Aus dem Institut für Hygiene und Umweltmedizin
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. habil. Axel Kramer)
der Universitätsmedizin der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Interaktion von alkoholischen Händedesinfektionsmitteln mit Massagemitteln

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Medizin
(Dr. med.)
der
Universitätsmedizin
der
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

2013

vorgelegt von: Sarah Karnitzki
geboren am: 29.04.1988
in: Greifswald

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

1. Gutachter: Prof. Dr. med. A. Kramer

2. Gutachter: Prof. Dr. med. M. Borneff-Lipp

Tag der Disputation: 30.04.2014

Ort, Raum: Seminarraum O 0.95 der Hautklinik, Sauerbruchstraße

Meinen Eltern

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BGW	Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege
CEN	European Committee for Standardization
Ch.-Nr.	Chargennummer
E. coli	Escherichia coli
EN	Europäische Norm
KbE	Koloniebildende Einheiten
L	links
lg	Logarithmus
Mio.	Millionen
MM	Massagemittel
MRSA	Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus
NW	Nachwert
n. z.	nicht zählbar
R	rechts
RF	Reduktionsfaktor
Tab.	Tabelle
TSHC	Tween, Saponin, Histidin, Cystein
TSA	Trypton-Soja-Agar
TSL	Trypton-Soja-Lösung
VW	Vorwert
WHO	World Health Organization

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 7

1.1 Historisches 7

1.2 Die normale Hautflora der Hand 8

1.3 Nosokomiale Infektionen 11

1.4 Vorteile alkoholischer Desinfektionsmittel gegenüber der Händewaschung in der Physiotherapie 14

1.5 Compliance des Personals im Gesundheitswesen in Bezug auf die Händehygiene 19

1.6 Problemstellung 21

2 Eigene Untersuchungen 23

2.1 Materialien 23

2.1.1 Medien und Reagenzien 23

2.1.2 Geräte und Hilfsmittel 26

2.1.3 Sonstiges 26

2.2 Methoden 27

2.2.1 Vorversuch 27

2.2.2 Desinfektionsstudien mit Probanden 27

2.2.3 Hauptversuch: Untersuchungen zur Interaktion von alkoholischen Händedesinfektionsmitteln mit Massagemitteln 32

2.2.4 Folgeversuche 35

2.3 Ergebnisse 42

2.3.1 Vorversuch 42

2.3.2 Hauptversuch 46

2.3.3 Folgeversuche 49

3 Diskussion und Schlussfolgerungen 61

3.1 Methoden 61

3.1.1 Vorversuch 61

3.1.2 Desinfektionsstudien des Hauptversuchs und der Folgeversuche 62

3.1.3 Weitere Folgeversuche 63

3.2 Ergebnisse 64

3.2.1 Vorversuch 64

3.2.2 Hauptversuch 64
3.2.3 Folgeversuche 65
3.3 Schlussfolgerung 70

4 Zusammenfassung und Abstract 71

4.1 Zusammenfassung 71
4.2 Abstract 72

5 Literaturverzeichnis 73

6 Anhang 83

Rohwerttabellen
Eidesstattliche Erklärung
Lebenslauf
Danksagung

1 Einleitung

1.1 Historisches

Händehygiene ist die bedeutendste Maßnahme zur Vermeidung nosokomialer Infektionen (Pittet et al. 2000). Bereits im 13. Jahrhundert wurde im „Regimen sanitatis Salernitanum“, einer Zusammenstellung diätetischer Ratschläge und hygienischer Vorschriften in Form eines Lehrgedichts, das Händewaschen zum Erhalt der Gesundheit empfohlen (Rotter und Skopec 2003). Jahrhunderte lang verwendete man dazu Wasser und Seife, bevor im frühen 19. Jahrhundert erstmals antiseptische Mittel zum Einsatz kamen. Im Jahr 1822 stellte ein französischer Pharmakologe fest, dass Mittel, die Chlorkalk oder Soda enthalten, Verwesungsgerüche von den Händen entfernen können. Drei Jahre später behauptete er in einer Veröffentlichung, Ärzte und andere Personen, die mit kontagiösen Patienten in Kontakt kommen, würden davon profitieren, ihre Hände mit flüssiger Chloridlösung zu behandeln (Boyce und Pittet 2002).

Die Bedeutung der Hände als Vehikel zur Übertragung von Krankheitserregern erkannten zuerst Alexander Gordon in Aberdeen (1775) und Oliver Wendell Holmes in Boston (1843) an der Genese des Puerperalfiebers (Stewart und Williams 1996). Holmes beschrieb Maßnahmen, um die Ausbreitung des Kindbettfiebers einzudämmen. Jedoch blieben diese Empfehlungen seinerzeit ohne nennenswerten Einfluss auf die Geburtshilfe (Boyce und Pittet 2002).

Unabhängig davon machte 1846 der Wiener Arzt Ignaz Philipp Semmelweis eine bedeutende Entdeckung. Er beobachtete, dass in der I. k. k. Gebärklinik in Wien ein großer Anteil der Frauen am Puerperalfieber starb (18,2 %), wohingegen in der II. k. k. Gebärklinik die Mortalität weitaus geringer war (< 3 %) (Boyce und Pittet 2002, Trampuz und Widmer 2004, Rotter 2008).

Nachdem der mit Semmelweis befreundete Gerichtsmediziner Jakob Kolletschka sich 1847 eine Schnittverletzung während einer Sektion zugezogen hatte und daraufhin an einer dem Kindbettfieber ähnelnden Sepsis ums Leben gekommen war, erkannte Semmelweis die Ursache für die unterschiedlichen Mortalitätsraten (Rotter 2008).

In der I. k. k. Gebärklinik wurden die Frauen von Studenten untersucht, die vorher an Autopsien teilgenommen hatten. Wohingegen in der II. k. k. Gebärklinik Hebammen

ausgebildet wurden, die keinen Kontakt zu Leichen hatten. Semmelweis hatte bemerkt, dass die Hände der Studenten trotz Händewaschens mit Seife einen Verwesungsgeruch an sich hatten, nachdem die Lernenden aus dem Sektionssaal kamen. Er folgerte, dass sich an den Händen Kadaverpartikel befanden, die während der vaginalen Untersuchung in den Geburtskanal der Mütter gelangten (Trampuz und Widmer 2004). Diese würden dort resorbiert werden und in das Gefäßsystem gelangen. Folglich erkrankten die Wöchnerinnen am Puerperalfieber (Rotter 2008).
Um die Ansteckung zu vermeiden, ordnete Semmelweis 1847 die Händewaschung mit Chlorkalk an, dessen geruchsneutralisierender Effekt zu jener Zeit bekannt war. Semmelweis verlangte diese Händewaschung vor dem Betreten des Kreissaals sowie vor und nach der Untersuchung jedes Patienten. Daraufhin sank die Mortalitätsrate in jener Klinik erheblich (auf 2,2 %) und blieb jahrelang auf diesem niedrigen Niveau. Damit wurde erstmals gezeigt, dass die Händewaschung mit einem Antiseptikum der Verwendung von Wasser und Seife überlegen ist (Boyce und Pittet 2002, Trampuz und Widmer 2004). So eröffnete Semmelweis mit der Einführung der Hautantisepsis eine neue Ära der Hygiene (Trampuz und Widmer 2004).

1.2 Die normale Hautflora der Hand

Der amerikanische Chirurg Philipp B. Price teilte 1938 die Erreger auf der Haut in zwei Gruppen ein, die transiente und die residente Hautflora (Price 1938). Insgesamt befinden sich auf der menschlichen Haut zwischen 10^2 und 10^6 KbE/cm^2 (Trampuz und Widmer 2004). Die Anzahl variiert je nach Körperregion. An den Händen von medizinischem Personal befinden sich zwischen $3{,}9 \times 10^4$ und $4{,}6 \times 10^6$ Bakterien (Boyce und Pittet 2002).

Die *transiente* Flora umfasst Mikroorganismen, die zufällig aus der Umgebung auf die Haut gelangen und diese zeitweise besiedeln. Da die Haut kein optimales Milieu für sie ist, überleben sie zwar, reproduzieren sich aber nur gelegentlich. Wenn sie sich vermehren, können sie Erkrankungen hervorrufen (Kampf und Kramer 2004). Die transiente Hautflora ist maßgeblich an der Entstehung nosokomialer Infektionen und resistenter Keime beteiligt (Trampuz und Widmer 2004).
Bei einer einmaligen Berührung der Umgebung sind zwischen 4 % und 16 % der Handoberfläche in Kontakt mit dieser gewesen. Nach 12maligem direkten Kontakt

können bis zu 40 % der Handoberfläche betroffen sein (Brouwer et al. 1999). Die Übertragbarkeit von transienten Organismen hängt von der Spezies, der Bakterienanzahl auf der Hand, ihrer Überlebensdauer auf der Haut und dem Feuchtigkeitsgehalt der Haut ab (Kampf und Kramer 2004).
Die Mikroorganismen der transienten Flora befinden sich in den oberen Schichten des Stratum corneum (Reybrouck 1983, Trampuz und Widmer 2004). Sie sind mechanisch leicht zu entfernen, beispielsweise durch einfaches Händewaschen (Trampuz und Widmer 2004). Die Anzahl der Bakterien auf der Haut wird durch das Klima beeinflusst. In warmer und feuchter Umgebung steigt diese an. Treten Wärme und Feuchtigkeit nicht zusammen auf, sondern sind sie separat vorhanden, wird die Bakterienanzahl nicht wesentlich beeinflusst. Die qualitative Zusammensetzung der Flora wird durch klimatische Bedingungen kaum verändert (Duncan et al. 1969).
Des Weiteren begünstigt geschädigte Haut die Ansiedlung von Mikroorganismen. Nicht intakte Haut weist bei medizinischem Personal einen höheren Anteil an Staphylococcus aureus (16,7 % vs. 10 % bei Gesunden), gram-negativen Bakterien (20 % vs. 6,7 % bei Gesunden) und Hefepilzen (26,7 % vs. 20 % bei Gesunden) auf (Rocha et al. 2009). Auch sind Staphylococcus hominis, Enterokokken und Candida spp. anteilig erhöht (Larson 2001). Außerdem befinden sich auf geschädigten Händen mehr resistente Keime als auf gesunder Haut. Das trifft beispielsweise für Staphylococcus aureus (13,3 % vs. 3,3 %) und gram-negative Bakterien (10 % vs. 3,3 %) zu (Rocha et al. 2009).

Die Mikroorganismen der *residenten* Flora sind im jeweiligen Gebiet in relativ konstanter Anzahl und kaum variierender Zusammensetzung vorhanden. Sie bilden eine eubiotische Biozönose, dienen somit der Aufrechterhaltung des biologischen Gleichgewichts und schützen vor Besiedlung durch andere Krankheitserreger (Rotter 2008).
Die residente Flora ist auch in tieferen Hautschichten und insbesondere den Öffnungen der Haarfollikel sowie Talgdrüsen nachweisbar (Reybrouck 1983, Lademann et al. 2011, Lange-Asschenfeldt et al. 2011). Sie ist im Gegensatz zur transienten Flora mechanisch nur schwer zu beseitigen (Trampuz und Widmer 2004).
Unter den Erregern der residenten Mikroflora befinden sich vor allem koagulasenegative Staphylokokken, besonders Staphylococcus epidermis, und

Mikrokokken. Vereinzelt ist auch Staphylococcus aureus der residenten Flora zugehörig. In den meisten Fällen ist dessen Vorhandensein jedoch zeitlich begrenzt (Rotter 2008). Beim Krankenhauspersonal ist dieser Erreger dagegen häufiger zu finden. Vom Pflegepersonal haben 18 % (Larson et al. 1986b) Staphylococcus aureus an den Händen. Unter Ärzten beläuft sich die Quote auf 36 % (Rotter 2008). In der Literatur wird die Trägerrate beim Personal bis zu 87 % angegeben (Kampf und Kramer 2004). Des Weiteren besiedeln Propionibakterien (Rotter 2008) und Corynebakterien (Trampuz und Widmer 2004) die Haut. Zu gram-negativen Bakterien, die als residente Flora regelmäßig auf der Haut medizinischen Personals vorhanden sind, gehören Acinetobacter (Al-Khoja und Darrell 1979), Enterobacter (Rotter 2008) und Klebsiella spp. (Casewell und Phillips 1977).

Die Bakterien vermehren sich vor allem in den Haarfollikeln (Trampuz und Widmer 2004). Pro cm^2 befinden sich 10^2 bis 10^3 KbE als residente Hautflora an der Hand (Woodroffe und Shaw 1974). Diese Zahl bleibt bei einer Person über lange Zeit relativ konstant (Evans 1975). Selbst im Fall des mehrtägigen Verzichts auf die Körperreinigung befindet sich die Flora in einem quantitativ und qualitativ stabilen Gleichgewicht (Larson 1999). Zwischen verschiedenen Personen variiert die mikrobielle Zusammensetzung dagegen deutlich (Reybrouck 1983).

Anzahl und Zusammensetzung der residenten Flora hängen von mehreren Faktoren ab. Beeinflusst wird sie durch Alter, Körperregion, allgemeinen Gesundheitszustand, generalisierte oder lokale Medikation, Feuchtigkeit und Wärme (Reybrouck 1983). Gestört wird das Gleichgewicht durch Hautkrankheiten und Medikamente wie Antibiotika oder Antiseptika. Die dadurch verursachten Veränderungen der Flora können lange bestehen bleiben (Rotter 2008). Am stärksten wird die mikrobielle Besiedlung der Haut durch intensiven Kontakt mit Wasser beeinflusst. Die dadurch verursachten Populationsänderungen bleiben jedoch nur kurzzeitig (1–2 h) bestehen (Meers und Yeo 1978).

Eine wichtige Aufgabe der residenten Flora besteht darin, die Kolonisation durch nicht zur Hautflora gehörende Bakterien zu verhindern. Bewerkstelligt wird das unter anderem durch aus Hautlipiden im Ergebnis des bakteriellen Metabolismus freigesetzte Fettsäuren. Ungesättigte Fettsäuren limitieren beispielsweise das Wachstum von Streptokokken (Reybrouck 1983). Zusätzlich werden Bakteriozine und weitere antibiotikaähnliche Bakteriensekrete produziert. Die Besiedlung durch Fremdorganismen wird auch durch den geringen Wassergehalt des Stratum

corneum erschwert. Dieser stellt einen ungünstigen Lebensraum für viele Bakterien und Pilze dar (Woodroffe und Shaw 1974, Rotter 2008). Deshalb wird die Haut nicht von Escherichia coli und Pseudomonas aeruginosa besiedelt (Reybrouck 1983). Außerdem besteht ein Konkurrenzkampf um Nährstoffe zwischen residenten und transienten Erregern (Kampf und Kramer 2004).
Pathogene Bedeutung erlangt die residente Flora nur, wenn sie, insbesondere gemeinsam mit Fremdkörpern, in das Gewebe gelangt (Pittet et al. 1999a, Rotter 2008). Dadurch entstehende Fremdkörperinfektionen sind schwer zu behandeln (Selwyn und Ellis 1972, Skinner et al. 1978).

Abgesehen von der transienten und residenten Hautflora gibt es noch die sogenannte *Infektionsflora*. Sie umfasst Erreger, die ursächlich für Infektionen an der Hand sind oder sich ausgehend von infizierten Hautarealen auf andere Hautbereiche ausgebreitet haben. Hierzu zählen insbesondere Staphylococcus aureus und betahämolytische Streptokokken (Rotter 2008).

1.3 Nosokomiale Infektionen

Händehygiene, insbesondere die hygienische Händedesinfektion, bleibt die wichtigste Maßnahme um exogen übertragene nosokomiale Infektionen zu verhindern (Pittet et al. 2000). Angesichts einer Prävalenz von ungefähr 10 % sind nosokomiale Infektionen ein großes Problem des Gesundheitswesens (Trampuz und Widmer 2004). Folgen sind verlängerte Krankenhausaufenthalte, erhebliche Morbidität und Mortalität, Berufsunfähigkeit, erhöhte Resistenz von Erregern gegenüber antimikrobiellen Wirkstoffen, erhebliche Kosten für das Gesundheitssystem sowie enormer Stress für die Patienten und ihre Angehörigen (Trampuz und Widmer 2004, WHO 2009).
In entwickelten Ländern sind 5–15 % der hospitalisierten Patienten von im Krankenhaus erworbenen Infektionen betroffen. So bewegt sich die Prävalenz nosokomialer Infektionen in Europa zwischen 4,6 % und 9,3 %. Jährlich gibt es in europäischen Akutkrankenhäusern mindestens 5 Mio. nosokomiale Infektionen. Das führt zu etwa 135.000 Todesfällen pro Jahr, zu etwa 25 Mio. zusätzlichen Tagen Krankenhausaufenthalt sowie zu Extrakosten von 13–24 Milliarden Euro (WHO 2009). In den USA betrug die Inzidenz nosokomialer Infektionen im Jahr 2002 4,5 %, dementsprechend gab es 9,3 Infektionen pro 1000 Aufenthaltstage und es waren 1,7

Mio. Menschen betroffen (Klevens et al. 2007, WHO 2009). Eine jährliche Zusatzbelastung von 6,5 Milliarden US-Dollar musste 2004 getragen werden. Annähernd 90.000 Todesfälle treten pro Jahr auf (Stone et al. 2005, WHO 2009). Dabei sind mindestens ein Drittel dieser Infektionen vermeidbar (Haley et al. 1985, Pittet et al. 1999a).

Das Risiko, eine nosokomiale Infektion zu erleiden, hängt von Eigenschaften des Erregers (z. B. Virulenz, Persistenz, antimikrobielle Resistenzen), des Patienten (z. B. hohes Alter, niedriges Geburtsgewicht, Grundkrankheit, geschwächter Allgemeinzustand, Immunsuppression, Malnutrition) und von Umgebungsfaktoren ab (z. B. Aufenthalt auf einer Intensivstation, invasive Eingriffe, antimikrobielle Therapie) (WHO 2009).

Ein signifikanter Anteil der nosokomialen Infektionen resultiert aus Kreuzinfektionen, wobei die Hände des Personals das Hauptübertragungsvehikel sind (Bauer et al. 1990, Pittet et al. 1999a). Zur Übertragung sind fünf Schritte notwendig:

- Die Mikroorganismen befinden sich auf der Patientenhaut oder die unbelebte Umwelt um den Patienten wurde kontaminiert;
- die Erreger müssen auf die Hände des Personals gelangen;
- dort müssen sie mindestens einige Minuten überleben können;
- die Händehygiene ist mangelhaft oder wurde gänzlich unterlassen und
- die kontaminierten Hände müssen in direkten Kontakt mit einem Patienten oder der Umgebung, die der Patient berührt, kommen (Pittet et al. 2006).

Erreger können nicht nur von infizierten Wunden aufgenommen werden, sondern auch von häufig kolonisierten Gebieten der normalen, intakten Patientenhaut. Ungefähr 10^6 Hautschuppen, die lebende Mikroorganismen enthalten, verliert der Mensch pro Tag. So werden Patientenkleidung, Bettlaken, Bettgarnitur und andere Objekte in unmittelbarer Nähe zum Patienten kontaminiert. Das Gesundheitspersonal kann seine Hände oder seine Handschuhe selbst beim Ausführen „sauberer“ Arbeiten (Blutdruck messen, Puls fühlen, Patienten lagern, orale Temperatur messen) oder beim Berühren intakter Haut hospitalisierter Patienten mit Pathogenen wie gram-negativen Bakterien, Staphylococcus aureus, Enterococcus spp. oder Clostridium difficile kontaminieren. Mikroorganismen können auf den Händen speziesabhängig zwischen 2 und 60 min überleben (Pittet et al. 2006). Laboruntersuchungen zeigten, dass 60 min nach einem Inokulum mit 10^4 KbE Acinetobacter calcoaceticus pro Finger noch $7{,}2 \times 10^2$ KbE vorhanden waren, nach

einem Inokulum mit Acinetobacter lwoffi hinterblieben 2,6 × 10^1 KbE (Musa et al. 1990). Pathogene und apathogene Stämme von Escherichia coli und Klebsiella spp. zeigten ein 50 %iges Überleben nach 6 min bzw. 2 min (Fryklund et al. 1995). Vancomycin-resistenter Enterococcus faecalis und Enterococcus faecium überlebten mindestens 60 min an behandschuhten und unbehandschuhten Fingerkuppen (Noskin et al. 1995). Pseudomonas aeruginosa und Burkholderia cepacia waren durch Händegeben 30 min lang übertragbar, wenn diese mit in isotonischer Kochsalzlösung gelösten Bakterien kontaminiert wurden, und 180 min lang übertragbar, wenn die Erreger in Speichel gelöst waren (Doring et al. 1996). Shigella dysenteriae Typ 1 kann auf Händen bis zu 1 h überleben (Islam et al. 1997).
Während der Patientenbetreuung werden die Hände des Gesundheitspersonals fortschreitend mit Mikroorganismen der kommensalen und pathogenen Flora kontaminiert und ggf. auch besiedelt. Je länger der Kontakt zum Patienten besteht, desto höher ist das Ausmaß der Händekontamination. Kontaminierte Hände des Personals stehen in Zusammenhang mit endemischen sowie einzeln vorkommenden nosokomialen Infektionen (WHO 2009).

Unter dem Gesundheitspersonal haben insbesondere Physiotherapeuten oft engen Körperkontakt zu verschiedenen Patienten aus unterschiedlichen Bereichen. Dabei bieten sich viele Möglichkeiten für Kreuzinfektionen (Milly und Koller 2002). Während einer Massage besteht über längere Zeit enger Körperkontakt zum Patienten. Je länger ein derartiger Kontakt besteht, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit einer Übertragung von Mikroorganismen (Pittet et al. 1999a). Im Allgemeinen tragen die Therapeuten keine Handschuhe. Trotzdem werden sie selten als Ursache für nosokomiale Infektionen angesehen. Eine Ausnahme bildet die Hydrotherapie, die in Zusammenhang mit vielen Infektionsgeschehen steht (Kralovic und Linnemann 2004). Während der Physiotherapie kommt das Personal in den meisten Fällen lediglich mit der Haut und der Kleidung des Patienten und kaum mit Körperstellen in Berührung, bei denen eine Kontamination eine Infektion auslösen könnte (z. B. Venenkathetereinstichstellen oder Operationswunden) (Kappstein 2009). In hohem Maße infektionsgefährdete Patienten sowie kontagiöse Patienten machen nur ca. 20–30 % des Patientenguts physiotherapeutischer Stationen aus. Dabei handelt es sich meist um Personen mit Erkrankungen der Atemwege. Des Weiteren sind darunter Patienten mit nicht abgeschlossener Wundheilung und eventuell infizierten

Wunden sowie Patienten mit infektiösen Dermatosen. Einrichtungen der Physiotherapie wird ein mittleres Infektionsrisiko zugeordnet (Pitten et al. 2001).
Die Therapie findet entweder in physiotherapeutischen Abteilungen oder am Krankenbett statt. Im Krankenhaus gehen die Therapeuten von einem zum anderen Patienten und oft auch von einer zur nächsten Station des Krankenhauses. In physiotherapeutischen Abteilungen oder Physiotherapiepraxen werden viele Patienten zeitgleich behandelt. Waschbecken oder Desinfektionsspender sind nicht immer verfügbar, wenn die Therapeuten von einem zum nächsten Patienten wechseln. Trotz zahlreicher Möglichkeiten für Kreuzinfektionen, entweder von Patient zu Patient im Krankenhausbett oder in einer physiotherapeutischen Abteilung übertragen, konnten Physiotherapeuten nicht als Ursache nosokomialer Infektionen identifiziert werden. Kralovic und Linnemann ziehen die Möglichkeit in Betracht, dass die Untersuchungen dazu fehlerbehaftet sein könnten und zu einem verzerrten Ergebnis geführt haben (Kralovic und Linnemann 2004).
Infektiöse Patienten sollten nicht in einer zentralen Einrichtung der Physiotherapie behandelt werden, wo sie Kontakt zu vielen anderen Patienten haben. Für Patienten mit lokalen Wundinfektionen trifft das nicht uneingeschränkt zu, denn Wunden können verbunden oder abgedeckt werden. Jedoch ist zu beachten, dass die Patienten auch an anderen Körperstellen oder an ihrer Kleidung infektiöse Partikel mit sich tragen können. Daher sollten solche Patienten bevorzugt in ihrem Patientenzimmer behandelt werden (Kralovic und Linnemann 2004). Ein spezielles Problem stellen mit MRSA kolonisierte oder infizierte Patienten dar. Hier darf die Physiotherapie auf keinen Fall in physiotherapeutischen Abteilungen erfolgen (Steuer et al. 1999, Kralovic und Linnemann 2004).

