differenz
1	nd	7,166	6,657	0,509
2	nd	9,606	8,710	0,896
3	d	7,195	6,482	0,713
4	nd	8,146	7,446	0,700
5	d	9,535	8,694	0,841
6	nd	7,353	6,704	0,649
7	nd	8,718	7,475	1,243
8	nd	9,693	8,362	1,330
9	nd	7,265	6,683	0,582
10	d	8,879	7,385	1,495
11	nd	8,510	7,146	1,364
12	d	7,068	6,539	0,529
13	d	7,611	6,766	0,844
14	d	9,235	8,111	1,124
15	d	10,871	8,178	2,693
16	nd	10,195	8,572	1,623
17	d	9,272	8,366	0,906
18	d	9,666	8,319	1,347
19	nd	8,441	7,693	0,748
20	d	9,176	8,402	0,774
21	nd	8,398	7,481	0,918
22	nd	8,076	7,498	0,578
23	nd	7,247	6,546	0,701
24	d	8,250	7,276	0,974
25	d	8,011	7,041	0,970
26	d	9,713	8,531	1,182

d = Bestimmung der Werte an der dominanten Hand  
nd = Bestimmung der Werte an der nicht dominanten Hand

**Tab. A8** Differenzwägung des Zwirnhandschuhs bei chirurgischer Händedesinfektion mit zusätzlicher Verwendung von Biosorb

Nr.	Hand	Handschuhgewicht (in g)		
		feucht	trocken	Differenz
1	nd	3,993	7,051	- 3,058
2	nd	9,916	8,765	1,151
3	d	8,335	7,590	0,746
4	nd	8,100	7,323	0,777
5	d	9,633	8,828	0,805
6	nd	7,676	6,944	0,732
7	nd	8,614	7,658	0,956
8	nd	9,364	8,442	0,922
9	nd	8,225	7,364	0,862
10	d	9,040	7,965	1,075
11	nd	8,446	7,671	0,774
12	d	7,443	6,862	0,582
13	d	8,236	6,970	1,266
14	d	9,806	8,526	1,280
15	d	11,351	8,793	2,557
16	nd	9,848	8,486	1,362
17	d	9,814	8,518	1,296
18	d	9,631	8,252	1,380
19	nd	8,432	7,750	0,682
20	d	8,266	7,481	0,784
21	nd	8,377	7,409	0,968
22	nd	8,642	7,595	1,047
23	nd	7,590	7,142	0,447
24	d	8,225	7,523	0,702
25	d	10,010	8,997	1,013
26	d	11,581	9,118	2,463

d = Bestimmung der Werte an der dominanten Hand  
nd = Bestimmung der Werte an der nicht dominanten Hand

**Bemerkung:** Die Werte von Proband Nr. 1 wurden nicht gewertet, da die Entwicklung einer negativen Menge an Schweiß nicht möglich ist.

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät, keiner anderen wissenschaftlichen Einrichtung vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines bereits erworbenen Doktorgrades nicht vorliegt.

Cuxhaven, den 07.05.2013

Sonja Scholz

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. habil. C.-D. Heidecke und Herrn Prof. Dr. med. habil. A. Kramer für die Überlassung des Themas. Letzterem danke ich für die außergewöhnlich engagierte Betreuung während der Erstellung dieser Arbeit. Vielen Dank insbesondere für die unerschöpfliche Geduld bei der Beantwortung meiner zahlreichen Fragen.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. med. N.-O. Hübner für die Hilfe bei der Studienplanung.

Desweiteren danke ich Frau Lindstedt, Frau Mentz, Frau K. Sümnick, Frau Zellmer und den anderen Mitarbeitern des Labors für die Einführung in die praktische Laborarbeit und die Unterstützung während der Durchführung der Studie. Nicht zu vergessen Frau B. Sümnick für die schnelle Hilfe bei allen organisatorischen Fragen.

Ein ganz spezieller Dank gilt meinen Probanden, die mir unerschrocken ihre Hände und ihre Zeit zur Verfügung gestellt haben.

Danke auch meinen Eltern und dem Rest meiner Familie, die mehr zu dieser Arbeit beigetragen haben, als sie denken. Dass keiner von ihnen hier erwähnt werden wollte, zeigt schon, wie sehr sie es verdient haben!