1.4 Vorteile alkoholischer Desinfektionsmittel gegenüber der Händewaschung in der Physiotherapie

Um Mikroorganismen von den Händen zu eliminieren, steht die Händewaschung mit Wasser und normaler bzw. antiseptischer Seife oder die hygienische Händedesinfektion zur Verfügung (Rotter 2008).
Für welche Maßnahme man sich entscheidet, hängt unter anderem von dem Risiko ab mit Krankheitserregern in Kontakt geraten zu sein. Je höher das Risiko, desto wichtiger ist es, die potentiellen Erreger abzutöten und somit deren Abgabe stark zu

reduzieren (Rotter 2008). Je stärker die Hände mit Pathogenen belastet sind, desto höher ist das Risiko einer Übertragung (Jacques et al. 1983).

Es ist nicht nur sicherer, ein desinfizierendes Einreibeverfahren durchzuführen als eine Händewaschung vorzunehmen, sondern auch einfacher. Es erübrigen sich zeitaufwendige Maßnahmen wie das Aufsuchen eines Waschplatzes, das Einstellen des Wasserlaufs und der Wassertemperatur, das Benetzen der Hände und das Entnehmen von Seife, Waschen, Abspülen der Seife sowie das Abtrocknen der Hände (Rotter 2008). Das Händewaschen ist durchschnittlich 3- bis 4-mal so zeitaufwändig wie eine Händedesinfektion mit einem alkoholischen Desinfektionsmittel (Voss und Widmer 1997). Für die gesamte Prozedur des Händewaschens werden 1 bis 2 min benötigt (Trampuz und Widmer 2004). Durch den geringeren Zeitaufwand der Desinfektion wird die Compliance des Personals erhöht (Pittet 2001).

Beim Händewaschen besteht zusätzlich die Gefahr einer Kontamination der Umgebung, die beachtet werden muss. Björnstein sowie Günther et al. demonstrierten, dass intensives Händewaschen Pathogene wie Salmonella typhi in die Umgebung verbreiten kann (Börnstein 1915, Rotter 2008). Gewaschene Hände können durch das Berühren der Armaturen, des Waschbeckens oder durch das Leitungswasser wieder kontaminiert werden. Im Leitungswasser befindet sich üblicherweise Pseudomonas aeruginosa. Auch Seife oder Seifenspender können kontaminiert sein (Trampuz und Widmer 2004). Sartor et al. berichteten über eine Kontamination von Seife mit Serratia marcescens. Durch das Händewaschen gelangte dieses Bakterium auf die Hände des Personals und wurde dadurch auf einer Station verbreitet, was Infektionen zur Folge hatte (Sartor et al. 2000). Hingegen ist kein Fall einer Infektionsausbreitung durch alkoholische Desinfektionsmittel bekannt (Trampuz und Widmer 2004).

Durch das Händewaschen mit Seife und Wasser werden grober Schmutz und lose adhärente Mikroorganismen vor allem der transienten Hautflora mechanisch entfernt (Trampuz und Widmer 2004, Rotter 2008). Je länger der Waschvorgang dauert, desto größer ist die Reduktion der Erregerabgabe. In 15 s beträgt die Erregereliminierung 0,6 bis 1,1 log KbE, in 30 s 1,8 bis 2,8 log KbE und in 1 min 2,7 bis 3,0 log KbE (Trampuz und Widmer 2004). Larson et al. (1986b) sowie Taylor (1978a, 1978b) zeigten, dass die Waschdauer im Krankenhaus nur 8 bis 20 s

beträgt. Damit liegt die mittlere Reduktion unter 1 log-Stufe. Das kann im Einzelfall ausreichen, um eine infektionsverursachende Übertragung von Erregern zu verhindern (Ayliffe et al. 1975, Ayliffe et al. 1978, Lilly und Lowbury 1978, Ojajarvi 1980, Rotter und Koller 1992). Doch es reicht nicht immer aus, um nosokomiale Infektionen zu vermeiden, wie schon Semmelweis beobachtete. Das Händewaschen mit normaler Seife genügte nicht, um die Ausbreitung des Puerperalfiebers aufzuhalten (Rotter 2008).
Beim alkoholischen Einreibeverfahren wird mit 3–5 ml eines Desinfektionsmittels die Haut der Hände vollständig benetzt. Die Einwirkzeit liegt zwischen 15 und 30 s. Die hygienische Händedesinfektion mit einem alkoholischen Präparat hat eine höhere antimikrobielle Wirkung als das Händewaschen (Trampuz und Widmer 2004). Die alkoholische Händedesinfektion zeichnet sich nicht nur durch eine schnelle antimikrobielle Wirkung aus, sondern auch durch ein breiteres antimikrobielles Spektrum (Rotter und Skopec 2003, Rudolf und Kampf 2003).

Verbunden mit der Händehygiene kommen zwei Hautreaktionen vor: die irritative Kontaktdermatitis, zu deren Symptomen Hauttrockenheit, Irritationen, Juckreiz und Blutungen gehören und die sehr selten auftretende allergische Kontaktdermatitis, der eine Allergie auf einen im händehygienischen Produkt enthaltenen Inhaltsstoff zu Grunde liegt (Larson et al. 2006).
Die häufige und wiederholte Anwendung von Seifen ist der Hauptgrund für das Auftreten der chronischen Irritationsdermatose unter Mitarbeitern des Gesundheitswesens (Boyce und Pittet 2002). Einige Studien zeigen, dass annähernd 25 % der Krankenpflegerinnen Symptome einer Irritationsdermatose an den Händen aufweisen. 85 % berichten über Hautprobleme (Larson et al. 1997). Das Potential von Produkten, Hautirritationen auszulösen, variiert stark und ist abhängig von darin enthaltenen Pflegeprodukten und Feuchtigkeitsmitteln (Boyce und Pittet 2002). Häufiges Händewaschen, besonders mit heißem Wasser, eine geringe Luftfeuchtigkeit und die fehlende Anwendung von Pflegeprodukten wie Cremes sowie eine schlechte Qualität von Papierhandtüchern begünstigen das Entstehen von Hautirritationen (Emilson et al. 1993, Ohlenschlaeger et al. 1996, Boyce und Pittet 2002).
Zu den Mechanismen der Hautschädigung gehören Denaturierung von Proteinen des Stratum corneum, Verminderung des Zusammenhalts von Korneozyten,

Verminderung der Wasserbindungskapazität des Stratum corneum und Veränderungen von interzellulären Lipiden (Larson et al. 2006). Das größte Problem ist der Verlust der Lipidbarriere durch den Kontakt mit Lipid emulgierenden Inhaltsstoffen und Lipid auflösenden Alkoholen (Kownatzki 2003). Händewaschen entfernt Hautlipide, während bei der Desinfektion die Hautlipide zwar umverteilt werden, aber, sofern die Hände danach nicht gewaschen werden, auf der Haut verbleiben (Trampuz und Widmer 2004). Häufiges Händewaschen entfernt fortschreitend Oberflächenlipide. Trockenes Klima und trockene Haut fördern die Beschädigung der Lipidschicht zusätzlich (Larson et al. 2006). Die Hautschäden gehen mit Veränderungen der Mikroflora einher. Es siedeln sich mehr Staphylokokken sowie gram-negative Bakterien an (Ojajarvi et al. 1977, Larson et al. 1998).

Obwohl auch Alkohol eine irritative Kontaktdermatitis begünstigen kann, ist er weniger schädigend als andere Detergenzien (Timmer 1996, Winnefeld et al. 2000). Dabei ist Ethanol weniger irritierend als n-Propanol oder Isopropanol (Haan et al. 1996). Das Risiko von Irritationen und Hauttrockenheit kann durch in alkoholischen Präparaten enthaltene Hautpflegemittel wie Glycerol (1%–4%), Silikonöle, rückfettende Substanzen oder rehydrierende Inhaltsstoffe reduziert oder vermieden werden (Trampuz und Widmer 2004, Larson et al. 2006). Hautreaktionen auf ein alkoholbasiertes Präparat, das Chlorhexidingluconat und Hautpflegemittel enthielt, waren während eines durchgeführten Händehygieneprogramms selten (13 Fälle bei 2.750 analysierten). Das Risiko dermatologischer Nebenwirkungen betrug in dieser Untersuchung 0,47 % (Graham et al. 2005). Dabei ist zu berücksichtigen, dass Chlorhexidin 0,05 % selbst ein mildes dermales Irritans ist (Greener et al. 1985). Bei einer Fragebogenanalyse unter 1.301 Beschäftigten eines Krankenhauses gaben 21,2 % eine Kontaktdermatitis der Hände bzw. Unterarme an. In 94,9 % der Fälle handelte es sich bei den Schäden jedoch um eine Irritation, überwiegend in Zusammenhang mit der Anwendung von chlorhexidin- und glutaralhaltigen Präparaten (Stingeni et al. 1995).

Allergische Reaktionen, die in Verbindung mit der alkoholischen Händedesinfektion stehen, sind selten. In einem großen Hospital der Schweiz wurde während einer mehr als 10jährigen Anwendung eines alkoholischen Händedesinfektionsmittels nicht ein einziger Fall einer allergischen Reaktion bekannt (Widmer 2000). Allerdings berichteten Cimiotti et al. (2003) über Nebenwirkungen eines alkoholischen

Händedesinfektionsmittels auf Ethanolbasis, wobei die Ursache nicht angegeben wurde. In den meisten Fällen konnten die Pflegekräfte jedoch nach kurzer Anwendungspause die Benutzung des Präparats fortsetzen. Die Reaktionen auf alkoholische Präparate sind vermutlich meist gegen darin enthaltene Pflegestoffe oder andere Agenzien gerichtet (Trampuz und Widmer 2004), da die Alkohole selbst nicht sensibilisierend wirken (Kramer et al. 2008).

Über die irritative Kontaktdermatitis wird häufig im Zusammenhang mit Iodophoren berichtet. Weitere antiseptische Mittel, die eine irritative Kontaktdermatitis verursachen können, enthalten Chlorhexidin, Chloroxyphenol und Triclosan (Larson et al. 2006). Allerdings schlug der Versuch, dem Personal nicht-antimikrobielle Seifen in der Hoffnung auf eine Reduktion der Dermatitis zur Verfügung zu stellen, fehl, weil der häufige Gebrauch normaler Seife noch größere Hautschäden, Trockenheit und Irritationen verursachen kann als antiseptische Präparate (Larson et al. 1986a, Boyce et al. 2000, Winnefeld et al. 2000).
Als Fazit aus der Studienlage empfiehlt es sich, zur Vermeidung von Hautschäden die alkoholische Händedesinfektion der Händewaschung mit Wasser und Seife vorzuziehen. Zahlreiche prospektive randomisierte Studien ergaben, dass das Einreibeverfahren eines alkoholischen Desinfektionsmittels mit Hautschutzmitteln besser toleriert wird als das Händewaschen mit (antimikrobieller) Seife (Boyce et al. 2000, Winnefeld et al. 2000, Boyce und Pittet 2002). Händewaschen unmittelbar nach dem Desinfektionsgeschehen ist besonders hautschädigend und wird nicht empfohlen (Boyce und Pittet 2002).

Eine intakte Haut ist essentiell, um die Ausbreitung nosokomialer Erreger einzudämmen (Trampuz und Widmer 2004). Es gibt drei Strategien, um die irritative Kontaktdermatitis zu vermeiden: Die Wahl eines weniger reizenden Hygieneprodukts, die Reduzierung hygienischer Maßnahmen, welche Irritationen hervorrufen und die Benutzung von Hautpflegeprodukten. Eine Möglichkeit, das Personal von reizenden Präparaten fernzuhalten, besteht darin, das Einreibeverfahren eines alkoholischen Präparats mit Zusatz von Emollentien einzuführen (Larson et al. 2006). Zahlreiche Studien belegen, dass das besser vertragen wird als normale Seife oder antiseptische Produkte (Bischoff et al. 2000, Boyce et al. 2000, Pittet et al. 2000, Winnefeld et al. 2000, Girard et al. 2001, Larson et al. 2001, Kownatzki 2003, Jungbauer et al. 2004). Auch fördert insbesondere die

kurze Einwirkzeit des alkoholischen Mittels die Akzeptanz und die Compliance des Personals.

1.5 Compliance des Personals im Gesundheitswesen in Bezug auf die Händehygiene

Die Compliance des Gesundheitspersonals, ein Händedesinfektionsmittel ordnungsgemäß anzuwenden, ist nicht weniger wichtig als dessen Wirksamkeit (Rotter 2008). Trotz Fortschritte in der Infektionsüberwachung und der Krankenhausepidemiologie konnte Semmelweis' Anliegen nicht lückenlos in der klinischen Praxis umgesetzt werden (Jarvis 1994, Rotter 1998) und das Befolgen empfohlener hygienischer Maßnahmen befindet sich auf einem unzufriedenstellend niedrigem Niveau (Pittet et al. 1999b). Im Allgemeinen beträgt die Compliance weniger als 50 % (Pittet 2001).

Die durchschnittliche Compliance hängt ab von der Art der Krankenstation, der Art des Berufs im Gesundheitssystem und den Arbeitsbedingungen (Pittet 2001). Pittet nennt verschiedene Gründe für eine Non-Compliance. Das Risiko, notwendige Hygienemaßnahmen nicht zu befolgen, ist bei Ärzten und Schwesternschülern signifikant höher als beim Pflegepersonal (Pittet 2000). Das Risiko einer Non-Compliance ist unter Physiotherapeuten größer als in anderen Berufsgruppen (Allegranzi und Pittet 2009). Weibliches Personal weist eine höhere Compliance auf als männliches und am Wochenende wird die Händehygiene gewissenhafter betrieben als in der Woche. Auch wenn Handschuhe getragen werden oder Arbeiten mit einem erhöhten Kontaminationsrisiko ausgeführt werden, ist das Risiko, dass hygienische Maßnahmen nicht erfolgen, besonders hoch (Pittet 2000). Auch wirken sich subjektive Hauttrockenheit und Hautirritationen, zu wenig Waschplätze, fehlende Hygieneutensilien und Zeitdruck des Personals negativ auf die Compliance aus. Einem Patienten situationsbedingt mehr Aufmerksamkeit zu widmen als der Händehygiene, mangelnde Aufklärung bezüglich der Bedeutung der Hygiene, Nachlässigkeit und schlechte Vorbilder stellen ebenso Probleme dar. Andere Faktoren für eine Nichtbefolgung hygienischer Regeln sind das Nichtvorhandensein von Richtlinien, fehlende Priorität der Hygiene in der Abteilung, Fehlen von Sanktionen oder Belohnungen, Fehlen von Vorbildern und ein nicht vorhandenes Bewusstsein für die Sicherheit der Patienten und Mitarbeiter (Pittet 2000).

Pittet et al. erkannten, dass Ärzte eher Maßnahmen der Händehygiene befolgen, wenn sie sich beobachtet fühlen oder ein Vorbild für ärztliche Kollegen sein wollen. Ärzte denken, dass die Händehygiene nach Patientenkontakt sinnvoll ist, aber nicht vor der Arbeit an intravenösen Kathetern, beim Wechseln von einer Körperregion des Patienten zu einer anderen oder nach dem Ablegen von Schutzhandschuhen. Wichtig ist für Ärzte die leichte Verfügbarkeit von Händedesinfektionsmitteln. Risikofaktoren für das Verzichten auf händehygienische Maßnahmen sind hohe Arbeitsbelastung und das Arbeiten in bestimmten Bereichen wie Chirurgie, Anästhesiologie, Intensivmedizin und Notfallmedizin. Ärzte in einer höheren Position wiesen mit 43,3 % die niedrigste Compliance auf, Medizinstudenten mit 78,9 % die höchste (Pittet et al. 2004).

Durch händehygienische Maßnahmen erworbene Hautirritationen sind ein wichtiger Faktor für mangelnde Compliance (Larson 1985). Die Anwendung der alkoholischen Händedesinfektionsmittel verursacht weniger Hautschäden als das Waschen mit Wasser und Seife (Boyce et al. 2000, Winnefeld et al. 2000). Das trägt zur verbesserten Compliance bei (Bischoff et al. 2000, Maury et al. 2000, Pittet et al. 2000, Girou und Oppein 2001). Jedoch berichten Muto et al. (2000), dass sich nach Einführung der alkoholischen Händedesinfektion die Compliance nicht veränderte. Das weist darauf hin, dass für eine Verhaltensänderung einzelne Interventionen wenige Erfolge erzielen. Vielmehr sind hierfür umfangreiche und multidisziplinäre Strategien gefragt (Kretzer und Larson 1998). Pittet beurteilt folgende Strategien als sinnvoll:

- Erziehung und Bildung des Personals,
- Beobachtung und Rückmeldung,
- Anwendung von leicht verfügbaren Maßnahmen wie Händedesinfektion mit alkoholischen Einreibepräparaten,
- Wechsel von Desinfektionspräparaten,
- Anbringen von Erinnerungspostern,
- Einsetzen von Sanktionen bzw. Belohnungen,
- Bereitstellung von Hautpflegeprodukten,
- Betonung der Priorität der Patientensicherheit,
- Vermeidung zu hoher Arbeitsbelastung (Pittet 2000).

Bildungsprogramme, Informationsfaltblätter, Workshops, Vorträge, automatische Spender und eine positive Resonanz bei Einhalten der Hygienevorschriften gingen mit einer vorübergehenden Verbesserung der Compliance einher (Donowitz 1987, Dubbert et al. 1990, Graham 1990, Simmons et al. 1990, Jarvis 1994, Tibballs 1996). Am effektivsten waren die Überwachung des Personals und die Resonanz auf ihr Verhalten (Dubbert et al. 1990, Graham 1990, Tibballs 1996). Doch keine der genannten Interventionen konnte allein die Compliance dauerhaft aufrechterhalten (Larson und Kretzer 1995). Es ist daher nötig, individuelle Faktoren, die Umwelt und das Arbeitsklima als Faktoren, die die Compliance beeinflussen, in Kampagnen einzubeziehen (Kretzer und Larson 1998, Boyce 1999, Teare et al. 1999).

Physiotherapeuten müssen dahingehend geschult werden, dass sie sich bewusst werden, welche Rolle sie bei der Übertragung von Krankheitserregern spielen können. Oft haben sie darüber mangelhafte Kenntnis, da es seltener vorkommt, dass sie die Folgen nosokomialer Infektionen beobachten. Händedesinfektion muss vor und nach jeder physiotherapeutischen Maßnahme am Patienten erfolgen. Beim Umgang mit infektiösen Patienten sind Schutzhandschuhe und Schutzkittel indiziert (Kralovic und Linnemann 2004).

Durch multimodale Konzepte verbesserte Händehygiene kann die Rate nosokomialer Infektionen verringern (Allegranzi und Pittet 2009). Einige Studien zeigten eine anhaltend verminderte Inzidenz des Nachweises multi-resistenter Bakterien-Isolate und der Kolonisation von Patienten nach Förderungsprogrammen der Händehygiene (Brown et al. 2003, Gordin et al. 2005, Girou et al. 2006, Trick et al. 2007).

1.6 Problemstellung

In physiotherapeutischen Abteilungen muss stets das Risiko von Kreuzinfektionen beachtet werden. Der Verkehr von vielen unterschiedlichen Patienten in diesen Abteilungen führt zu einer Akkumulation von Erregern. Dadurch erhöht sich das Risiko, dass diese Erreger auf die Ursprungsstationen der Patienten weiterverbreitet werden (Steuer et al. 1999).

Die Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) empfiehlt, nach jedem Patientenkontakt eine hygienische Händedesinfektion vorzunehmen. Das gilt auch nach Massage mit einem Massagemittel, nachdem

dieses durch trockene Einmalpapierhandtücher von den Händen entfernt wurde. Da es aktuell keine Studien über die Interaktion von alkoholischen Händedesinfektionsmitteln mit Massagemitteln gibt, sollte in der vorliegenden Arbeit untersucht werden, ob das von der BGW empfohlene Verfahren hygienisch sicher ist oder ob es zu einer unerwünschten Wirkungsminderung der Händedesinfektion durch an den Händen verbliebene Reste des Massagemittels kommt.

Eine derartige Untersuchung erschien deshalb von Bedeutung, weil bekannt ist, dass Händedesinfektionsmittel in ihrer Wirksamkeit von anderen Produkten beeinflusst werden können. So konnte Walsh zeigen, dass sich eine Handcreme, die ein anionisches emulgierendes Mittel enthielt, negativ auf die antibakterielle Wirksamkeit von Chlorhexidin auswirkt (Walsh et al. 1987). Andererseits war bisher kein negativer Einfluss von Hautcremes auf die Wirkung alkoholischer Desinfektionsmittel nachweisbar (Heeg 2001, Große-Schütte 2008).

2 Eigene Untersuchungen

2.1 Materialien

2.1.1 Medien und Reagenzien

Escherichia coli K12 NCTC 10538: Als Testorganismus diente Escherichia coli K12 NCTC 10538. Es handelt sich hierbei um einen apathogenen Laborstamm, womit laut EN 1500 den Anforderungen von Gesundheits- und Sicherheitsleitlinien sowie von Ethikkommissionen Rechnung getragen wird (CEN 1997).

Wasser: Das verwendete Wasser enthielt keine auf Bakterien toxisch oder hemmend wirkenden Substanzen. Es wurde frisch in einer Glasapparatur destilliert und nicht entmineralisiert.

Ethanol 96 %, mit Methylethylketon (MEK) vergällt: Ethanol wurde verwendet, um 5 %ige, 10 %ige sowie 15 %ige Ethanollösungen als Emulgator herzustellen.

NaCl 0,9 %:

Zusammensetzung:

NaCl	9,0 g
Aqua dest.	1000,0 ml

Caseinpepton-Sojamehlpepton-Agar (Trypton-Soja-Agar TSA) (Ch.-Nr. 290159737)**:** Zur Anzucht von Bakterien und zur quantitativen Bestimmung der Lebendkoloniezahl.

Zusammensetzung:

Pepton aus Casein (Pankreashydrolysat)	15,0 g
Pepton aus Soja (Papainhydrolysat)	5,0 g
NaCl	5,0 g
Agar	15,0 g
Aqua dest.	1000,0 ml
Zusatz von Natriumdesoxycholat	0,5 g/l

Natriumdesoxycholat diente zur Inhibierung von Hautstaphylokokken.

TSA wurde sterilisiert und der pH-Wert bei 20 ºC auf 7,3 ± 0,2 eingestellt.

Caseinpepton-Sojabohnenmehlpepton-Lösung (Trypton-Soja-Lösung, TSL) (Ch.-Nr. 150152380)**:** Zur Herstellung der Kontaminationslösung für die Hände.

Zusammensetzung:

Pepton aus Casein (Pankreashydrolysat)	17,0 g
Pepton aus Soja (Papainhydrolysat)	3,0 g
NaCl	5,0 g
Dikaliumhydrogenphosphat	2,5 g
Glucose-Monohydrat	2,5 g
Aqua dest.	1000,0 ml

TSL wurde sterilisiert und der pH-Wert bei 20 ºC auf 7,3 ± 0,2 eingestellt.

Neutralisationsmedium TSL mit Zusatz von TSHC (s. u.): Das Neutralisationsmittel, validiert nach EN 12054, war in der Sammellösung sowie in der Verdünnungslösung für die Nachwerte enthalten.

Zusammensetzung:

TSL	30,0 g
Tween (T)	30,0 g
Saponin (S)	30,0 g
Histidin (H)	1,0 g
Cystein (C)	1,0 g

Müller-Hinton-Agar (Ch.-Nr. 479103324)**:** Zur antimikrobiellen Empfindlichkeitstestung im Hemmhoftest.

Zusammensetzung:

Rinder-Infus	2,0 g
Maisstärke	1,5 g
Pepton aus Casein (saures Hydrolysat)	17,5 g
Agar	17,0 g
Aqua dest.	1000,0 ml

Der Müller-Hinton-Agar wurde sterilisiert und der pH-Wert bei 20 ºC auf 7,4 ± 0,2 eingestellt.

Müller-Hinton-Bouillon (Ch.-Nr. 45791705)**:**

Zusammensetzung:

Rinder-Infus	2,0 g
Pepton aus Casein (saures Hydrolysat)	17,0 g
Stärke	1,5 g
Aqua dest.	1000,0 ml

Die Müller-Hinton-Bouillon wurde sterilisiert und der pH-Wert bei 20 ºC auf 7,4 ± 0,2 eingestellt.

Kaliseife mit einer Massekonzentration von 200 g/l: Es wurde fertige Kaliseife (Ceasar & Lorens GmbH, Hilden) (Ch.-Nr. 10035701), dampfsterilisiert bei 121 °C, verwendet.

Händedesinfektionsmittel: Zur Händedesinfektion wurde Descoderm (Propan-2-ol 70 % V/V, Dr. Schuhmacher GmbH, Ch.-Nr. 414904) verwendet. Es handelt sich um ein alkoholisches, unparfümiertes Desinfektionsmittel zur Anwendung auf der Haut. Es ist frei von kumulierenden Langzeitwirkstoffen und sonstigen Zusatzstoffen und gilt daher als gut hautverträglich. Das Mittel ist deklariert als bakteriozid (inklusive MRSA), tuberkulozid, fungizid (Candida albicans), levurozid sowie begrenzt virozid (HBV, HIV, BVDV, HCV, Rota- und Vaccinia-Viren).

100 g Lösung enthalten:

Propan-2-ol	63,1 g
Gereinigtes Wasser	36,9 g

Neoflow Massage-Schaum von Singer (Ch.-Nr. 07684, Art.-Nr. 30405)**:** Der Massageschaum besteht hauptsächlich aus pflanzlichen Ölen. Er ist frei von Paraffin, Vaseline, Erdwachs und synthetischen Ölen. Der Massageschaum besaß keine antimikrobielle Eigenwirkung und war steril.

Inhaltsstoffe: Brassica Oleifera, Aqua, Sucrose Stearate, Magnesium Sulfate, Butane Carbon Dioxide.

Mega Silk Massage-Fluid von Megasol Cosmetic GmbH (Art.-Nr. 01140, PZN 6617747)**:** Das Massagefluid besaß keine antimikrobielle Eigenwirkung und war steril.
Inhaltsstoffe: Dimethicone, Dimethiconol, Cyclomethicone.

2.1.2 Geräte und Hilfsmittel

Sämtliche Geräte und Hilfsmittel, die mit Kulturmedien, Reagenzien oder Sammelproben in Berührung kamen, unterlagen einer Sterilisation im Autoklaven (Vakulab HP 669-2 HR, Herst.-Nr. 960725) für mindestens 15 min bei einer Temperatur von 121 °C. Ausgenommen davon waren steril verpackte Materialien.

Sebumeter: SEBUMETER ® SM 810 (Courage + Khazaka electronic GmbH, Köln).
Brutschrank: Betriebstemperatur auf 36 ± 1 °C einstellbar, Typ BM 600 (Memmert GmbH + Co. KG, Schwabach).
PH-Meter: Kalibriert auf ± 0,1 pH-Einheiten bei 25 ºC, pH320 (WTW GmbH, Weilheim).
Messpipetten: Nennvolumen von 10 ml, 4,5 ml, 1 ml, 0,5 ml und 0,1 ml (Eppendorf AG, Hamburg).
Petrischalen: Petrischalen mit einem Durchmesser von 90 mm.
Spitzröhrchen: 15 ml, 120 mm × 17 mm, durchsichtig mit Beschriftung, gelber Deckel (Sarstedt AG & Co., Nümbrecht).
Behältnis: Eine ausreichend große Schüssel, um beide senkrecht stehenden Hände bis zur Mitte der Mittelhand erfassen zu können.
Flaschen: Glasflaschen mit einem Mindestvolumen von 1 l.
Papierhandtücher

2.1.3 Sonstiges

Des Weiteren wurden Gegenstände der üblichen mikrobiologischen Laborausstattung verwendet wie Glasstäbe, Impfösen, Vortexer, Waage, Koloniezählgerät, Reagenzröhrchen, Glasbecher, Stoppuhren, wasserfester Signierstift, Papierhandtücher, Autoklav etc.

2.2 Methoden

2.2.1 Vorversuch

Um die Desinfektionsstudie so realitätsnah wie möglich zu gestalten, sollten die Probanden annähernd soviel Massagemittel an den Händen haben wie Physiotherapeuten nach einer Massage. Um die Menge Massagemittel abzuschätzen, führten wir mit dem Sebumeter vor und nach je einer 20-minütigen Massage Messungen an der jeweils rechten Hand durch. Gemessen wurde an den Zeigefinger- und Mittelfingerkuppen sowie an der Handfläche im Bereich des Caput metacarpale des Mittelfingers.

Die Messungen wurden an 3 weiblichen Physiotherapeuten in Physiotherapiepraxen und 5 weiteren weiblichen Therapeuten der Physiotherapieabteilung der Greifswalder Universitätsmedizin durchgeführt.

An 3 freiwilligen Probanden testeten wir anschließend, welche Masse Massagemittel sie benutzen müssen, um annähernd so hohe Fettwerte wie die Physiotherapeuten zu erhalten. Wir wählten zur Probe 0,25 g, 0,5 g und 1 g Massagemittel.

Die Sebumetrie beruht auf dem Prinzip der photometrischen Messmethode. Die Kassette des Sebumeters enthielt ein 0,1 mm starkes mattiertes Kunststoffband. Davon wurde ein 64 mm^2 großer Bereich durch den Messkopf freigelegt. Dieser Abschnitt wurde während des Messvorgangs leicht auf das zu prüfende Hautareal gedrückt. Die Messzeit von 30 s war im Gerät eingespeichert und wurde automatisch eingehalten. Zur Auswertung des Fettgehalts wurde der Messkopf in den Messschacht des Geräts geschoben, das die Transparenz des Bandes mittels Photozelle misst. Das Sebumeter zeigte das Ergebnis digital in $\mu g/cm^2$ an. Die Änderung der Lichtdurchlässigkeit war dabei der Maßstab für den Fettgehalt.

2.2.2 Desinfektionsstudien mit Probanden

Für das Vorgehen bei der Händedesinfektion, die Herstellung der Kontaminationslösung, das Auskneten der Fingerkuppen, das Bestimmen der Vor- und Nachwerte und das Auszählen der sichtbaren Bakterienkolonien diente EN 1500 als Grundlage.

2.2.2.1 Charakteristik der Probanden

Probanden des Hauptversuchs

Am Hauptversuch nahmen 21 Probanden teil (Tab. 1). Davon waren 11 weiblich und 10 männlich. Das Alter erstreckte sich von 21–30 Jahren. Die meisten Probanden waren Medizinstudenten. Dennoch hatte ein großer Anteil keinen regelmäßigen Kontakt zu Desinfektionsmitteln in den letzten vier Monaten vor dem Experiment. Alle Probanden waren körperlich gesund und hatten insbesondere gesunde Haut an den Händen. Es waren keine Schürf- oder Schnittwunden vorhanden. Die Fingernägel waren kurz und sauber. Die Versuchspersonen trugen weder Nagellack noch künstliche Fingernägel. Während des Versuchs wurde kein Schmuck an Händen und Armen getragen.

Probanden der Folgeversuche

Die Probanden der Folgeversuche (Tab. 1) waren teilweise nicht identisch mit denen des Hauptversuchs. Auch unterschied sich die Probandencharakteristik der einzelnen Folgeexperimente. Gemein ist allen Probanden, dass sie gepflegte, unversehrte Hände und kurze Fingernägel besaßen sowie keinen Schmuck, Nagellack oder künstliche Nägel trugen. An den Folgeversuchen war hauptsächlich Laborpersonal beteiligt.

Tabelle 1 Charakteristik aller Probanden

Versuch	Anzahl	Alter	Männlich	Weiblich
Hauptversuch	21	21–30	10	11
Ohne Papiertücher	6	20–28	2	4
Überlebensrate der Bakterien auf der Oberfläche der MM nach 20 min	6	26–41	2	4
Antimikrobielle Aktivität der MM mit der Haut	5	18–49	1	4
Bakterienabgabe aus MM	12*	21–30	5	7
Bakterienabgabe von der Oberfläche der MM	6	26–41	2	4

*Diese 12 Probanden stammen aus dem Probandenpool des Hauptversuchs.

2.2.2.2 Versuchsdurchführung der Desinfektionsstudien

Prinzip: Die Anzahl der Bakterien in den Probepetrisammelschalen nach dem Auskneten der Fingerkuppen wird vor sowie nach der Händedesinfektion bestimmt. Die Differenz von Vor- und Nachwert ergibt den Reduktionsfaktor. Dieser repräsentiert die Effizienz der Desinfektion.

Die Reduktionsfaktoren unter verschiedenen Bedingungen (vorherige Anwendung von Fluid, Schaum oder keinem Massagemittel) wurden verglichen. Pro Versuch wurden immer dieselben Probanden eingesetzt und das Experiment wurde am gleichen Wochentag und unter vergleichbaren Umweltbedingungen durchgeführt.

Herstellung der Kontaminationsflüssigkeit: Der E. coli-Stamm wurde in zwei Röhrchen mit je 5 ml TSL für 18–24 h bei 36 ± 1 ºC inkubiert. Damit wurden zwei Flaschen mit je 1 l TSL beimpft und für 18–24 h bei 36 ± 1 ºC inkubiert. Die entstandenen Bakteriensuspensionen wurden gründlich gemischt. Die Gesamtkoloniezahl der Kontaminationsflüssigkeit betrug zwischen 2×10^8 und 2×10^9 KbE/ml, was durch ein standardisiertes quantitatives Kulturverfahren nach EN 12054 validiert wurde.

Kontamination der Hände: Vor der Kontamination wurden die Hände 1 min lang mit 3 ml Kaliseife gewaschen. Das diente der Reduzierung von Bakterien der transienten Hautflora. Die Hände wurden anschließend gründlich mit Papierhandtüchern getrocknet. Danach wurden beide Hände für 5 s in eine Schüssel mit Kontaminationsflüssigkeit bis zur Mitte der Mittelhand eingetaucht. Die Hände wurden dabei aufrecht nach unten gehalten und die Finger wurden gespreizt. Beim Herausnehmen der Hände wurde überschüssige Flüssigkeit abtropfen gelassen.

Nun trockneten die Hände 3 min an der Luft. Dabei wurden sie waagerecht gehalten und hin- und hergedreht, um Tröpfchenbildung zu vermeiden.

Es wurde sichergestellt, dass zwischen der Kontamination des ersten und des letzten Probanden nie mehr als 3 h lagen und alle Probanden mit derselben Kontaminationsflüssigkeit exponiert wurden.

Erhebung der Vorwerte: Nach dem Trocknen wurden die Fingerkuppen 1 min lang in einer Petrischale mit 10 ml TSL ohne Neutralisationsmittel ausgeknetet. Für jede

Hand wurde eine separate Schale verwendet. Es wurde darauf geachtet, dass die Probanden Fingerspitzen und Nagelfalze auskneteten.
Im Anschluss wurden von den Proben Verdünnungen von 10^{-3} und 10^{-4} hergestellt. Von jeder Lösung wurden mit einem Glasspatel 0,1 ml auf der Oberfläche einer TSA-Platte in Doppelbestimmung ausgespatelt. Die Zeit zwischen der Probeentnahme und dem Ausspateln überschritt nie 30 min.

Schema der hygienischen Händedesinfektion: Die Probanden bekamen je 3 ml Desinfektionsmittel in die trockene Hohlhand. Dieses wurde nach dem Standardverfahren verrieben, sodass sicher gestellt war, dass die gesamte Haut der Hände vollständig benetzt wurde.
Das Standardverfahren setzt sich aus folgenden Schritten zusammen:

1. Das Desinfektionsmittel wird zwischen beiden Handflächen verrieben.
2. Die rechte Handfläche bewegt sich über den linken Handrücken und die linke Handfläche über den rechten Handrücken.
3. Die Handflächen werden mit verschränkten, gespreizten Fingern aneinander gerieben.
4. Mit verschränkten Fingern reibt die Außenseite der Finger an der Handfläche der gegenseitigen Hand.
5. Der rechte Daumen wird in der geschlossenen linken Hand gerieben und vice versa.
6. Die geschlossenen Fingerkuppen werden kreisend in der jeweils gegenüberliegenden Handfläche gerieben.

Die Anwendungsdauer des Händedesinfektionsmittels erforderte gemäß deklarierter Einwirkzeit 30 s.
Nach der Desinfektion wurden die Hände unter fließendem Wasser 5 s lang abgespült und überschüssiges Wasser wurde abgeschüttelt.

Erhebung der Nachwerte: Direkt nach dem Desinfektionsvorgang wurden die Fingerkuppen auf dem Boden von Pertrischalen mit je 10 ml TSL mit Neutralisationsmittel 1 min lang ausgeknetet. Für jede Hand verwendeten wir eine separate Petrischale.

Dann wurden 0,5 ml sowie 0,1 ml der unverdünnten Sammelflüssigkeit auf TSA-Platten mittels Glasspatel ausgespatelt. Zudem spatelten wir 0,1 ml der Sammelflüssigkeit in Verdünnungen von 10^{-1} sowie 10^{-2} auf TSA-Platten aus.
Die Zeit zwischen der Probeentnahme und dem Ausspateln betrug höchstens 30 min.

Inkubation: Sämtliche TSA-Petrischalen wurden für 48 h bei 36 ± 1C° aerob im Brutschrank bebrütet. Anschließend wurden die sichtbaren Koloniebildenden Einheiten (KbE) ausgezählt.

Kalkulation: Für jede Verdünnung wurde die Anzahl der KbE erfasst. Der Verdünnungsfaktor wurde berechnet, indem der Verdünnungsfaktor der Sammellösung mit dem aus der Sammellösung entnommenen Volumen in ml multipliziert wurde. Die Anzahl der KbE pro ml wurde berechnet, indem der Verdünnungsfaktor mit den auf der TSA-Platte ausgezählten Kolonien multipliziert wurde.
Die Anzahl der ausgezählten Kolonien betrug, wenn möglich, zwischen 15 und 300 Kolonien, um in die Berechnung miteinbezogen werden zu können. Gab es verwendbare Ergebnisse in mehreren Verdünnungsstufen, wurde der gewichtete arithmetische Mittelwert für die Kalkulation verwendet.
Die Anzahl aller sichtbaren Kolonien pro ml wurde in dezimale Logarithmen transformiert. Die Vor- und Nachwerte für die rechte und linke Hand wurden separat berechnet und anschließend gemittelt. Aus der Differenz zwischen den Vor- und Nachwerten wurde der Reduktionsfaktor berechnet. Schließlich wurde das arithmetische Mittel aus allen erhaltenen Reduktionsfaktoren für jedes Experiment bestimmt.
Mit diesen Daten konnten die Ergebnisse der Experimente mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (p=0,1) verglichen werden. Bei unterschiedlich großen Stichproben wie beim Vergleich der Daten des Hauptexperiments (n=21) mit einigen Folgeversuchen (n=6) verwendeten wir den U-Test von Mann und Whitney (p=0,05).

2.2.3 Hauptversuch: Untersuchungen zur Interaktion von alkoholischen Händedesinfektionsmitteln mit Massagemitteln

Der Versuch sollte Aufschluss darüber geben, ob die Anwendung von Massagemitteln die Leistung des nachfolgend angewandten alkoholischen Händedesinfektionsmittels beeinflusst.

Experimentelles Design: Um die Wirkung von zwei Massagemitteln auf das Desinfektionsmittel nach Wirksamkeitsaspekten zu untersuchen, führten die 21 Probanden nach Kontamination mit E. coli die Händedesinfektion ohne bzw. mit vorheriger Anwendung von Massagemitteln cross-over und einfach verblindet im lateinischen Quadrat durch (Abb. 2). Die Kontamination mit E. coli fand direkt vor dem 20-minütigen Kontakt mit dem Massagemittel statt. Wurde kein Massagemittel verwendet, wurde ohne Pause im Versuchsablauf weiter verfahren (Abb. 1).

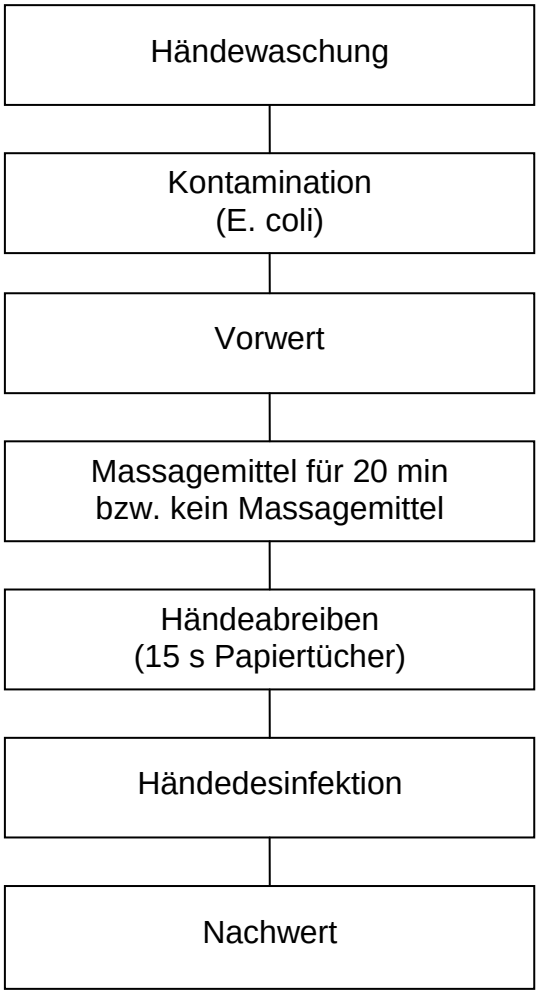

Abb. 1 Ablaufplan des Hauptversuchs

Die 21 Versuchspersonen wurden randomisiert in drei Gruppen zu je sieben Personen eingeteilt.

An jedem Versuchstag wurden alle Produkte getestet, sodass am Ende der Studie jeder Proband jedes Mittel einmal getestet bzw. einmal kein Massagemittel benutzt hat.

Am ersten Versuchstag führte Gruppe 1 den Versuch ohne Massagemittel durch, während Gruppe 2 den Massageschaum und Gruppe 3 das Massagefluid benutzte. Dieser Versuch wurde eine Woche später am gleichen Wochentag wiederholt. Jetzt benutzte Gruppe 1 das Fluid, Gruppe 2 bekam kein Massagemittel und Gruppe 3 erhielt den Schaum. Nach einer weiteren Woche fand der dritte Versuch statt und Gruppe 1 verwendete den Schaum, Gruppe 2 massierte sich die Hände mit dem Fluid und Gruppe 3 bekam kein Massagemittel (Tab. 2).

Tabelle 2 Lateinisches Quadrat

	Gruppe 1	**Gruppe 2**	**Gruppe 3**
1. Versuchstag	ohne Massagemittel	Schaum	Fluid
2. Versuchstag	Fluid	ohne Massagemittel	Schaum
3. Versuchstag	Schaum	Fluid	Ohne Massagemittel

Erhebung der Vorwerte: Zu Beginn wuschen sich die 21 Probanden 1 min lang die Hände mit 3 ml Kaliseife. Anschließend wurden die Hände unter fließendem Leitungswasser abgespült und mit Einmalpapierhandtüchern abgetrocknet. Danach fand die Kontamination statt. Die Probanden tauchten 5 s lang ihre Hände bis zur Mitte der Mittelhand in die Bakteriensuspension. Die feuchten Hände wurden für 3 min in waagerechter Haltung an der Luft getrocknet.
Dann fand das einminütige Auskneten der Finger- sowie Daumenkuppen in jeweils mit 10 ml TSL gefüllten Petrischalen statt.
Für die quantitative Kultur wurden Verdünnungen von 10^{-3} und 10^{-4} von der Sammelflüssigkeit der Petrischalen hergestellt. Davon wurden in Doppelbestimmung je 0,1 ml auf TSA-Platten ausgespatelt. Diese wurden 48 h bei 36 ± 1°C aerob im Brutschrank bebrütet. Danach wurden die Kolonien ausgezählt.

Erhebung der Nachwerte der mit Massagemittel massierten Hände: Nach dem Auskneten und der Bestimmung der Vorwerte wurden den Probanden je 0,5 g eines Massagemittels gegeben. Damit massierten sie 20 min lang ihre Hände. Dabei wurden Bewegungen wie beim Standardhändedesinfektionsverfahren durchgeführt. Es wurde lediglich mehr Druck auf die Haut ausgeübt, um eine Massage zu imitieren. Danach wurde das Massagemittel mit trockenen Papierhandtüchern durch 15 s langes Abreiben entfernt. Daran schloss sich die hygienische Händedesinfektion mit 3 ml Descoderm an. Anschließend wurde das Desinfektionsmittel 5 s lang unter fließendem Leitungswasser abgespült.

Dann kneteten die Probanden ihre Fingerkuppen (einschließlich der Daumen) 1 min lang in Petrischalen mit je 10 ml TSL mit Enthemmer aus. Von der Sammelflüssigkeit wurden unverdünnt 0,5 ml sowie 0,1 ml entnommen und auf TSA-Platten in Doppelbestimmung ausgespatelt. Außerdem wurden von den Verdünnungen 10^{-1} und 10^{-2} je 0,1 ml als Doppelbestimmung auf TSA Platten ausgespatelt und nach 48 h Bebrütung bei 36 ± 1°C die Kolonien ausgezählt.

Erhebung der Nachwerte von „unmassierten“ Händen (Referenz): Dem Auskneten zur Bestimmung der Vorwerte folgte ein 15 s langes Abreiben der Hände mit Papierhandtüchern. Anschließend wurde die Händedesinfektion nach dem Standardverfahren durchgeführt, bevor das Auskneten der Nachwerte wie oben beschrieben stattfand.

2.2.4 Folgeversuche

2.2.4.1 Experiment ohne Abreiben mit Papierhandtüchern

Dieses Experiment sollte zeigen, welchen Einfluss das Abreiben der Hände mit bzw. ohne Massagemittel mit Papierhandtüchern im Hauptexperiment hat.

Charakteristik der Probanden: Es nahmen 6 Probanden (4 weibliche, 2 männliche) im Alter von 20–28 Jahren teil. Unter den Versuchsteilnehmern befanden sich Laborpersonal und Medizinstudenten.

Bestimmung der Vorwerte: Das Verfahren zur Bestimmung der Vorwerte glich exakt dem des Hauptexperiments.

Bestimmung der Nachwerte: Das Desinfektionsverfahren wurde ohne vorherige Entfernung des Massagemittels mit Papierhandtüchern durchgeführt. Auch beim Verzicht auf Massagemittel wurden die Hände nicht mit Papierhandtüchern abgerieben. Ansonsten glich die Erhebung der Nachwerte dem Verfahren des Hauptexperiments (Abb. 2).

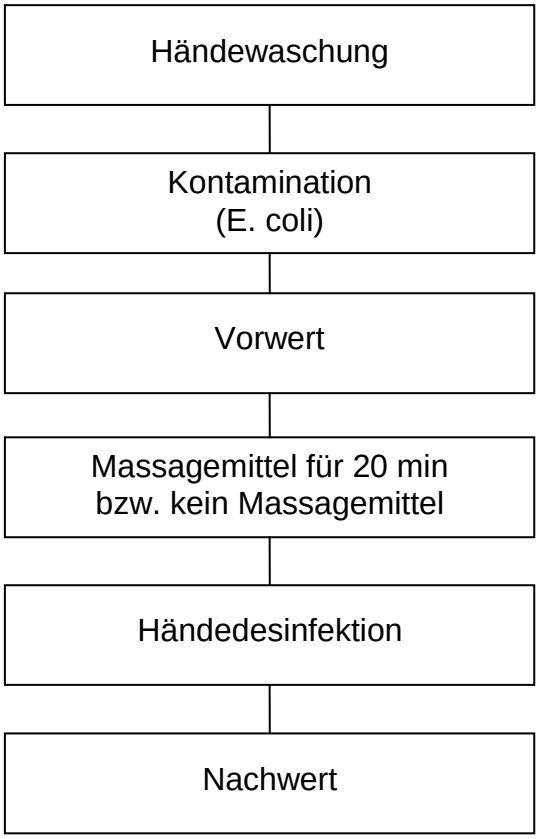

Abb. 2 Ablaufplan des Folgeversuchs 1

2.2.4.2 Experiment zur Überlebensrate der Bakterien auf der Hand nach Anwendung des Massagemittels und anschließender Antrocknungszeit von 20 min

Es sollte herausgefunden werden, wie hoch die Absterberate von E. coli nach 20-minütigem Aufenthalt auf den Massagemitteln an der Hand ist.

Charakteristik der Probanden: Es nahmen 6 Probanden (4 weibliche, 2 männliche) im Alter von 26–41 Jahren teil. Unter den Versuchsteilnehmern waren Laborpersonal und Medizinstudenten.

Durchführung: Zu Beginn wurde eine Händewaschung durchgeführt. Danach massierten die Probanden 20 min lang ihre Hände wie oben erläutert mit je 0,5 g Massagemittel. Anschließend fand für 5 s die Kontamination mit E. coli statt. Nach 20-minütiger Antrocknungszeit wurden die Fingerkuppen (einschließlich der Daumen) in Petrischalen mit je 10 ml TSL ausgeknetet. Danach wurden 0,1 ml der

Verdünnungen 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3} und 10^{-4} ausgespatelt. Nach einer aeroben Bebrütungszeit von 48 h bei 36 ± 1°C wurden die Kolonien ausgezählt (Abb. 3).
Um einen Referenzwert zu erhalten, wurde das Experiment ohne Massage durchgeführt. Die Antrocknungszeit betrug hier wie von der EN 1500 gefordert 3 min.

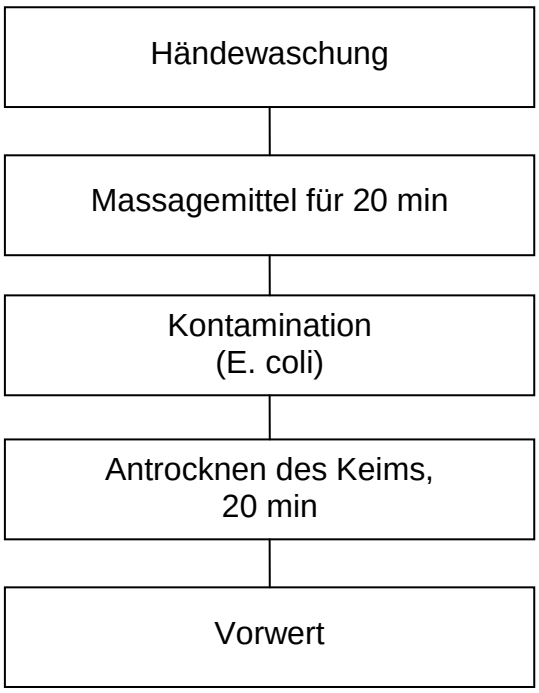

Abb.3 Ablaufplan des Folgeexperiments 2

2.2.4.3 In-vitro-Experiment zur Untersuchung des Überlebens der Bakterien während der Massage

Dieses Experiment sollte Hinweise darauf geben, inwiefern die Testorganismen eine 20-minütige Massagezeit mit Massagemittel überleben. Dafür wurde in vitro eine Massage simuliert. Zu einer Bakteriensuspension wurden die Massagemittel gegeben und anschließend wurde die Suspension 20 min gevortext. Die darin enthaltenen Bakterien wurden mit einem Referenzwert (Bakterien in NaCl, kein Massagemittel darin enthalten) verglichen.

Durchführung:

Ermittlung der Bakterien in Massagemitteln: Zuerst wurden Bakteriensuspensionen hergestellt. Dafür wurde für jedes Reagenzglas eine Kolonie E. coli in 1 ml NaCl suspendiert. Für den Massageschaum und das Massagefluid bereiteten wir je fünf Reagenzgläser vor. Zu den Bakteriensuspensionen wurden je 9 g Massageschaum

bzw. Massagefluid gegeben. Die Suspension wurde 20 min lang bei 320 Bewegungen pro Minute gevortext. Anschließend wurden davon Verdünnungen von 10^{-3} und 10^{-4} mit TSL inklusive Enthemmer als Verdünnungsmittel hergestellt. Davon wurden in Doppelbestimmung je 0,1 ml auf TSA-Platten ausgespatelt und 48 h bei 36 ± 1°C aerob im Brutschrank bebrütet. Abschließend fand die Auszählung der Kolonien statt.

Ermittlung der Bakterien in NaCl (Referenz): Es wurden drei Reagenzgläser mit einer Bakteriensuspension wie oben beschrieben vorbereitet. Dazu wurden 9 ml NaCl gegeben. Nach kurzem Vortexen stellten wir Verdünnungen von 10^{-3} und 10^{-4} mit TSL mit Enthemmer als Verdünnungsmittel her. Davon wurden in Doppelbestimmung je 0,1 ml auf TSA-Platten ausgespatelt und 48 h bei 36 ± 1°C aerob im Brutschrank bebrütet. Im Anschluss wurden die Kolonien ausgezählt.

2.2.4.4 Hemmhoftest zur Prüfung der antimikrobiellen Aktivität der Massagemittel im Zusammenwirken mit der Haut

Es sollte herausgefunden werden, ob während der Massage Stoffe mit antimikrobieller Aktivität durch den Kontakt des Massagemittels mit der Haut entstehen.

Charakteristik der Probanden: Es nahmen 6 Probanden im Alter von 18–49 Jahren teil.

Durchführung: Nach der Händedesinfektion gemäß Standardverfahren und 5-minütiger Wartezeit massierten die Probanden 20 min lang mit 0,5 g Massagemittel ihre Hände. Anschließend fand das Auskneten der Finger- und Daumenkuppen beider Hände für 1 min in separaten Petrischalen mit je 4 ml Müller-Hinton-Bouillon statt. Danach wurden aus jeder Petrischale 50 µl in eine Ausstanzung einer Müller-Hinton-Agar-Platte gegeben. Kurz zuvor waren die Müller-Hinton-Agar-Platten mit einer E. coli-Suspension beimpft worden, die Ausstanzung vorgenommen worden und die Böden der Stanzlöcher mit Agar verschlossen worden. Zur Herstellung der Suspension wurde eine Bakterienkolonie in 1 ml NaCl suspendiert. Davon wurde eine Verdünnung von 10^{-1} hergestellt, womit die Platte beimpft wurde. Nach einer

Inkubationszeit von 24 h bei 36 ± 1 ºC wurde das Vorhandensein und Ausmaß der Hemmhöfe bestimmt.
Jeder Proband führte das Experiment mit Massagefluid und Massageschaum sowie ohne Massagemittel durch. Im Fall, dass kein Massagemittel benutzt wurde, fand das Auskneten 5 min nach der Händedesinfektion statt.

2.2.4.5 Experiment zur Untersuchung der Bakterienabgabe aus dem Massagemittel

Das Experiment sollte zeigen, ob Bakterien, die von Massagemittel eingeschlossen sind, beim Auskneten in TSL mit Enthemmer in die Sammelflüssigkeit abgegeben werden. Dafür wurden nur die Vorwerte bestimmt. Dieser Versuch fand nicht cross-over statt. Alle 12 Probanden nahmen am selben Tag am Versuch teil, wobei die Hälfte der Versuchsteilnehmer das Massagefluid und die andere Hälfte den Massageschaum bekamen.

Charakteristik der Probanden: Es nahmen 12 Probanden teil, die aus den 21 Probanden des Hauptversuches stammten. Unter ihnen waren Medizinstudenten und Berufstätige in nichtmedizinischen Bereichen.

Bestimmung der Vorwerte: Nach einminütiger Händewaschung mit 3 ml Kaliseife und Abtrocknen mit Papierhandtüchern fand für 5 s die Kontamination mit E. coli statt. Nach einer Antrocknungszeit von 3 min wurde eine 20-minütige Massage durchgeführt. Danach wurden die Fingerkuppen (einschließlich der Daumen) 1 min in Petrischalen mit je 10 ml TSL mit Enthemmer ausgeknetet. Von den Verdünnungen 10^{-3} und 10^{-4} dieser Sammelflüssigkeit wurden je 0,1 ml in Doppelbestimmung auf TSA-Platten ausgespatelt und für 48 h bebrütet. Schließlich fand das Auszählen der Kolonien statt (Abb. 4).

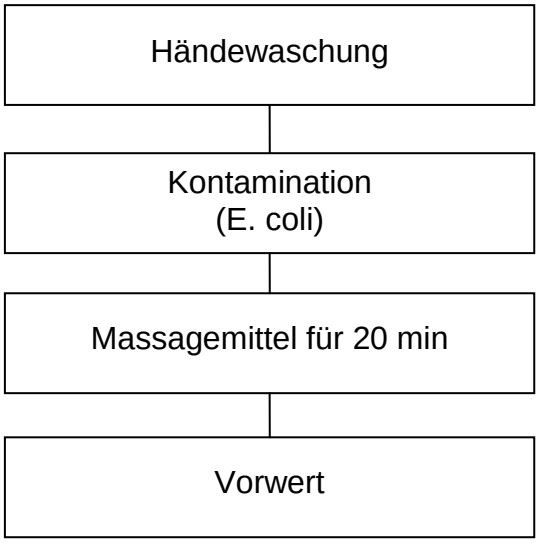

Abb.4 Ablaufplan des Folgeexperiments 5

2.2.4.6 Experiment zur Löslichkeit der Massagemittel in Alkohol

Es sollte untersucht werden, ob unterschiedliche Konzentrationen (15 %, 10 %, 5 %) von Ethanol das gleiche Emulgationsvermögen wie das in den Probandenversuchen verwendete Händedesinfektionsmittel Descoderm (70 % Propan-2-ol) besitzen.

Durchführung: Es wurden jeweils 2,5 g des Massagefluids bzw. des Massageschaums mit je 2 ml Ethanol in den Konzentrationen 15 %, 10 % und 5 % sowie 70 % Propan-2-ol (Descoderm) gemischt und für 30 s gevortext. Die Reagenzgläser blieben 30 s lang stehen und wurden optisch begutachtet. Zeitgleich wurden Fotos zur Dokumentation aufgenommen.

2.2.4.7 Experiment zur Untersuchung der Bakterienabgabe von der Oberfläche der Massagemittel

Das Experiment sollte zeigen, ob Bakterien, die sich direkt auf der Oberfläche des Massagemittels befinden, besser in das Sammelmedium (zur Bestimmung der Vor- und Nachwerte) abgegeben werden als Bakterien, die vom Massagemittel eingeschlossen sind.

Charakteristik der Probanden: Es nahmen 6 Probanden im Alter von 26–41 Jahren teil (4 weibliche, 2 männliche). Unter den Versuchsteilnehmern befanden sich Laborpersonal und Medizinstudenten.

Bestimmung der Vorwerte: Zu Beginn fand die Händewaschung wie oben beschrieben statt. Danach massierten die Probanden 20 min lang ihre Hände wie oben erläutert mit je 0,5 g Massagemittel. Anschließend fand für 5 s die Kontamination mit E. coli statt. Nach 3-minütiger Antrocknungszeit wurden die Fingerkuppen (einschließlich der Daumen) in Petrischalen mit je 10 ml TSL ausgeknetet. Es wurden 0,1 ml von den Verdünnungen 10^{-3} und 10^{-4} ausgespatelt. Nach einer aeroben Bebrütungszeit von 48 h bei 36 ± 1°C wurden die Kolonien ausgezählt.

Bestimmung der Nachwerte: An das Auskneten der Vorwerte schloss sich direkt die Händedesinfektion an. Sie wurde wie oben beschrieben durchgeführt. Auch das Auskneten der Fingerkuppen, das Ausspateln und die Bebrütung fanden wie oben beschrieben statt.

Um Referenzwerte zu erhalten, wurde das Experiment ohne Massagemittel durchgeführt. Die Kontamination fand dabei direkt im Anschluss an das Händewaschen statt (Abb. 7).

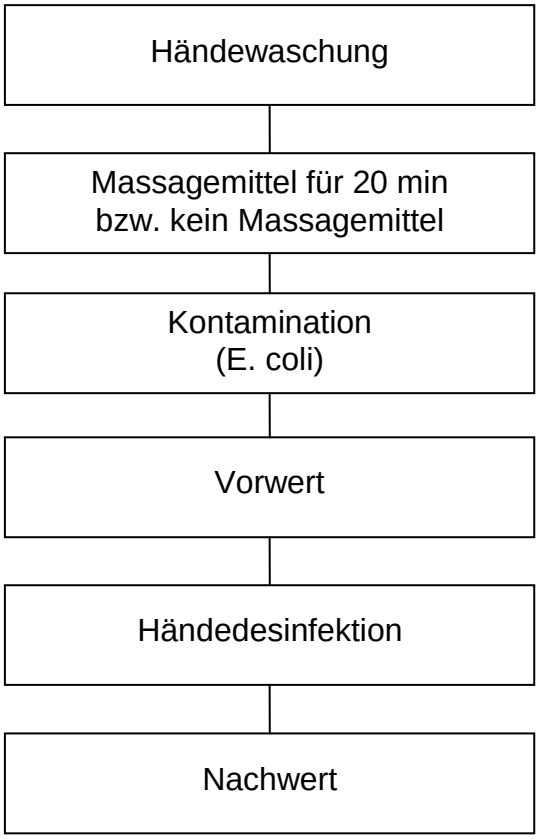

Abb. 5 Ablaufplan des Folgeexperiments 7

2.3 Ergebnisse

Die vorliegende Arbeit beinhaltet einen Vorversuch, einen Hauptversuch und 7 Folgeversuche zur Effizienz der Desinfektion von mit Massagemittel benetzter Haut.

Der Vorversuch wurde durchgeführt, um die Reste des an den Händen der Physiotherapeuten nach einer Massage verbliebenen Massagemittels quantitativ zu bestimmen und dadurch die Einsatzmenge an Massagemittel für die Probanden abzuschätzen. Der Hauptversuch war eine an die EN 1500 angelehnte Händedesinfektionsstudie. Als Folgeversuche wurden 6 Abwandlungen des Hauptexperiments sowie ein In-vitro-Experiment durchgeführt.

2.3.1 Vorversuch

Messungen an Physiotherapeuten: Die Fettmessung mittels Sebumeter an der jeweils rechten Hand der Physiotherapeuten vor der Massage ergab einen Mittelwert von 2,38 µg/cm^2. Nach der Massage betrug der Wert 281,79 µg/cm^2. Die Differenz beträgt 279,41 µg/cm^2 (Tab. 3).

Tabelle 3 Mittels Sebumeter ermittelte Werte an den Händen der Physiotherapeuten

Physiotherapeut	Vor Massage	Nach Massage	Differenz
1	2,76	255,33	252,57
2	0,00	276,67	276,67
3	1,00	306,67	305,67
4	1,33	266,67	265,34
5	4,67	283,33	278,66
6	0,00	282,00	282,00
7	3,00	301,67	298,67
8	6,33	282,00	275,67
Mittelwert	**2,38**	**281,79**	**279,41**
Standardabweichung	**2,26**	**16,78**	**16,94**

Messungen an Probanden: Nach 20-minütiger Massage mit 0,25 g Massagefluid wurde ein Mittelwert von 211,78 µg/cm^2 erreicht (Tab. 4).

Tabelle 4 Mittels Sebumeter ermittelte Werte an den Händen der Probanden nach Massage mit 0,25 g Fluid

Proband	Vor Massage	Nach Massage	Differenz
1	0,00	225,67	225,67
2	1,00	196,67	195,67
3	2,33	216,33	214,00
Mittelwert	**1,11**	**212,89**	**211,78**
Standardabweichung	**1,17**	**12,09**	**15,12**

Nach 20-minütiger Anwendung von 0,25 g Massageschaum wurde ein Mittelwert von 182,33 µg/cm^2 erreicht (Tab. 5).

Tabelle 5 Mittels Sebumeter ermittelte Werte an den Händen der Probanden nach Massage mit 0,25 g Schaum

Proband	Vor Massage	Nach Massage	Differenz
1	0,33	180,33	180,00
2	1,67	175,33	173,66
3	2,33	195,67	193,34
Mittelwert	**1,44**	**183,78**	**182,33**
Standardabweichung	**1,02**	**10,60**	**10,05**

Nach 20-minütiger Massage mit 0,5 g Massagefluid wurde ein Mittelwert von 280,00 µg/cm^2 erreicht (Tab. 6).

Tabelle 6 Mittels Sebumeter ermittelte Werte an den Händen der Probanden nach Massage mit 0,5 g Fluid

Proband	Vor Massage	Nach Massage	Differenz
1	0,00	303,00	303,00
2	1,33	277,33	276,00
3	3,33	264,33	261,00
Mittelwert	**1,56**	**281,56**	**280,00**
Standardabweichung	**1,68**	**19,68**	**21,28**

Nach 20-minütiger Anwendung von 0,5 g Massageschaum wurde ein Mittelwert von 260,22 µg/cm^2 erreicht (Tab. 7).

Tabelle 7 Mittels Sebumeter ermittelte Werte an den Händen der Probanden nach Massage mit 0,5 g Schaum

Proband	Vor Massage	Nach Massage	Differenz
1	0,00	237,33	237,33
2	1,00	267,67	266,67
3	3,67	280,33	276,66
Mittelwert	**1,56**	**261,78**	**260,22**
Standardabweichung	**1,90**	**22,10**	**20,44**

Nach 20-minütiger Massage mit 1,0 g Massagefluid wurde ein Mittelwert von 348,67 µg/cm^2 erreicht (Tab. 8).

Tabelle 8 Mittels Sebumeter ermittelte Werte an den Händen der Probanden nach Massage mit 1 g Fluid

Proband	Vor Massage	Nach Massage	Differenz
1	0,00	365,00	365,00
2	1,33	351,00	349,67
3	3,67	335,00	331,33
Mittelwert	**1,67**	**350,33**	**348,67**
Standardabweichung	**1,86**	**15,01**	**16,86**

Nach 20-minütiger Anwendung von 1,0 g Massageschaum wurde ein Mittelwert von 322,22 µg/cm^2 erreicht (Tab. 9).

Tabelle 9 Mittels Sebumeter ermittelte Werte an den Händen der Probanden nach Massage mit 1 g Schaum

Proband	Vor Massage	Nach Massage	Differenz
1	0,00	321,33	321,33
2	1,67	327,67	326,00
3	2,67	322,00	319,33
Mittelwert	**1,44**	**323,67**	**322,22**
Standardabweichung	**1,35**	**3,48**	**3,42**

Die bei der Fettmessung ermittelten Werte an den Händen der Physiotherapeuten glichen am stärksten den Messwerten der Probandenhände bei Verwendung von 0,5 g Massagefluid bzw. -schaum, weshalb diese Menge im Hauptversuch eingesetzt wurde.

2.3.2 Hauptversuch

Anwendung des Massagefluids: Bei Verwendung von 0,5 g Massagefluid vor der Händedesinfektion resultierte ein Reduktionsfaktor von 5,56. Die Standardabweichung betrug 0,89 (Tab. 10).

Tabelle 10 Logarithmus der Vorwerte, Nachwerte und daraus berechneter Reduktionsfaktor nach Fluidanwendung

Proband	lg Vorwert (VW)	lg Nachwert (NW)	Reduktionsfaktor
1	6,91	0,00	6,91
2	6,74	0,00	6,74
3	7,05	2,19	4,86
4	7,00	2,19	4,81
5	6,74	2,00	4,74
6	6,82	1,56	5,26
7	6,91	0,00	6,91
8	6,66	0,00	6,66
9	6,14	0,65	5,49
10	7,13	2,27	4,86
11	6,50	0,00	6,50
12	7,30	1,70	5,60
13	6,41	2,19	4,22
14	7,02	1,59	5,43
15	7,32	0,69	6,63
16	6,23	1,36	4,87
17	6,42	0,65	5,77
18	6,89	0,54	6,35
19	6,07	1,63	4,44
20	6,74	2,07	4,67
21	5,40	0,30	5,10
Mittelwert	**6,69**	**1,12**	**5,56**
Standardabweichung	**0,46**	**0,88**	**0,89**

Anwendung des Massageschaums: Durch die Desinfektion nach Benutzung von 0,5 g Massageschaum wurde ein Reduktionsfaktor von 5,35 erreicht. Die Standardabweichung betrug 0,75 (Tab. 11).

Tabelle 11 Logarithmus der Vorwerte, Nachwerte und daraus berechneter Reduktionsfaktor nach Schaumanwendung

Proband	lg Vorwert (VW)	lg Nachwert (NW)	Reduktionsfaktor
1	6,83	0,30	6,53
2	5,08	0,00	5,08
3	6,37	1,74	4,63
4	6,91	1,36	5,55
5	6,69	2,06	4,64
6	6,63	2,67	3,96
7	6,56	1,23	5,33
8	7,43	0,30	7,13
9	6,94	1,50	5,44
10	6,51	2,13	4,38
11	6,71	0,50	6,21
12	7,24	2,35	4,89
13	6,99	2,34	4,65
14	6,64	0,67	5,97
15	7,17	1,90	5,27
16	6,94	1,37	5,57
17	6,85	0,69	6,16
18	6,96	1,57	5,39
19	6,44	1,25	5,19
20	6,74	1,37	5,37
21	6,64	1,66	4,98
Mittelwert	**6,73**	**1,38**	**5,35**
Standardabweichung	**0,46**	**0,75**	**0,75**

Referenz: Das Standardverfahren der Händedesinfektion ohne Anwendung von Massagemittel ergab einen Reduktionsfaktor von 4,38. Die Standardabweichung betrug 0,88 (Tab. 12).

Tabelle 12 Logarithmus der Vorwerte, Nachwerte und daraus berechneter Reduktionsfaktor ohne Anwendung von Massagemittel

Proband	lg Vorwert (VW)	lg Nachwert (NW)	Reduktionsfaktor
1	7,09	2,12	4,97
2	5,42	2,74	2,68
3	5,82	2,68	3,14
4	7,22	3,62	3,60
5	6,70	2,28	4,42
6	6,82	1,56	5,26
7	7,06	2,41	4,65
8	6,82	1,54	5,28
9	6,28	1,30	4,98
10	6,65	3,11	3,54
11	6,40	1,75	4,65
12	7,08	3,17	3,91
13	7,13	3,33	3,80
14	7,23	3,05	4,18
15	7,30	2,78	4,52
16	6,96	2,17	4,79
17	6,64	3,31	3,33
18	6,65	0,00	6,65
19	5,60	1,35	4,25
20	6,40	1,56	4,84
21	6,26	1,63	4,63
Mittelwert	**6,64**	**2,26**	**4,38**
Standardabweichung	**0,54**	**0,89**	**0,88**

Um die Ergebnisse statistisch zu vergleichen, wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test durchgeführt. Wie von der EN 1500 vorgeschrieben, wurde p=0,1 gewählt. Das Resultat ergab, dass die Reduktionsfaktoren der Fluid- sowie der Schaumgruppe signifikant höher waren als die Reduktionsfaktoren der Referenzgruppe (Abb. 6).

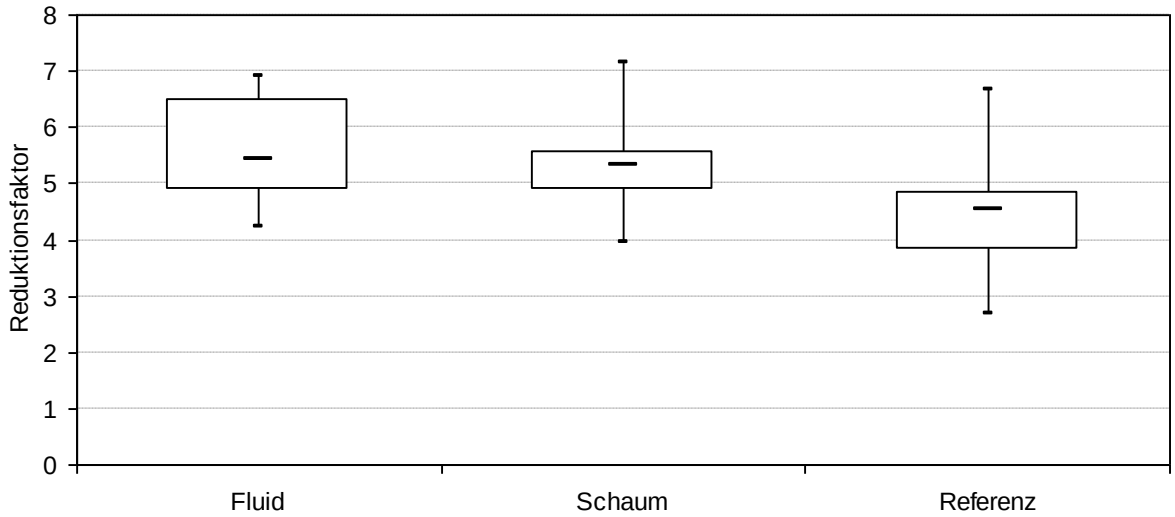

Abb. 6 Darstellung der Reduktionsfaktoren als Boxplot

2.3.3 Folgeversuche

2.3.3.1 Experiment ohne Abreiben mit Papiertüchern

Fluid: Die Desinfektion von mit Massagefluid bedeckter Haut erzielte einen mittleren Reduktionsfaktor von 5,59. Die Standardabweichung betrug 0,68 (Tab. 13).

Tabelle 13 Logarithmus der Vorwerte, Nachwerte und daraus berechneter Reduktionsfaktor nach Fluidanwendung

Proband	lg Vorwert (VW)	lg Nachwert (NW)	Reduktionsfaktor
1	6,51	1,89	4,62
2	6,85	0,15	6,70
3	6,31	0,89	5,42
4	6,69	1,35	5,34
5	5,72	0,15	5,57
6	6,66	1,30	5,86
Mittelwert	**6,46**	**0,96**	**5,59**
Standardabweichung	**0,40**	**0,70**	**0,68**

Schaum: Wurde vor der Desinfektion eine Massage mit dem Schaum durchgeführt, betrug der mittlere Reduktionsfaktor 5,38. Die Standardabweichung betrug 0,78 (Tab. 14).

Tabelle 14 Logarithmus der Vorwerte, Nachwerte und daraus berechneter Reduktionsfaktor nach Schaumanwendung

Proband	lg Vorwert (VW)	lg Nachwert (NW)	Reduktionsfaktor
1	7,04	0,54	6,50
2	7,08	2,01	5,07
3	7,04	1,87	5,17
4	6,63	2,28	4,35
5	6,08	0,00	6,08
6	6,65	1,57	5,08
Mittelwert	**6,75**	**1,38**	**5,38**
Standardabweichung	**0,39**	**0,90**	**0,78**

Referenz: Nach Durchführung der standardmäßigen Händedesinfektion ergab sich bei denselben Probanden als mittlerer Reduktionsfaktor 4,32. Die Standardabweichung betrug 0,51 (Tab. 15).

Tabelle 15 Logarithmus der Vorwerte, Nachwerte und daraus berechneter Reduktionsfaktor ohne Anwendung von Massagemittel

Proband	lg Vorwert (VW)	lg Nachwert (NW)	Reduktionsfaktor
1	6,75	2,57	4,18
2	6,98	3,07	3,91
3	7,18	2,69	4,49
4	6,83	1,95	4,88
5	6,38	1,54	4,84
6	7,22	3,62	3,60
Mittelwert	**6,89**	**2,57**	**4,32**
Standardabweichung	**0,31**	**0,75**	**0,51**

Durch das Standardverfahren der Händedesinfektion wurde eine signifikant niedrigere Erregerreduktion als durch Desinfektion von mit Massagefluid bzw. mit Massageschaum behandelter Haut erreicht (Abb. 7).

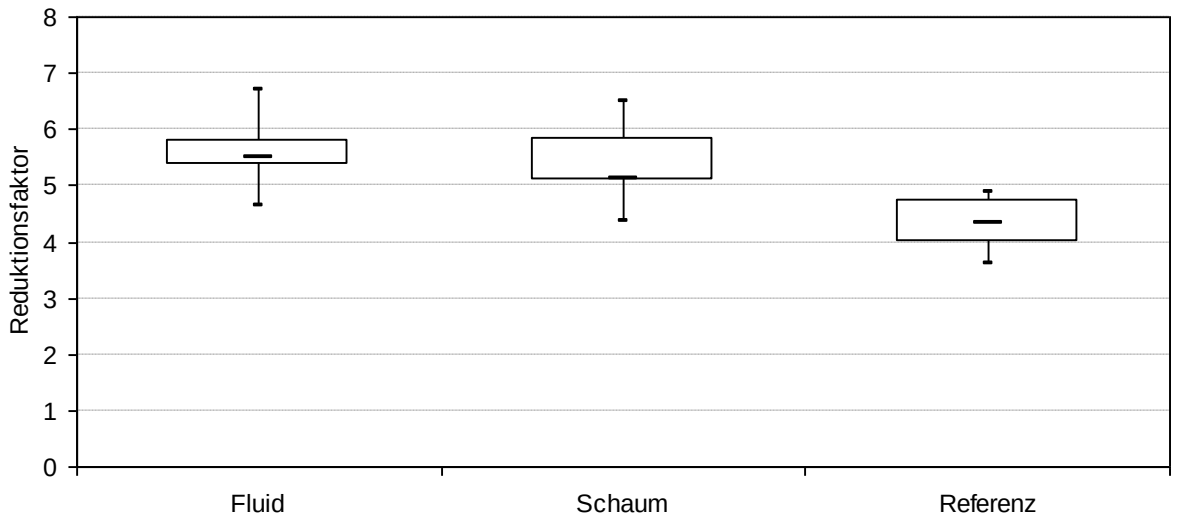

Abb.7 Darstellung der Reduktionsfaktoren als Boxplot

Der U-Test nach Mann und Whitney ergab, dass sich die Reduktionsfaktoren des Folgeversuches 1 nicht signifikant von den Reduktionsfaktoren des Hauptexperiments unterschieden (Abb. 8).

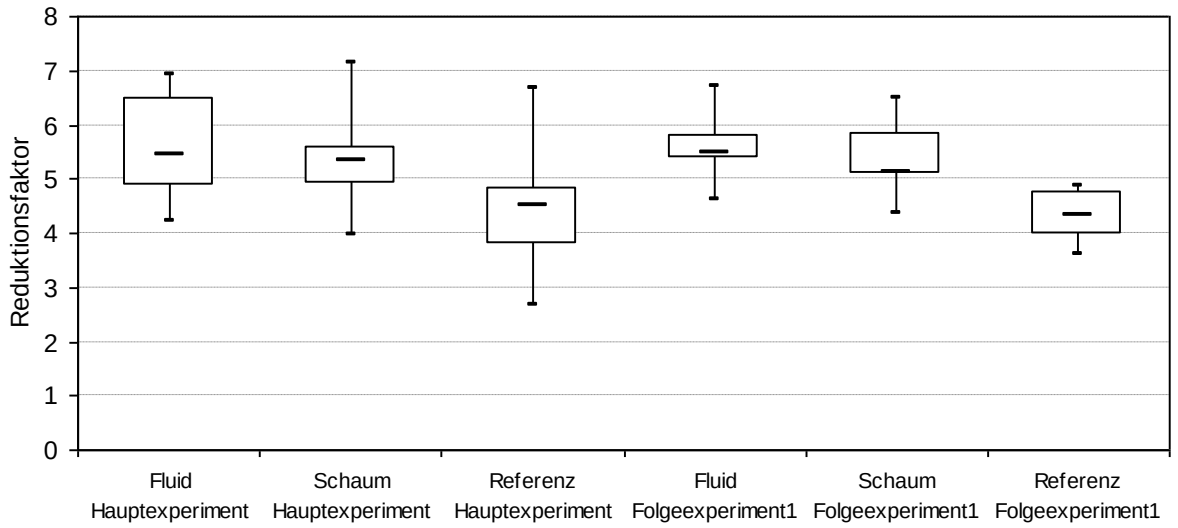

Abb. 8 Darstellung der Reduktionsfaktoren des Hauptversuchs und des Folgeexperiments 1 als Boxplot

2.3.3.2 Experiment zur Überlebensrate der Bakterien auf der Hand nach Anwendung des Massagemittels und anschließender Antrocknungszeit von 20 min

Fluid: Nach 20-minütigem Antrocknen der Bakterien auf mit Fluid bedeckten Händen betrug der Vorwert 3,65 log mit einer Standardabweichung von 0,77 (Tab. 16).

Tabelle 16 Logarithmus der Vorwerte nach Fluidanwendung

Proband	lg Vorwert (VW)
1	4,01
2	3,17
3	2,78
4	3,06
5	4,08
6	4,78
Mittelwert	**3,65**
Standardabweichung	**0,77**

Schaum: Nach 20-minütigem Antrocknen der Bakterien auf der Oberfläche von mit Schaum bedeckten Händen betrug der Vorwert 3,57 log mit einer Standardabweichung von 1,55 (Tab. 17).

Tabelle 17 Logarithmus der Vorwerte nach Schaumanwendung

Proband	lg Vorwert (VW)
1	4,09
2	4,81
3	1,24
4	2,15
5	3,93
6	5,17
Mittelwert	**3,57**
Standardabweichung	**1,55**

Referenz: Die Vorwerterhebung auf sauberen Händen mit einer Antrocknungszeit der Bakteriensuspension von 3 min ergab einen Wert von 6,24 log. Die Standardabweichung betrug 0,60 (Tab. 18).

Tabelle 18 Logarithmus der Vorwerte ohne Anwendung von Massagemittel

Proband	lg Vorwert (VW)
1	6,07
2	6,52
3	5,68
4	5,47
5	6,99
6	6,71
Mittelwert	**6,24**
Standardabweichung	**0,60**

Die statistische Auswertung ergab, dass die Bakterienzahl nach 20-minütigem Aufenthalt auf dem Fluid bzw. Schaum signifikant geringer war als nach 3-minütigem Antrocknen auf sauberen Händen (Referenz; Abb. 9).

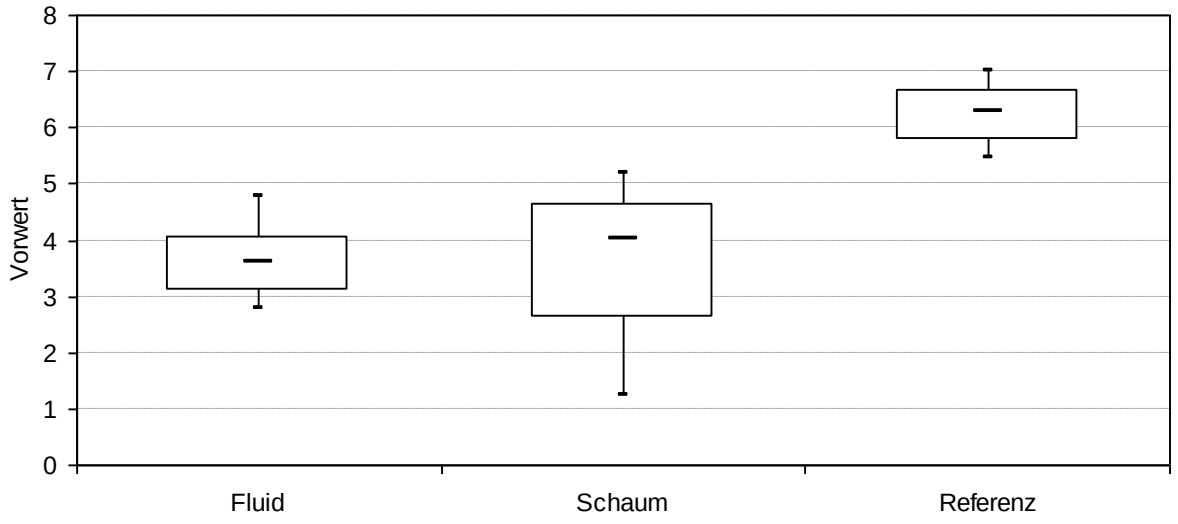

Abb. 9 Darstellung der Vorwerte als Boxplot

2.3.3.3 In-vitro-Experiment zur Untersuchung des Überlebens der Bakterien während der Massage

Die Bakterienzahl pro Milliliter betrug nach 20 min Inkorporation im Massagefluid 5,82 log. Nach derselben Zeit waren im Schaum 7,06 log Bakterien vorhanden. Der Referenzwert betrug 7,19 log (Tab. 19).

Die Bakterienzahl der Proben aus dem Schaum unterschied sich nicht signifikant vom Referenzwert. Die Proben aus dem Fluid waren dagegen signifikant niedriger als der Referenzwert.

Tabelle 19 Logarithmus der Bakterienzahl

Reagenzglas	Fluid	Schaum	Referenz
1	6,13	7,20	7,06
2	5,83	6,86	7,43
3	6,66	7,10	7,07
4	5,04	7,10	
5	5,45	7,05	
Mittelwert	**5,82**	**7,06**	**7,19**
Standardabweichung	**0,62**	**0,13**	**0,21**

2.3.3.4 Hemmhoftest zur Prüfung der antimikrobiellen Aktivität der Massagemittel im Zusammenwirken mit der Haut

Auf den folgenden Abbildungen ist ersichtlich, dass weder bei Anwendung des Massagefluids bzw. -schaums noch bei der Referenz Hemmhöfe entstanden sind. Die Bakterien zeigen auf sämtlichen Platten das gleiche Wachstum (Abb. 10–15).

Abb. 10 Fluid linke Hand

Abb. 11 Fluid rechte Hand

Abb. 12 Schaum linke Hand

Abb. 13 Schaum rechte Hand

Abb. 14 Referenz linke Hand

Abb. 15 Referenz rechte Hand

2.3.3.5 Experiment zur Untersuchung der Bakterienabgabe aus dem Massagemittel

Massierten die Probanden die zuvor kontaminierten Hände mit Massagemittel, konnten bei der nachfolgenden Vorwerterhebung in den Verdünnungen von 10^{-4} und 10^{-5} keine Bakterien nachgewiesen werden (Tab. 20).

Tabelle 20 Logarithmus der Vorwerte

Proband	lg Vorwert (VW)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0

2.3.3.6 Experiment zur Löslichkeit der Massagemittel in Alkohol

In Abbildung 16 ist ersichtlich, dass sich das Emulgationsvermögen der unterschiedlich konzentrierten Alkohole unterscheidet. Je höher der Alkohol konzentriert ist, desto höher ist sein Emulgationsvermögen.

Im Reagenzglas „Descoderm 70 %“ ist eine gleichmäßige Emulsion von dem Massagefluid und dem alkoholischen Desinfektionsmittel sichtbar. In den anderen Reagenzgläsern sind die unterschiedlichen Phasen, die sich nur schwer miteinander mischen, deutlich erkennbar. In den Reagenzgläsern „5 %“ und „10 %“ befinden sich am Reagenzglasgrund Wasser, in der Mitte Massagefluid und oben Alkohol. Im Reagenzglas „15 %“ ist unten die Wasserphase zu sehen und darüber in Alkohol gelöstes Fluid.

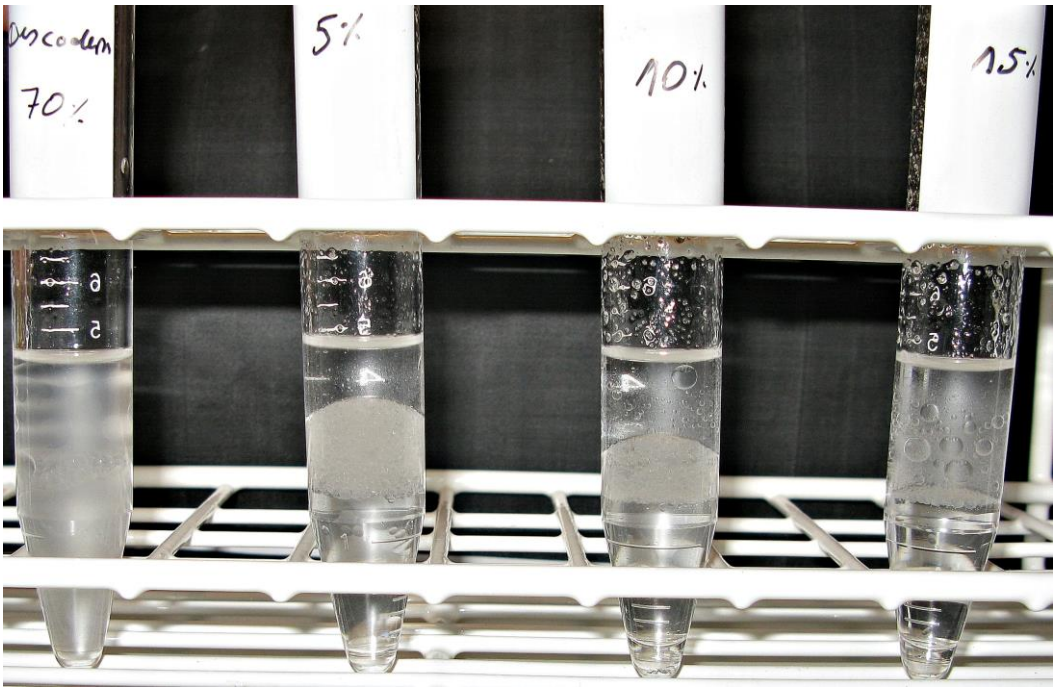

Abb. 16 Emulsionen von Ethanol in verschiedenen Konzentrationen und dem Massagefluid

In Abbildung 17 wird deutlich, dass Descoderm 70 % sich gut mit dem Schaum mischt. Dabei entsteht eine homogene Flüssigkeit. Anhand der anderen Reagenzgläser ist erkennbar, dass 5 %iger, 10 %iger und 15 %iger Ethanol nicht ausreichen, um den Schaum gänzlich aufzulösen. Die unterschiedlichen Höhen der Schaumsäulen zeigen, dass höhere Konzentrationen mehr Schaum lösen als niedrigere.

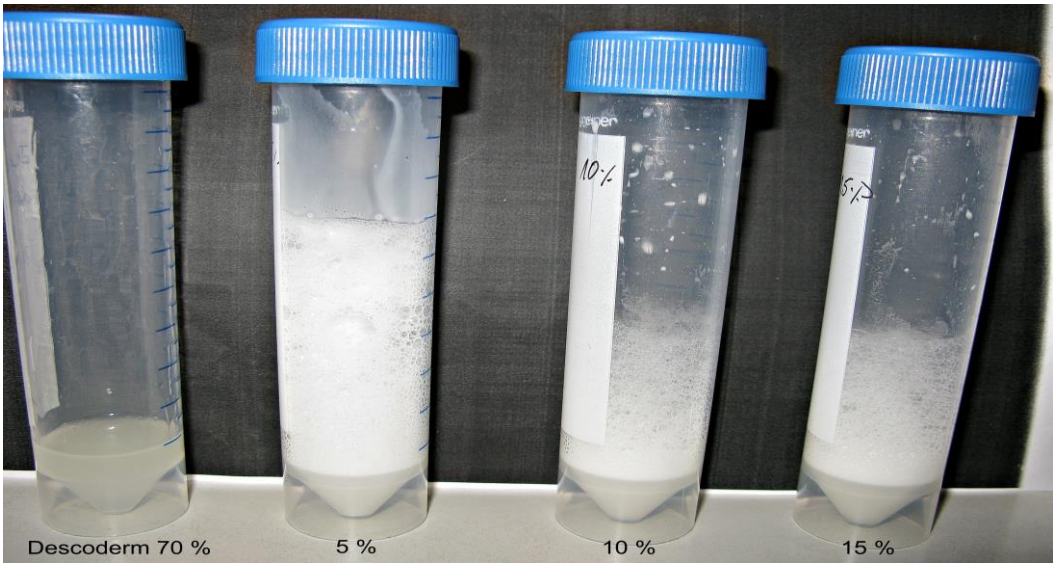

Abb. 17 Suspensionen von Ethanol in verschiedenen Konzentrationen und dem Massageschaum

2.3.3.7 Experiment zur Untersuchung der Bakterienabgabe von der Oberfläche der Massagemittel

Fluid: Die Desinfektion von mit Fluid massierter Haut ergab einen Reduktionsfaktor von 4,28 mit einer Standardabweichung von 1,80 (Tab. 21).

Tabelle 21 Logarithmus der Vorwerte, Nachwerte und daraus berechneter Reduktionsfaktor nach Fluidanwendung

Proband	lg Vorwert (VW)	lg Nachwert (NW)	Reduktionsfaktor
1	6,48	1,78	4,70
2	6,17	0,00	6,17
3	6,53	0,00	6,53
4	5,64	2,39	3,25
5	6,37	3,81	2,56
6	5,80	3,34	2,46
Mittelwert	**6,17**	**1,89**	**4,28**
Standardabweichung	**0,37**	**1,62**	**1,80**

Schaum: Wurde vor der Händedesinfektion eine Massage mit Schaum durchgeführt, wurde ein Reduktionsfaktor von 4,23 erreicht. Die Standardabweichung betrug 0,68 (Tab. 22).

Tabelle 22 Logarithmus der Vorwerte, Nachwerte und daraus berechneter Reduktionsfaktor nach Schaumanwendung

Proband	lg Vorwert (VW)	lg Nachwert (NW)	Reduktionsfaktor
1	6,79	2,78	4,01
2	6,36	1,45	4,91
3	6,67	1,75	4,92
4	6,32	1,82	4,50
5	6,67	2,79	3,88
6	6,63	3,45	3,18
Mittelwert	**6,57**	**2,34**	**4,23**
Standardabweichung	**0,19**	**0,78**	**0,68**

Referenz: Das Standarddesinfektionsverfahren von sauberen Händen ergab einen Reduktionsfaktor von 4,03 mit einer Standardabweichung von 0,92 (Tab. 23).

Tabelle 23 Logarithmus der Vorwerte, Nachwerte und daraus berechneter Reduktionsfaktor ohne Anwendung von Massagemittel

Proband	lg Vorwert (VW)	lg Nachwert (NW)	Reduktionsfaktor
1	6,74	2,81	3,93
2	6,52	1,39	5,13
3	6,22	1,17	5,05
4	6,73	3,75	2,98
5	6,57	3,48	3,09
6	6,58	2,57	4,01
Mittelwert	**6,56**	**2,53**	**4,03**
Standardabweichung	**0,19**	**1,06**	**0,92**

Die an den massierten Händen erhobenen Vorwerte unterschieden sich nicht signifikant von den Referenzwerten (Abb. 18).

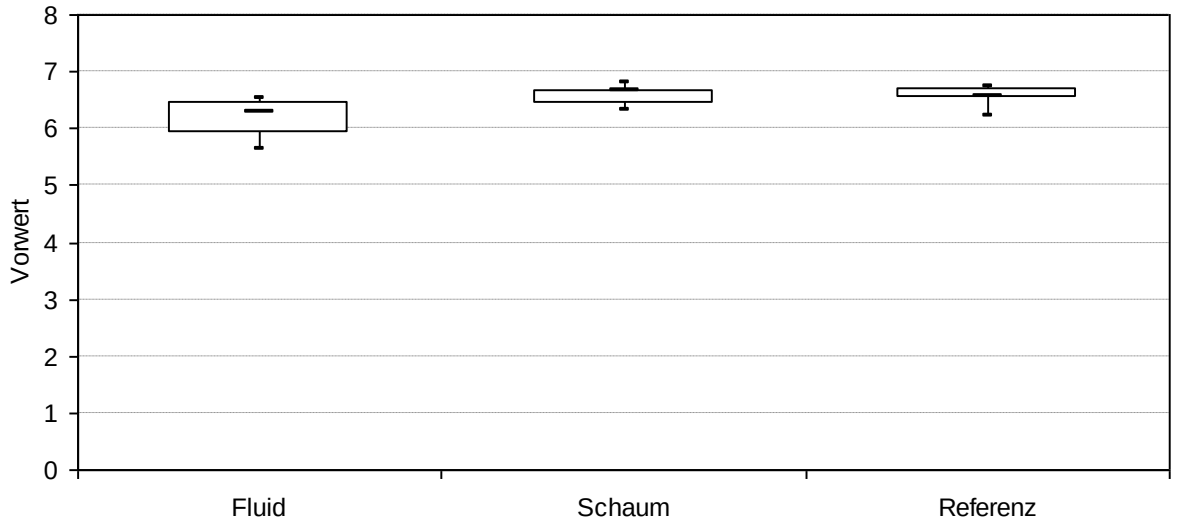

Abb. 18 Darstellung der Vorwerte als Boxplot

Bei diesem Versuch gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Reduktionsfaktoren (Abb. 19).

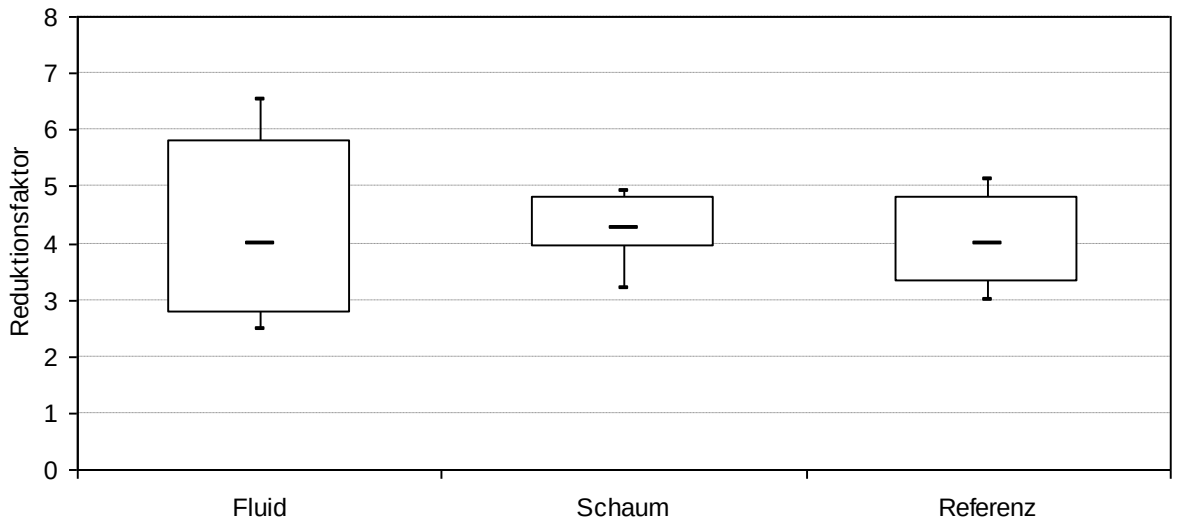

Abb. 19 Darstellung der Reduktionsfaktoren als Boxplot

3 Diskussion und Schlussfolgerungen

3.1 Methoden

3.1.1 Vorversuch

Die Sebumetrie stellt eine einfache und schnelle Messtechnik dar. Die Fettmesskassette wird mit einem definierten konstanten Druck 30 s lang auf das zu messende Hautareal gedrückt. Der gemessene Oberflächenfettgehalt wird in µm/cm^2 digital zur Anzeige gebracht. Verfälscht werden können die Ergebnisse durch Okklusionseffekte. Da die Messzeit des Gerätes sehr kurz ist (30 s), werden starke Okklusionseffekte weitgehend verhindert. Des Weiteren können schwankende Drücke des Messkopfs auf die Haut die Werte beeinflussen. Das Sebumeter garantiert einen annähernd gleichen Druck auf die Haut. Unter dem Messabschnitt der Fettmesskassette befindet sich ein Spiegel, der zusammen mit der Folie ca. 1 mm aus dem Messkopf hervorragt. Der Spiegel ist über eine ca. 0,3 N starke Feder mit der Kassette verbunden. Dadurch wird während der Messung die Folie durch den Spiegel mit diesem gleichbleibenden Druck auf die zu messende Stelle gedrückt.

Verschiedene anatomische Regionen der Haut weisen differente Werte des Sebumgehalts auf (Bernig 1997; Kramer et al. 2002). Aus diesem Grund entschieden wir uns für drei Messpunkte an den Händen. Werte wurden von den Kuppen des Zeige- und Mittelfingers sowie von der Handfläche im Bereich des Caput metacarpale des Mittelfingers erhoben. Wir verwendeten jeweils die rechte Hand.

Direkt aufeinander folgende Messungen an gleichen Hautstellen können zu falsch niedrigen Werten führen, da ein Teil des Fetts am Messabschnitt der Kassette verbleibt. Deshalb wurden die Messungen vor und nach der Massage im jeweiligen Hautareal leicht versetzt durchgeführt.

Die Ergebnisse könnten auch durch die unterschiedliche Zusammensetzung der Massagemittel und der Hautlipide beeinflusst worden sein. Das Massagefluid besteht aus Silikonölen, der Massageschaum aus pflanzlichen Ölen und die oberflächlichen Hautlipide (Sebum) setzten sich hauptsächlich aus Wachsestern, Triacylglycerolen und Squalen zusammen (Pappas 2009). Die Physiotherapeuten behandelten ihre Patienten mit unterschiedlichen Massagemitteln. Verwendet wurden Olivenöl, Babyöl (enthielt Paraffinöl und pflanzliche Öle) sowie auf Pflanzenölen basierende Gleitmittel. Verfälschte Ergebnisse können ebenso durch differierende Größen der Probandenhände bei Anwendung gleicher Mengen Massagemittel zu Stande kommen. Kleinere Hände wären in diesem Fall fettiger als größere. Es wurde daher

darauf geachtet, dass die Probanden und die Therapeuten annähernd gleich große Hände hatten.
Um vergleichbare Messkonditionen zu erreichen, wurden sämtliche Messungen innerhalb von zwei Tagen durchgeführt. Die klimatischen Verhältnisse blieben somit konstant. Die Messungen der Probanden fanden unter gleichbleibenden Umweltbedingungen im selben Raum statt.

3.1.2 Desinfektionsstudien des Hauptversuchs und der Folgeversuche

Die vorliegende Arbeit umfasst Experimente mit freiwilligen Probanden. Untersuchungen an lebenden Systemen gehen immer mit einer Vielzahl von Einflussmöglichkeiten einher. Hier handelt es sich insbesondere um die Kooperativität der Probanden, den Zustand und die Beschaffenheit von Haut und Nägeln sowie die mikrobielle Besiedlung der Haut.
Die Haut wird durch klimatische Bedingungen wie beispielsweise Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Sonneneinstrahlung beeinflusst. Alle Experimente fanden im Sommer/Herbst 2010 statt. In den Monaten Juni bis Mitte September war die Lufttemperatur relativ hoch. In den folgenden Monaten war es mild. Auch weitere Einflüsse wie z. B. die Erregerzahl der berührten Umgebung etc. bedingen Veränderungen der Hautflora.
Nicht nur die Probanden, sondern auch die die Versuche vorbereitenden, durchführenden und nachbereitenden Personen sind äußerlichen und innerlichen Faktoren ausgesetzt, die die Leistungsfähigkeit betreffen können. Durch die dadurch beeinflusste Konzentration kann die Rate zufälliger Fehler ansteigen.
Um mögliche Einflüsse auf die Versuchsergebnisse so gering wie möglich zu halten, wurden verschiedene Maßnahmen getroffen. Die EN 1500 „Hygienische Händedesinfektion“ diente in modifizierter Variante als Vorlage für die Experimente um eine bestmögliche Standardisierung zu erreichen. Insbesondere wurden die Zeiten des Händewaschens, der Kontamination mit dem Testorganismus, der Händedesinfektion und des Ausknetens der Fingerkuppen standardisiert. Nur der Einsatz der Massagemittel vor der Händedesinfektion weicht von der EN 1500 ab.
Um durch Probanden verursachte Fehler zu minimieren, wurden sie genauestens über den Ablauf und die korrekte Durchführung der Versuche aufgeklärt. Sie wurden außerdem über die Bedeutung der Experimente belehrt und waren somit motiviert, den Anweisungen des Versuchsleiters zu folgen.

Am Hauptversuch nahmen den Bestimmungen der EN 1500 entsprechend (Vorausgesetzt sind mindestens 20 Probanden.) 21 Probanden teil. An den Folgeversuchen waren je nach Versuch 5–12 Probanden beteiligt. Um die Aussagekraft der Resultate zu erhöhen, stammten die Probanden aus unterschiedlichen Berufsgruppen (Medizinstudenten, Studenten nichtmedizinischer Fächer, Laborpersonal, Personen nichtmedizinischer Berufe). Alle hatten gesunde, unverletzte Hände mit kurzen, sauberen Fingernägeln. Sämtliche Versuche fanden im selben Raum statt. Dieser war klimatisiert, sodass die Temperatur während des Zeitraums der Experimente annähernd konstant war. Sport oder schwere körperliche Betätigung unmittelbar vor den Versuchen wurde vermieden.

3.1.3 Weitere Folgeversuche

Im In-vitro-Experiment zur Untersuchung des Überlebens der Bakterien in den Massagemitteln wurde jeweils 1 ml einer E. coli-Suspension mit je 9 g Massagemittel gemischt und gevortext. Das Fluid war zähflüssig und mischte sich schwer mit der Suspension. Auch das Pipettieren des Gemisches erwies sich als problematisch, da ein großer Anteil in der Pipettenspitze verblieb, was zu fehlerbehafteten Ergebnissen führt. Der Schaum war nach dem Mischen mit der Bakteriensuspension nicht flüssig, sondern weiterhin schaumig. Mit der Pipette werden Volumina aufgenommen. Die Menge der Massagemittel in den Reagenzröhrchen wurde jedoch in Gramm gemessen. Da das Volumen des Schaums nicht dieselbe Masse hat wie das gleiche Volumen des Fluids, sind die Ergebnisse kritisch zu betrachten.

Auch der Hemmhoftest zur Prüfung auf Vorhandensein antimikrobieller Aktivität der Massagemittel wurde von der Hydrophobie der Massagemittel beeinflusst. Es ist fraglich, wie viel Massagemittel von den Händen beim Auskneten der Fingerkuppen in die Sammellösung gelangte. Beim Auskneten rieben die Fingerkuppen die Böden der Petrischalen, sodass wahrscheinlich schon durch diese mechanischen Bewegungen ein Teil der Massagemittel in die Probeentnahmeflüssigkeit gelangte. Nach dem Auskneten der mit dem weißen Schaum massierten Hände war eine Trübung der Sammellösung erkennbar. Das zeigte, dass ein Teil der Massagemittel trotz schlechter Wasserlöslichkeit in die Probeentnahmeflüssigkeit gelangte. Um potentielle antimikrobielle Stoffe möglichst in hoher Konzentration vorliegen zu

haben, hatte die Sammelflüssigkeit ein so geringes Volumen, dass gerade der Boden der Petrischale bedeckt war. Dazu genügten 4 ml.

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Vorversuch

Der Vorversuch sollte uns Hinweise darauf geben, wie viel Massagemittel nach einer Massage an den Händen der Physiotherapeuten verbleibt. Dazu führten wir nach einer 20-minütigen Massage Fettmessungen mit dem Sebumeter an 8 Physiotherapeuten sowie an 3 Probanden, die unterschiedliche Mengen Massagemittel benutzten, durch. Der Vergleich ergab, dass die Fettwerte der Physiotherapeuten am stärksten den Werten der Probanden bei Verwendung von 0,5 g Massagemittel gleichen.

3.2.2 Hauptversuch

Ziel der Arbeit war zu untersuchen, inwiefern Massagemittel mit Desinfektionsmitteln interagieren, d. h. es sollte herausgefunden werden, ob die hygienische Händedesinfektion, wenn sie nach einer Massage mit Massagemittel durchgeführt wird, sich in ihrer Wirksamkeit von der sonst üblichen Händedesinfektion unterscheidet. Bei dem verwendeten Desinfektionsmittel handelte es sich um ein zufällig ausgewähltes alkoholbasiertes Präparat. Das Massagefluid setzte sich aus Silikonen zusammen; der Massageschaum bestand aus pflanzlichen Ölen.

Im Hauptversuch ergab die Händedesinfektion nach Anwendung des Massagefluids sowie des Massageschaums signifikant höhere Reduktionsfaktoren als die Desinfektion ohne vorherige Durchführung einer Massage (Referenz). Einerseits könnte das Ergebnis bedeuten, dass das alkoholische Präparat in Anwesenheit von Ölen und Silikonen besser wirkt. Andererseits gibt es mögliche Erklärungen für die unterschiedlichen Reduktionsfaktoren, die durch den Versuchsaufbau bedingt sein könnten. Es besteht die Möglichkeit, dass das Abwischen des Massagemittels nach der Massage mit den Papiertüchern mehr Bakterien von den öligen Händen als von den trockenen Händen entfernte. Ein weiterer Gedanke ist, dass die Bakterien durch die Massage in tiefe Hautschichten gerieben worden sein könnten, sodass sie durch das Probeentnahmeverfahren mittels Sammelflüssigkeit nicht detektiert werden konnten. Auch ist denkbar, dass schon während der Massage durch die Massagemittel als lebensfeindliche Umgebung einige Bakterien abstarben. Des

Weiteren ist zu vermuten, dass die Bakterien im Massagemittel gehalten und nicht im selben Ausmaß wie von sauberen Händen an die Sammellösung abgegeben wurden, da Öle und Silikone kaum wasserlöslich sind.

3.2.3 Folgeversuche

Um herauszufinden welche Rolle die genannten möglichen Erklärungen spielen, wurden sieben Folgeversuche durchgeführt.

Um den Einfluss des Abwischens mit Papierhandtüchern zu untersuchen, führten 6 Probanden ein Experiment durch, das das Abwischen der Hände auslässt. Der restliche Versuchsablauf entsprach dem des Hauptversuchs. Ergebnis dieser Untersuchung war, dass sich die Reduktionsfaktoren des Folgeversuches nicht signifikant von denen des Hauptexperiments unterschieden, d. h. die Reduktionsfaktoren beim Einsatz der Massagemittel waren signifikant höher als bei der Referenzdesinfektion. Folglich beeinflusste die Verwendung der Papierhandtücher den Hauptversuch nicht relevant. Dieses Ergebnis unterscheidet sich von den Resultaten Yamamotos et al. (2005). Ihre Untersuchungen ergaben, dass nach dem Händewaschen mit nicht-antimikrobieller Seife das Abtrocknen mit drei Papierhandtüchern eine signifikante Bakterienreduktion an den Fingerspitzen zur Folge hatte. Jedoch konnte an der Handfläche sowie an den Fingern keine signifikant erhöhte Bakterienreduktion festgestellt werden. Ansari et al. (1991) zeigten, dass das Abreiben mit Papiertüchern und die Verwendung elektrischer Warmlufttrockner Rotaviren und E. coli im selben Ausmaß entfernen, wenn Isopropanol als Händehygienemittel verwendet wird. Wird allerdings eine Händewaschung durchgeführt, entfernt das anschließende Lufttrocknen mehr Bakterien. Im Gegensatz dazu konnten Gustafson et al. (2000) keinen signifikanten Unterschied in der Bakterienreduktion bei Anwendung von elektrischen Lufttrocknern, Stoffhandtüchern, Papierhandtüchern oder normalem Lufttrocknen nachweisen. Blackmore (1989) konnte nachweisen, dass Papierhandtücher in signifikantem Maße Bakterien von den Händen entfernen. Analog berichteten Sprunt et al. (1973), dass Bakterien der transienten Flora durch das mechanische Abreiben mit Papierhandtüchern entfernt werden. Die teilweise gegensätzlichen Ergebnisse zur Entfernung von transienten Bakterien nach dem Waschen oder Desinfizieren können vor allem mit nicht identischen Versuchsdurchführungen erklärt werden. In unseren Desinfektionsstudien fand das Abreiben der Hände erst nach einer 3-minütigen

Antrocknungszeit des Testbakteriums statt. Dagegen wurden bei den Versuchen der zitierten Autoren die Hände direkt nach dem Waschen bzw. Desinfizieren abgetrocknet. Möglicherweise werden in unserem Hauptversuch Bakterien durch die Papiertücher entfernt, was aber nicht auffällt, da bei erhöhter Bakterienzahl auf den Händen auch die Sterberate nach der Desinfektion höher sein könnte als bei niedrigerer Anzahl der Erreger.

Gesetzt den Fall, dass die Bakterien in tiefe Hautschichten einmassiert worden wären, wäre ihr quantitativer Nachweis durch herkömmliche Sammelmethoden wie das Auskneten der Fingerkuppen fehlerhaft, da ein signifikanter Anteil (ca. 20 %) an Bakterien in tiefen Hautspalten nicht durch diese Sammelmethode detektiert werden könnte (Reybrouck 1983). Die Annahme, dass die Bakterien während der Massage in tiefe Hautschichten gerieben werden, erwies sich jedoch im Ergebnis der Literaturrecherche als unwahrscheinlich. Es ist vielmehr so, dass durch das Massieren oder Reiben der Hände Bakterien aus tiefen Hautschichten in oberflächlichere Lagen gelangen. Yamamoto et al. (2005) vermuteten, dass durch Händereiben Bakterien aus den Haarfollikeln an die Oberfläche der Haut gelangen. Auch Donoyama et al. (2004) gehen davon aus, dass durch eine Massage Bakterien aus tieferen Hautschichten in oberflächlichere Lagen gelangen.

Für die Möglichkeit, dass ein Teil der Bakterien während der Massage abstirbt, könnte es mehrere Gründe geben. Die Massagemittel könnten als ungeeignetes Milieu die Überlebensrate herabsetzen. Auch muss die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass durch den Kontakt der Massagemittel mit der Hautflora Stoffe entstehen könnten, die antibakteriell wirken.
E. coli zeigt auf normalen Händen nach 6 min ein 50 %iges Überleben (Fryklund et al. 1995). Der limitierende Umweltfaktor ist der Feuchtigkeitsgehalt der Haut (Reybrouck 1983). Der Massageschaum enthält Wasser. Dagegen enthält das Massagefluid kein Wasser. Durch das Eintauchen der Hände in die Bakterienbouillon wird die Haut befeuchtet. Trotz anschließender 3-minütiger Antrocknungszeit waren die Hände oft noch relativ feucht. Zusätzlich wurden die Fingerkuppen durch das Auskneten in TSL zwecks Vorwerterhebung befeuchtet. Möglicherweise genügt der damit erreichte Feuchtigkeitszustand der Haut für das Überleben der Bakterien.

Um herauszustellen wie hoch die Überlebensrate der Bakterien nach der Massage ist, wurde ein Versuchsaufbau gewählt, bei dem erst eine 20-minütige Massage und anschließend die Kontamination mit 20-minütiger Antrocknungszeit des Testbakteriums stattfanden. Im Ergebnis war die Bakterienanzahl nach Anwendung des Massagemittels mehr als 2 log-Stufen geringer als der Referenzwert. Somit ist die Erregerreduktion größer als im Hauptexperiment. Dort unterschieden sich die Massagemittelgruppen von der Referenzgruppe nur um ca. 1 log-Stufe. Das kann einerseits bedeuten, dass während der Massage durch kontaminierte Hände mehr als 2 log-Stufen Bakterien absterben und man im Endergebnis des Hauptexperiments nur einen Unterschied von ca. 1 log-Stufe sieht, weil die Desinfektion massagemittelbedeckter Haut weniger wirksam ist als bei sauberer Haut. Andererseits sind in dem Experiment die Lebensbedingungen des Testbakteriums anders als im Hauptexperiment, sodass die Bakterien im Folgeversuch weniger Feuchtigkeit zur Verfügung haben, was die höhere Sterberate begründet. Im Hauptexperiment befinden sich die Bakterien auf der noch etwas feuchten Haut (durch die Kontaminationslösung und das Auskneten in TSL), bedeckt von Massagemittel. Bei unserem Folgeexperiment befand sich der Testorganismus dagegen oberflächlich auf dem Massagemittel in direktem Kontakt zur Raumluft. Durch die Luft verdunstet die Flüssigkeit der Kontaminationslösung. Folglich ist die Umgebung auf dem Massagemittel feuchtigkeitsärmer als die Umwelt im Hauptexperiment, bei dem sich der Testorganismus zwischen Haut und Massagemittel befindet. Da der Wassergehalt der begrenzende Lebensfaktor in unserem Experiment ist, ist es wahrscheinlich, dass im Folgeexperiment deutlich mehr Bakterien absterben als bei einer 20-minütigen Massage im Hauptexperiment.

Dass die Massagemittel eine bakteriozide Wirkung besitzen, wurde im Vorfeld der Experimente ausgeschlossen. Außerdem wurde ein In-vitro-Versuch durchgeführt um herauszufinden, ob die Bakterien 20 min in den Massagemitteln überleben. 1 ml einer Bakteriensuspension wurde mit 9 g Massagemittel 20 min im Schüttler gevortext. Die Resultate ergaben, dass sich die Bakterienzahl nach 20 min Exposition im Massageschaum nicht signifikant vom Referenzwert unterschied. Im Fluid befanden sich signifikant weniger Bakterien. Hier besteht eine hohe Fehlerwahrscheinlichkeit dadurch, dass sich die Bakteriensuspension ungenügend mit dem zähen, kaum wasserlöslichen Fluid vermischt. Außerdem verblieb beim

Pipettieren des Massagefluids zur Herstellung von Verdünnungsreihen ein hoher Anteil des zähflüssigen Fluids in der Pipettenpitze. Das in In-vitro-Experiment kann Hinweise auf das Überlebensverhalten von E. coli in den Massagemitteln geben. Aber es darf nicht mit dem Zustand auf der Haut verglichen werden. In unserem Experiment haben die Bakterien nicht nur Kontakt zum Massagemittel, sondern auch zur Haut. Die Massagemittel könnten mit der Haut vielfältige Interaktionen eingehen. Möglicherweise entsteht dadurch ein antimikrobieller Stoff, der zur Dezimierung von E. coli führt. Um diese Möglichkeit zu untersuchen, massierten 5 Probanden ihre Hände 20 min lang mit Massagemittel. Danach wurde der sich auf der Haut befindende Film auf antimikrobielle Wirkung per Hemmhoftest geprüft. Dabei konnte keine antimikrobielle Wirkung festgestellt werden.

Die Vermutung, dass die Massagemittel die Abgabe darin eingeschlossener Bakterien an die Sammelflüssigkeit verhindern, wurde durch einen Versuch mit 12 Probanden bestätigt. Hier fanden zunächst die Kontamination, dann die Massage und erst anschließend die Vorwerterhebung statt. Zum Auskneten wurde TSL mit Enthemmer verwendet. Auf den Platten zur quantitativen Bestimmung der Bakterien waren keine Kolonien vorhanden. Das zeigt, dass die Öle bzw. Silikone in unserem Experiment eine Bakterienabgabe behindern. Das betrifft nur die Nachwerte, denn die Vorwerte wurden vor dem Kontakt mit Massagemittel erhoben. Zur Bestimmung der Nachwerte wurde TSL mit Enthemmer verwendet. Der Enthemmer enthält unter anderem den Emulgator Tween. Seine Konzentration in der Sammelflüssigkeit reicht aber nicht aus, um die Massagemittel genügend zu emulgieren, sodass eine Bakterienabgabe eingeschränkt wird.
Im Gegensatz zu diesem Versuch waren im Hauptexperiment zählbare Kolonien auf den Nachwertplatten vorhanden. Das liegt daran, dass der Alkohol des Händedesinfektionsmittels die Massagemittel emulgiert, folglich die Bakterien nicht mehr eingeschlossen sind und abgegeben werden können. Möglicherweise reicht die Emulgation allerdings nicht aus, um sämtliche Bakterien freizulegen. Um die Größe des verbleibenden Anteils zu bestimmen, wurde folgendes Experiment geplant: Nach der Kontamination sollte die Massage stattfinden. Bevor die Fingerkuppen zur Vorwerterhebung ausgeknetet werden sollten, hätten die Hände mit einem nicht desinfizierenden, emulgierenden Lösungsmittel eingerieben werden müssen. Ein Vergleich dieser Vorwerte mit den Vorwerten des Hautversuches hätte ergeben,

welche Größe der Anteil durch die Massagemittel festgehaltener Bakterien hat. Auf der Suche nach einem geeigneten nicht antimikrobiell wirksamen Lösungsmittel ergab sich, dass 5 %ig, 10 %ig oder 15 %ig konzentrierter Ethanol nicht die gleiche Emulgationskraft wie das Händedesinfektionsmittel hat. So konnten diese niedrig konzentrierten Alkohole die Massagemittel nicht in genügendem Ausmaß emulgieren. Es fand sich leider kein anderes geeignetes Lösungsmittel, da viele Chemikalien ungeeignet sind, wie z. B. Dimethylsulfoxid, aufgrund ihrer Zytotoxizität. Die Ergebnisse dieses Versuchs wären außerdem durch die mögliche Absterberate der Bakterien während des Massierens beeinflusst worden.

Schließlich war die Fragestellung von Interesse, in welchem Ausmaß die Bakterien in die Sammelflüssigkeit gelangen, wenn sie nicht von Massagemittel eingeschlossen sind, sondern sich oberflächlich auf dem Mittel befinden. 6 Probanden massierten sich die Hände, danach fanden die Kontamination und das Auskneten der Fingerkuppen statt. Wie beim Hauptversuch schlossen sich die Händedesinfektion und die Nachwerterhebung an. Im Ergebnis unterschieden sich die Vorwerte von der Fluid-, Schaum- und Referenzgruppe nicht signifikant. Das bedeutet, dass oberflächlich auf den Massagemitteln gelegene Bakterien im gleichen Ausmaß wie Bakterien von sauberen Händen durch unser Probeentnahmeverfahren erfasst werden können. Ein weiteres Ergebnis des Versuchs war, dass sich die Reduktionsfaktoren aller drei Gruppen nicht signifikant unterscheiden. Folglich beeinflussen die Massagemittel die Händedesinfektion weder in positiver noch in negativer Weise signifikant. Das steht im Gegensatz zu den Resultaten des Hauptversuchs, was unsere Vermutungen, dass die Bakterien durch die Massagemittel festgehalten werden oder während der Massage teilweise absterben, bekräftigt.

Letzten Endes wäre es denkbar, dass eine mit Massagemittel benetzte Haut tendenziell besser desinfizierbar ist. Durch die Massagemittel werden Furchen und eventuelle kleinste Risse der Haut begradigt, sodass eine glättere Oberfläche entsteht. Studien weisen darauf hin, dass sich eine glatte Haut besser desinfizieren lässt (Große-Schütte 2008). Unsere Ergebnisse lassen solch eine Tendenz nicht deutlich erkennen.

3.3 Schlussfolgerung

Angesichts unserer Ergebnisse lässt sich feststellen, dass nach einer Desinfektion von mit Massagemittel bedeckter Haut die Bakterienabgabe der Hände nach experimenteller Kontamination nicht größer ist als von normal desinfizierten Händen. Wahrscheinlich wird die Desinfektionsleistung des alkoholischen Desinfektionsmittels nicht durch die Massagemittel beeinflusst.

Zukünftige Studien sollten durch Wahl einer kürzeren Massagezeit herausstellen, wie viele Bakterien bei unserem Versuch während der Massage absterben. Sollte sich ergeben, dass die Differenz zum Referenzwert bei unseren Untersuchungen nicht durch das Absterben, sondern durch das Verbleiben der Bakterien in den Massagemitteln bedingt ist, muss geklärt werden, was mit diesen Bakterien passiert. Es müsste ermittelt werden, ob die Erreger nach einer bestimmten Zeit an die Oberfläche gelangen und weitergegeben werden können oder nach einem gewissen Zeitraum absterben. Wir konnten zeigen, dass nach 20-minütiger Massage bei vorheriger Kontamination keine Bakterien im Sammelmedium nachgewiesen werden konnten. Die von Massagemittel eingeschlossenen Erreger kamen also durch die Massage nicht in einem großen Ausmaß an die Oberfläche der Mittel. Weitere Untersuchungen sollten herausstellen, ob die eingeschlossenen Bakterien nach längerer Zeit oder nach eventuellem Händewaschen am Ende des Arbeitstags freigelegt werden.

Es ist anzustreben, die Händewaschung nach der Massage durch das Einreibeverfahren eines alkoholischen Händedesinfektionsmittels zu ersetzen. Nicht nur die Wirksamkeit der Händedesinfektion ist größer als die einer Waschung mit Seife, sondern ein weiterer Vorteil besteht in der Schonung der Haut (Boyce et al. 2000, Winnefeld et al. 2000, Larson et al. 2001, Boyce und Pittet 2002, Jungbauer et al. 2004, Trampuz und Widmer 2004, Larson et al. 2006). Die Haut der Physiotherapeuten ist einer Vielzahl von Agenzien wie Massagemitteln, Cremes und Wasser ausgesetzt, was mit dem erhöhten Risiko einer Kontaktdermatitis einhergeht. Wenn die Haut durch vermindertes Händewaschen geschont wird, dürfte das die Compliance der Physiotherapeuten zur Händedesinfektion verbessern.

4 Zusammenfassung und Abstract

4.1 Zusammenfassung

Händedesinfektionsmittel können durch bestimmte Agenzien wie z. B. Hautcremes beeinflusst werden. Fragestellung der Arbeit war, ob die Interaktion von einem alkoholischen Händedesinfektionsmittel mit zwei verschiedenen Massagemitteln die Wirksamkeit der Händedesinfektion beeinflusst.

Der Hauptversuch war eine Desinfektionsstudie, angelehnt an die EN 1500, mit 21 Probanden. Nach Kontamination mit E. coli wurden Vorwerte ermittelt, dann fand eine 20-minütige Massage statt, anschließend wurde das Massagemittel mit Papierhandtüchern abgerieben, die Händedesinfektion durchgeführt und Nachwerte ermittelt. Darauf aufbauende Untersuchungen beinhalteten zum einen Experimente über die Bedeutung des Abreibens mit Papierhandtüchern und über die Überlebensrate der Bakterien nach der Massage. Zum anderen sollten die Untersuchungen zeigen, ob von Massagemittel eingeschlossene Erreger im Gegensatz zu Erregern an der Oberfläche der Mittel erschwert an die Probesammelflüssigkeit abgegeben werden und wie die Desinfektionseffizienz von auf dem Massagemittel liegenden, nicht einmassierten Bakterien ist.

Beim Hauptversuch sowie beim Versuch ohne Papierhandtücher waren die Reduktionsfaktoren der Massagegruppen signifikant höher als die der Referenzgruppe. Die folgenden Experimente ergaben, dass möglicherweise ein Teil der E. coli Bakterien während der Massage abstirbt. Des Weiteren ergaben unsere Resultate, dass von Massagemittel eingeschlossene Bakterien kaum an das Probesammelmedium abgegeben werden, wohingegen oberflächlich auf dem Massagemittel befindliche Bakterien ohne Probleme in die Sammelflüssigkeit gelangen. Findet die Desinfektion von oberflächlich auf den Massagemittel liegenden nicht massierten Bakterien statt, so gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Reduktionsfaktoren.

Es gibt zwar im Hauptexperiment signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Reduktionsfaktoren. Jedoch ist das darauf zurückzuführen, dass die Bakterien möglicherweise während der Massage teilweise absterben bzw. die Abgabe an das Sammelmedium durch die Massagemittel behindert wird.

Als Schlussfolgerung kann abgeleitet werden, dass Physiotherapeuten wahrscheinlich ihre Hände nach der Massage desinfizieren können, ohne dass die Desinfektionsleistung des alkoholischen Präparates dadurch herabgesetzt wird.

Um das Ergebnis zu verifizieren, sollten in Zukunft Versuchsabläufe geplant werden, bei denen die Massagezeit kürzer gewählt wird, um den Fehlerfaktor des Bakterienabsterbens zu minimieren.

4.2 Abstract

Hand rubs can be influenced e. g. by skin creams or oils. The aim of this study was to investigate whether the interaction of an alcohol-based hand rub with two different massage oils affects the efficacy of the hand disinfection.

The main experiment was a hand disinfection in 21 volunteers. The whole procedure was carried out in accordance with EN 1500. After contamination with E. coli, the pre-value of bacterial contamination was determined, before a 20-minute massage was initiated. Afterwards, the massage oil was removed with paper towels, the hand disinfection was conducted and the post-value was determined subsequently. The study was followed up with subsequent experiments concerning the role of the paper towels and the survival rate of the bacteria after massage. Furthermore, the investigations were aims to show if pathogens encased by massage oil are less likely to be delivered to the test sample than pathogens on the surface of the massage oil and how effective the disinfection of the latter type of pathogens is.

The reduction factors of the massage groups from the main experiment as well as in the experiment conducted without paper towels were significantly higher than the ones of the control group. The above experiments showed that potentially a proportion of E. coli died off during the massage. In addition, our results showed that bacteria covered by massage oil were rarely detected in the test sample, whereas bacteria on the surface of the massage oil were detected. There are no significant differences between the reduction factors of the disinfection of hands with bacteria on the surface of the massage oil and hands that have not been massaged at all.

The differences of reduction factors between the groups may be attributed to the dying of the bacteria during the massage or to the fact that bacteria are impeded from getting into the test sample by the massage oil.

It can be concluded that probably physiotherapists can disinfect their hands after a massage without compromising the efficacy of the disinfection.

In order to verify this result, experiments involving a shorter massage period should be conducted to minimize the variable factor of the dying of the bacteria.

5 Literaturverzeichnis

Al-Khoja, M. S., J. H. Darrell (1979). The skin as the source of Acinetobacter and Moraxella species occurring in blood cultures. J Clin Pathol 32(5): 497-499.

Allegranzi, B., D. Pittet (2009). Role of hand hygiene in healthcare-associated infection prevention. J Hosp Infect 73(4): 305-315.

Ansari, S. A., V. S. Springthorpe, S. A. Sattar, W. Tostowaryk, G. A. Wells (1991). Comparison of cloth, paper, and warm air drying in eliminating viruses and bacteria from washed hands. Am J Infect Control 19(5): 243-249.

Ayliffe, G. A., J. R. Babb, A. H. Quoraishi (1978). A test for 'hygienic' hand disinfection. J Clin Pathol 31(10): 923-928.

Ayliffe, G. A., K. Bridges, H. A. Lilly, E. J. Lowbury, J. Varney, M. D. Wilkins (1975). Comparison of two methods for assessing the removal of total organisms and pathogens from the skin. J Hyg (Lond) 75(2): 259-274.

Bauer, T. M., E. Ofner, H. M. Just, H. Just, F. D. Daschner (1990). An epidemiological study assessing the relative importance of airborne and direct contact transmission of microorganisms in a medical intensive care unit. J Hosp Infect 15(4): 301-309.

Bernig, T. (1997). Vergleich der Hautverträglichkeit von sechs ausgewählten alkoholischen Händedesinfektionsmitteln im klinischen Doppelblindversuch anhand der subjektiven Akzeptanz und der Bestimmung objektiver Hautparameter. Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Med Diss.

Bischoff, W. E., T. M. Reynolds, C. N. Sessler, M. B. Edmond, R. P. Wenzel (2000). Handwashing compliance by health care workers: The impact of introducing an accessible, alcohol-based hand antiseptic. Arch Intern Med 160(7): 1017-1021.

Blackmore, M. (1989). A comparison of hand drying methods. Cater Health 1: 189-198.

Börnstein, P. (1915). Versuche über die Möglichkeit, infizierte Hände durch einfache Verfahren zu desinfizieren. Z Hyg 79: 145-169.

Boyce, J. M. (1999). It is time for action: improving hand hygiene in hospitals. Ann Intern Med 130(2): 153-155.

Boyce, J. M., S. Kelliher, N. Vallande (2000). Skin irritation and dryness associated with two hand-hygiene regimens: soap-and-water hand washing versus hand

antisepsis with an alcoholic hand gel. Infect Control Hosp Epidemiol 21(7): 442-448.

Boyce, J. M., D. Pittet (2002). Guideline for Hand Hygiene in Health-Care Settings. Recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HIPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. Am J Infect Control 30(8): 1-46.

Brouwer, D. H., R. Kroese, J. J. Van Hemmen (1999). Transfer of contaminants from surface to hands: experimental assessment of linearity of the exposure process, adherence to the skin, and area exposed during fixed pressure and repeated contact with surfaces contaminated with a powder. Appl Occup Environ Hyg 14(4): 231-239.

Brown, S. M., A. V. Lubimova, N. M. Khrustalyeva, S. V. Shulaeva, I. Tekhova, L. P. Zueva, D. Goldmann, E. J. O'Rourke (2003). Use of an alcohol-based hand rub and quality improvement interventions to improve hand hygiene in a Russian neonatal intensive care unit. Infect Control Hosp Epidemiol 24(3): 172-179.

Casewell, M., I. Phillips (1977). Hands as route of transmission for Klebsiella species. Br Med J 2(6098): 1315-1317.

CEN (European Committee for Standardization) (1997). EN 1500 Chemical disinfectants and antiseptics—hygenic handrub: test method and requirements (phase 2, step 2). CEN, Brüssel; 3-16.

Cimiotti, J. P., E. S. Marmur, M. Nesin, P. Hamlin-Cook, E. L. Larson (2003). Adverse reactions associated with an alcohol-based hand antiseptic among nurses in a neonatal intensive care unit. Am J Infect Control 31(1): 43-48.

Donowitz, L. G. (1987). Handwashing technique in a pediatric intensive care unit. Am J Dis Child 141(6): 683-685.

Donoyama, N., T. Wakuda, T. Tanitsu, E. Ishii, Y. Ichiman (2004). Washing hands before and after performing massages? Changes in bacterial survival count on skin of a massage therapist and a client during massage therapy. J Altern Complement Med 10(4): 684-686.

Doring, G., S. Jansen, H. Noll, H. Grupp, F. Frank, K. Botzenhart, K. Magdorf, U. Wahn (1996). Distribution and transmission of Pseudomonas aeruginosa and Burkholderia cepacia in a hospital ward. Pediatr Pulmonol 21(2): 90-100.

Dubbert, P. M., J. Dolce, W. Richter, M. Miller, S. W. Chapman (1990). Increasing ICU staff handwashing: effects of education and group feedback. Infect Control Hosp Epidemiol 11(4): 191-193.

Duncan, W. C., M. E. McBride, J. M. Knox (1969). Bacterial flora. The role of environmental factors. J Invest Dermatol 52(5): 479-484.

Emilson, A., M. Lindberg, B. Forslind (1993). The temperature effect on in vitro penetration of sodium lauryl sulfate and nickel chloride through human skin. Acta Derm Venereol 73(3): 203-207.

Evans, C. A. (1975). Persistent individual differences in the bacterial flora of the skin of the forehead: numbers of propionibacteria. J Invest Dermatol 64(1): 42-46.

Fryklund, B., K. Tullus, L. G. Burman (1995). Survival on skin and surfaces of epidemic and non-epidemic strains of enterobacteria from neonatal special care units. J Hosp Infect 29(3): 201-208.

Girard, R., K. Amazian, J. Fabry (2001). Better compliance and better tolerance in relation to a well-conducted introduction to rub-in hand disinfection. J Hosp Infect 47(2): 131-137.

Girou, E., P. Legrand, S. Soing-Altrach, A. Lemire, C. Poulain, A. Allaire, L. Tkoub-Scheirlinck, S. H. Chai, C. Dupeyron, C. M. Loche (2006). Association between hand hygiene compliance and methicillin-resistant Staphylococcus aureus prevalence in a French rehabilitation hospital. Infect Control Hosp Epidemiol 27(10): 1128-1130.

Girou, E., F. Oppein (2001). Handwashing compliance in a French university hospital: new perspective with the introduction of hand-rubbing with a waterless alcohol-based solution. J Hosp Infect 48 Suppl A: 55-57.

Gordin, F. M., M. E. Schultz, R. A. Huber, J. A. Gill (2005). Reduction in nosocomial transmission of drug-resistant bacteria after introduction of an alcohol-based handrub. Infect Control Hosp Epidemiol 26(7): 650-653.

Graham, M. (1990). Frequency and duration of handwashing in an intensive care unit. Am J Infect Control 18(2): 77-81.

Graham, M., R. Nixon, L. J. Burrell, C. Bolger, P. D. Johnson, M. L. Grayson (2005). Low rates of cutaneous adverse reactions to alcohol-based hand hygiene solution during prolonged use in a large teaching hospital. Antimicrob Agents Chemother 49(10): 4404-4405.

Greener, Y., M. McCartney, L. Jordan, D. Schmitt, E. J. Youkilis (1985). Assessment of the systemic effects, primary dermal irritation, and ocular irritation of chlorhexidine acetate solutions. J Am Coll Toxicol 4(6): 309-319.

Große-Schütte, K. (2008). Einfluss einer Hautschutzcreme auf die Wirksamkeit der hygienischen Händedesinfektion mit begleitender Fragebogenerhebung zur Pflegegewohnheit der Hände. Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Med Diss.

Gustafson, D. R., E. A. Vetter, D. R. Larson, D. M. Ilstrup, M. D. Maker, R. L. Thompson, F. R. Cockerill, 3rd (2000). Effects of 4 hand-drying methods for removing bacteria from washed hands: a randomized trial. Mayo Clin Proc 75(7): 705-708.

Haan, P. de, H. H. M. Meester, D. P. Bruynzeel (1996). Irritancy of Alcohols. In: P. G. M. van der Valk, H. I. Maibach (Hrsg.). The Irritant Contact Dermatitis Syndrome. CRC Press, New York; 65-70.

Haley, R. W., D. H. Culver, J. W. White, W. M. Morgan, T. G. Emori, V. P. Munn, T. M. Hooton (1985). The efficacy of infection surveillance and control programs in preventing nosocomial infections in US hospitals. Am J Epidemiol 121(2): 182-205.

Heeg, P. (2001). Does hand care ruin hand disinfection? J Hosp Infect 48 Suppl A: 37-39.

Islam, M. S., M. Z. Hossain, S. I. Khan, A. Felsenstein, R. B. Sack, M. J. Albert (1997). Detection of non-culturable Shigella dysenteriae 1 from artificially contaminated volunteers' fingers using fluorescent antibody and PCR techniques. J Diarrhoeal Dis Res 15(2): 65-70.

Jacques, L., D. Mathieu, F. Baumann, A. Roussel (1983). [Bacteriological study of hands and the use of soap in the hospital environment]. Biomed Pharmacother 37(9-10): 415-418.

Jarvis, W. R. (1994). Handwashing--the Semmelweis lesson forgotten? Lancet 344(8933): 1311-1312.

Jungbauer, F. H., J. J. van der Harst, J. W. Groothoff, P. J. Coenraads (2004). Skin protection in nursing work: promoting the use of gloves and hand alcohol. Contact Dermatitis 51(3): 135-140.

Kampf, G., A. Kramer (2004). Epidemiologic background of hand hygiene and evaluation of the most important agents for scrubs and rubs. Clin Microbiol Rev 17(4): 863-893.

Kappstein, I. (2009). Prävention nosokomialer Infektionen. Hinweise für verschiedene Fachbereiche. Physiotherapie. In: I. Kappstein (Hrsg.). Nosokomiale Infektionen. 4. ed. Thieme, Stuttgart; 287-290.

Klevens, R. M., J. R. Edwards, C. L. Richards, Jr., T. C. Horan, R. P. Gaynes, D. A. Pollock, D. M. Cardo (2007). Estimating health care-associated infections and deaths in U.S. hospitals, 2002. Public Health Rep 122(2): 160-166.

Kownatzki, E. (2003). Hand hygiene and skin health. J Hosp Infect 55(4): 239-245.

Kralovic, S. M., C. C. Linnemann, Jr. (2004). Nosocomial infections associated with physical therapy, including hydrotherapy. In: C. G. Mayhall (Hrsg.). Hospital epidemiology and infection control. 3. ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia; 1173-1179.

Kramer, A., T. Bernig, G. Kampf (2002). Clinical double-blind trial on the dermal tolerance and user acceptability of six alcohol-based hand disinfectants for hygienic hand disinfection. J Hosp Infect 51(2): 114-120.

Kramer, A., S. Reichwagen, H. Below, P. Heldt, U. Weber, H. Widulle, W. Nürnberg (2008). Alkohole. In: A. Kramer, O. Assadian (Hrsg.). Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik und Konservierung. Thieme, Stuttgart; 643-656.

Kretzer, E. K., E. L. Larson (1998). Behavioral interventions to improve infection control practices. Am J Infect Control 26(3): 245-253.

Lademann, O., A. Kramer, H. Richter, A. Patzelt, M. C. Meinke, J. Roewert-Huber, V. Czaika, K.-D. Weltmann, B. Hartmann, S. Koch (2011). Antisepsis of the follicular reservoir by treatment with tissue-tolerable plasma (TTP). Laser Phys Lett 8(4): 313-317.

Lange-Asschenfeldt, B., D. Marenbach, C. Lang, A. Patzelt, M. Ulrich, A. Maltusch, D. Terhorst, E. Stockfleth, W. Sterry, J. Lademann (2011). Distribution of Bacteria in the Epidermal Layers and Hair Follicles of the Human Skin. Skin Pharmacol Physiol 24(6): 305-311.

Larson, E. (1985). Handwashing and skin. Physiologic and bacteriologic aspects. Infect Control 6(1): 14-23.

Larson, E. (1999). Skin hygiene and infection prevention: more of the same or different approaches? Clin Infect Dis 29(5): 1287-1294.

Larson, E. (2001). Hygiene of the skin: when is clean too clean? Emerg Infect Dis 7(2): 225-230.

Larson, E., C. Friedman, J. Cohran, J. Treston-Aurand, S. Green (1997). Prevalence and correlates of skin damage on the hands of nurses. Heart Lung 26(5): 404-412.

Larson, E., R. Girard, C. L. Pessoa-Silva, J. Boyce, L. Donaldson, D. Pittet (2006). Skin reactions related to hand hygiene and selection of hand hygiene products. Am J Infect Control 34(10): 627-635.

Larson, E., E. K. Kretzer (1995). Compliance with handwashing and barrier precautions. J Hosp Infect 30 Suppl: 88-106.

Larson, E., J. J. Leyden, K. J. McGinley, G. L. Grove, G. H. Talbot (1986a). Physiologic and microbiologic changes in skin related to frequent handwashing. Infect Control 7(2): 59-63.

Larson, E., K. J. McGinley, G. L. Grove, J. J. Leyden, G. H. Talbot (1986b). Physiologic, microbiologic, and seasonal effects of handwashing on the skin of health care personnel. Am J Infect Control 14(2): 51-59.

Larson, E. L., A. E. Aiello, J. Bastyr, C. Lyle, J. Stahl, A. Cronquist, L. Lai, P. Della-Latta (2001). Assessment of two hand hygiene regimens for intensive care unit personnel. Crit Care Med 29(5): 944-951.

Larson, E. L., C. A. Hughes, J. D. Pyrek, S. M. Sparks, E. U. Cagatay, J. M. Bartkus (1998). Changes in bacterial flora associated with skin damage on hands of health care personnel. Am J Infect Control 26(5): 513-521.

Lilly, H. A., E. J. Lowbury (1978). Transient skin flora: their removal by cleansing or disinfection in relation to their mode of deposition. J Clin Pathol 31(10): 919-922.

Maury, E., M. Alzieu, J. L. Baudel, N. Haram, F. Barbut, B. Guidet, G. Offenstadt (2000). Availability of an alcohol solution can improve hand disinfection compliance in an intensive care unit. Am J Respir Crit Care Med 162(1): 324-327.

Meers, P. D., G. A. Yeo (1978). Shedding of bacteria and skin squames after handwashing. J Hyg (Lond) 81(1): 99-105.

Milly, M., W. Koller. (2002). Hygieneplan für das Physikalische Institut - Teil 1. Hygiene Monitor. Available from: http://infektiologie-hygiene.universimed.com/artikel/hygieneplan-f%C3%BCr-das-physikalische-institut-%E2%80%93-teil-1

Musa, E. K., N. Desai, M. W. Casewell (1990). The survival of Acinetobacter calcoaceticus inoculated on fingertips and on formica. J Hosp Infect 15(3): 219-227.

Muto, C. A., M. G. Sistrom, B. M. Farr (2000). Hand hygiene rates unaffected by installation of dispensers of a rapidly acting hand antiseptic. Am J Infect Control 28(3): 273-276.

Noskin, G. A., V. Stosor, I. Cooper, L. R. Peterson (1995). Recovery of vancomycin-resistant enterococci on fingertips and environmental surfaces. Infect Control Hosp Epidemiol 16(10): 577-581.

Ohlenschlaeger, J., J. Friberg, D. Ramsing, T. Agner (1996). Temperature dependency of skin susceptibility to water and detergents. Acta Derm Venereol 76(4): 274-276.

Ojajarvi, J. (1980). Effectiveness of hand washing and disinfection methods in removing transient bacteria after patient nursing. J Hyg (Lond) 85(2): 193-203.

Ojajarvi, J., P. Makela, I. Rantasalo (1977). Failure of hand disinfection with frequent hand washing: a need for prolonged field studies. J Hyg (Lond) 79(1): 107-119.

Pappas, A. (2009). Epidermal surface lipids. Dermatoendocrinol 1(2): 72-76.

Pitten, F.-A., A. Kramer, S. Minnich (2001). Infektionsschutz und Hygiene in speziellen medizinischen Bereichen. Physiotherapie. In: A. Kramer, P. Heeg, K. Botzenhart (Hrsg.). Krankenhaus- und Praxishygiene. Urban & Fischer Verlag, München Jena; 603-611.

Pittet, D. (2000). Improving compliance with hand hygiene in hospitals. Infect Control Hosp Epidemiol 21(6): 381-386.

Pittet, D. (2001). Improving adherence to hand hygiene practice: a multidisciplinary approach. Emerg Infect Dis 7(2): 234-240.

Pittet, D., B. Allegranzi, H. Sax, S. Dharan, C. L. Pessoa-Silva, L. Donaldson, J. M. Boyce (2006). Evidence-based model for hand transmission during patient care and the role of improved practices. Lancet Infect Dis 6(10): 641-652.

Pittet, D., S. Dharan, S. Touveneau, V. Sauvan, T. V. Perneger (1999a). Bacterial contamination of the hands of hospital staff during routine patient care. Arch Intern Med 159(8): 821-826.

Pittet, D., S. Hugonnet, S. Harbarth, P. Mourouga, V. Sauvan, S. Touveneau, T. V. Perneger (2000). Effectiveness of a hospital-wide programme to improve compliance with hand hygiene. Infection Control Programme. Lancet 356(9238): 1307-1312.

Pittet, D., P. Mourouga, T. V. Perneger (1999b). Compliance with handwashing in a teaching hospital. Infection Control Program. Ann Intern Med 130(2): 126-130.

Pittet, D., A. Simon, S. Hugonnet, C. L. Pessoa-Silva, V. Sauvan, T. V. Perneger (2004). Hand hygiene among physicians: performance, beliefs, and perceptions. Ann Intern Med 141(1): 1-8.

Price, P. B. (1938). The bacteriology of normal skin; a new quantitative test applied to a study of the bacterial flora and the disinfectant action of mechanical cleansing. Journal of Infectious Diseases 63: 301-318.

Reybrouck, G. (1983). Role of the hands in the spread of nosocomial infections. 1. J Hosp Infect 4(2): 103-110.

Rocha, L. A., E. B. L. Ferreira de Almeida, P. P. Gontijo Filho (2009). Changes in hands microbiota associated with skin damage because of hand hygiene procedures on the health care workers. Am J Infect Control 37(2): 155-159.

Rotter, M. L. (1998). Semmelweis' sesquicentennial: a little-noted anniversary of handwashing. Curr Opin Infect Dis 11(4): 457-460.

Rotter, M. L., W. Koller (1992). Test models for hygienic handrub and hygienic handwash: the effects of two different contamination and sampling techniques. J Hosp Infect 20(3): 163-171.

Rotter, M., M. Skopec (2003). Entwicklung der Händehygiene und die Bedeutung der Erkenntnisse von Ignaz Ph. Semmelweis. In: G. Kampf (Hrsg.). Hände-Hygiene im Gesundheitswesen. Springer, Berlin; 1-27.

Rotter, M. L. (2008). Desinfektion der Hände. In: A. Kramer, O. Assadian (Hrsg.). Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik und Konservierung. Thieme, Stuttgart; 146-161.

Rudolf, M. , G. Kampf (2003). Wirkstoffe. In: G. Kampf (Hrsg.). Hände-Hygiene im Gesundheitswesen. Springer, Berlin; 71-76.

Sartor, C., V. Jacomo, C. Duvivier, H. Tissot-Dupont, R. Sambuc, M. Drancourt (2000). Nosocomial Serratia marcescens infections associated with extrinsic contamination of a liquid nonmedicated soap. Infect Control Hosp Epidemiol 21(3): 196-199.

Selwyn, S., H. Ellis (1972). Skin bacteria and skin disinfection reconsidered. Br Med J 1(5793): 136-140.

Simmons, B., J. Bryant, K. Neiman, L. Spencer, K. Arheart (1990). The role of handwashing in prevention of endemic intensive care unit infections. Infect Control Hosp Epidemiol 11(11): 589-594.

Skinner, P. R., A. J. Taylor, H. Coakham (1978). Propionibacteria as a cause of shunt and postneurosurgical infections. J Clin Pathol 31(11): 1085-1090.

Sprunt, K., W. Redman, G. Leidy (1973). Antibacterial effectiveness of routine hand washing. Pediatrics 52(2): 264-271.

Steuer, W., H. Bösenberg, M. Borneff-Lipp, B. Christiansen, P. Heeg, U. Junghannß, A. Kramer, J. Kurz, H.-R. Link, C. Meijer, B. Meyer, D. Natterer, D. Nottebrock, B. Nussbaum, E. Schulz, F. Tilkes, D. Urech, D. Winterhoff (1999). Empfehlungen zur Erstellung von Desinfektions- und Reinigungsplänen in der Physiotherapie. Hyg. Med. 4: 149-151.

Stewart, D. B., J. G. Williams (1996). Bleeding and purging: a cure for puerperal fever? J Hosp Infect 34(2): 81-86.

Stingeni, L., V. Lapomarda, P. Lisi (1995). Occupational hand dermatitis in hospital environments. Contact Dermatitis 33(3): 172-176.

Stone, P. W., D. Braccia, E. Larson (2005). Systematic review of economic analyses of health care-associated infections. Am J Infect Control 33(9): 501-509.

Taylor, L. J. (1978a). An evaluation of handwashing techniques-1. Nurs Times 74(2): 54-55.

Taylor, L. J. (1978b). An evaluation of handwashing techniques-2. Nurs Times 74(3): 108-110.

Teare, E. L., B. Cookson, G. L. French, E. A. Jenner, G. Scott, A. Pallett, D. Gould, M. Schweiger, J. Wilson, S. Stone (1999). UK handwashing initiative. J Hosp Infect 43(1): 1-3.

Tibballs, J. (1996). Teaching hospital medical staff to handwash. Med J Aust 164(7): 395-398.

Timmer, C. (1996). Irritancy of Alcohols. In: P. G. M. van der Valk, H. I. Maibach (Hrsg.). The Irritant Contact Dermatitis Syndrome. CRC Press, New York; 77-86.

Trampuz, A., A. F. Widmer (2004). Hand hygiene: a frequently missed lifesaving opportunity during patient care. Mayo Clin Proc 79(1): 109-116.

Trick, W. E., M. O. Vernon, S. F. Welbel, P. Demarais, M. K. Hayden, R. A. Weinstein (2007). Multicenter intervention program to increase adherence to hand hygiene recommendations and glove use and to reduce the incidence of antimicrobial resistance. Infect Control Hosp Epidemiol 28(1): 42-49.

Voss, A., A. F. Widmer (1997). No time for handwashing!? Handwashing versus alcoholic rub: can we afford 100% compliance? Infect Control Hosp Epidemiol 18(3): 205-208.

Walsh, B., P. H. Blakemore, Y. J. Drabu (1987). The effect of handcream on the antibacterial activity of chlorhexidine gluconate. J Hosp Infect 9(1): 30-33.

WHO (World Health Organization) (2009). Guidelines on Hand Hygiene in Health Care: a Summary. First Global Patient Safety Challenge-Clean Care is Safer Care. WHO, Geneva.

Widmer, A. F. (2000). Replace hand washing with use of a waterless alcohol hand rub? Clin Infect Dis 31(1): 136-143.

Winnefeld, M., M. A. Richard, M. Drancourt, J. J. Grob (2000). Skin tolerance and effectiveness of two hand decontamination procedures in everyday hospital use. Br J Dermatol 143(3): 546-550.

Woodroffe, R. C., D. A. Shaw (1974). Natural control and ecology of microbial populations on skin and hair. Soc Appl Bacteriol Symp Ser 3(0): 13-34.

Yamamoto, Y., K. Ugai, Y. Takahashi (2005). Efficiency of hand drying for removing bacteria from washed hands: comparison of paper towel drying with warm air drying. Infect Control Hosp Epidemiol 26(3): 316-320.

6 Anhang

Rohwerttabellen

Vorversuch

Messungen des Fettgehalts der Hände von Physiotherapeuten

Vor Massage:

Physiotherapeut	Zeigefingerkuppe	Mittelfingerkuppe	Caput metacarpale Mittelfinger
1	5	1	2
2	0	0	0
3	1	2	0
4	2	2	0
5	5	9	0
6	0	0	0
7	4	3	2
8	9	7	3

Nach Massage:

Physiotherapeut	Zeigefingerkuppe	Mittelfingerkuppe	Caput metacarpale Mittelfinger
1	247	257	262
2	281	279	270
3	300	310	310
4	266	260	274
5	323	267	260
6	282	284	280
7	323	315	267
8	282	284	280

Messungen des Fettgehalts der Hände von Probanden

Vor Massage mit 0,25 g Fluid:

Proband	Zeigefingerkuppe	Mittelfingerkuppe	Caput metacarpale Mittelfinger
1	0	0	0
2	1	1	1
3	2	4	1

Nach Massage mit 0,25 g Fluid:

Proband	Zeigefingerkuppe	Mittelfingerkuppe	Caput metacarpale Mittelfinger
1	227	231	219
2	202	199	189
3	214	215	220

Vor Massage mit 0,25 g Schaum:

Proband	Zeigefingerkuppe	Mittelfingerkuppe	Caput metacarpale Mittelfinger
1	1	0	0
2	1	1	3
3	2	1	4

Nach Massage mit 0,25 g Schaum:

Proband	Zeigefingerkuppe	Mittelfingerkuppe	Caput metacarpale Mittelfinger
1	177	183	181
2	201	213	112
3	200	192	195

Vor Massage mit 0,5 g Fluid:

Proband	Zeigefingerkuppe	Mittelfingerkuppe	Caput metacarpale Mittelfinger
1	0	0	0
2	3	1	0
3	5	2	3

Nach Massage mit 0,5 g Fluid:

Proband	Zeigefingerkuppe	Mittelfingerkuppe	Caput metacarpale Mittelfinger
1	310	292	307
2	271	275	286
3	264	259	270

Vor Massage mit 0,5 g Schaum:

Proband	Zeigefingerkuppe	Mittelfingerkuppe	Caput metacarpale Mittelfinger
1	0	0	0
2	2	0	1
3	4	3	4

Nach Massage mit 0,5 g Schaum:

Proband	Zeigefingerkuppe	Mittelfingerkuppe	Caput metacarpale Mittelfinger
1	240	233	239
2	268	262	273
3	280	288	273

Vor Massage mit 1,0 g Fluid:

Proband	Zeigefingerkuppe	Mittelfingerkuppe	Caput metacarpale Mittelfinger
1	0	0	0
2	2	1	1
3	3	5	3

Nach Massage mit 1,0 g Fluid:

Proband	Zeigefingerkuppe	Mittelfingerkuppe	Caput metacarpale Mittelfinger
1	361	367	367
2	352	350	351
3	333	340	332

Vor Massage mit 1,0 g Schaum:

Proband	Zeigefingerkuppe	Mittelfingerkuppe	Caput metacarpale Mittelfinger
1	0	0	0
2	2	1	2
3	3	3	2

Nach Massage mit 1,0 g Schaum:

Proband	Zeigefingerkuppe	Mittelfingerkuppe	Caput metacarpale Mittelfinger
1	319	317	328
2	324	330	329
3	321	318	327

Hauptversuch

Versuchsdatum: 30.06.2010
Testorganismus: E. coli K12 NCTC 10538
Suspension: $1{,}00 \times 10^9$

Proband	Hand L/R	Vorwert 10^{-4}	Vorwert 10^{-5}	Nachwert 0,5 ml	Nachwert 10^{-1}	Nachwert 10^{-2}	Nachwert 10^{-3}
1	**L**	>300	133	70*	17*	1	0
Referenz	**R**	>300	111	n. z.	11	0	1
2	**L**	>300	37	n. z.	0	0	0
Fluid	**R**	>300	80	n. z.	0	0	0
3	**L**	103	10	20	5	1	0
Schaum	**R**	>300	53	37	11	2	0
4	**L**	>300	93	65	5	1	1
Fluid	**R**	>300	106	93	9	0	0
5	**L**	>300	51	126	10	2	0
Fluid	**R**	>300	60	n. z.	4	0	0
6	**L**	225*	31*	n. z.	46	8	1
Schaum	**R**	>300	78	n. z.	47	12	1
7	**L**	>300	91	n. z.	0	0	0
Fluid	**R**	>300	74	n. z.	0	0	0
8	**L**	>300	33	n. z.	4	0	0
Referenz	**R**	>300	132	n. z.	3	0	0
9	**L**	>300	83	17	1	0	0
Schaum	**R**	>300	93	15	1	0	0
10 Schaum	**L**	238*	29*	25	2	2	0
	R	>300	43	181*	36*	2	1
11	**L**	148	10	23	4	2	0
Referenz	**R**	>300	42	35	9	1	0
12	**L**	>300	137	n. z.	22	0	0
Schaum	**R**	>300	225	112	13	2	0
13	**L**	>300	156	n. z.	211*	34*	3
Referenz	**R**	>300	119	n. z.	203*	25*	2
14	**L**	>300	185	n. z.	99*	15*	0
Referenz	**R**	>300	156	n. z.	120*	12	0
15	**L**	>300	233	1	1	0	0
Fluid	**R**	>300	184	6	0	0	0
16	**L**	124*	16*	5	2	0	0
Fluid	**R**	236*	16*	26	4	0	0
17	**L**	>300	43	1	0	0	0
Fluid	**R**	157*	22*	n. z.	1	0	0
18	**L**	>300	96	n. z.	1	0	0
Schaum	**R**	>300	86	70	9	1	0
19	**L**	66	7	4	1	0	0
Referenz	**R**	24	3	32	3	0	0
20	**L**	148*	16*	n. z.	1	0	0
Referenz	**R**	>300	42	65	10	2	0
21	**L**	250*	21*	37	2	0	0
Schaum	**R**	>300	76	14	2	0	0

Unterstrichen	Zahl für weitere Berechnung verwendet
*	gewichteten Mittelwert berechnet
n. z.	nicht zählbar

Hauptversuch

Versuchsdatum: 07.07.2010
Testorganismus: E. coli K12 NCTC 10538
Suspension: $1{,}28 \times 10^9$

Proband	Hand L/R	Vorwert 10^{-4}	Vorwert 10^{-5}	Nachwert 0,5 ml	Nachwert 10^{-1}	Nachwert 10^{-2}	Nachwert 10^{-3}
1	**L**	>300	86	0	0	0	0
Fluid	**R**	>300	77	0	0	0	0
2	**L**	5	0	0	0	0	0
Schaum	**R**	29	5	0	0	0	0
3	**L**	47	5	n. z.	31	3	0
Referenz	**R**	94	10	>300	75	8	1
4	**L**	>300	65	3	0	0	0
Schaum	**R**	>300	101	44	8	1	0
5	**L**	>300	41	n. z.	10	0	0
Schaum	**R**	>300	59	n. z.	13	0	0
6	**L**	189*	16*	n. z.	246*	25*	5
Referenz	**R**	128*	21*	>300	>300	46	5
7	**L**	240*	56*	9	1	0	0
Schaum	**R**	>300	48	8	1	1	0
8	**L**	>300	37	0	0	0	0
Fluid	**R**	>300	56	0	0	0	0
9	**L**	>300	28	n. z.	1	0	0
Referenz	**R**	129	7	n. z.	4	0	0
10	**L**	>300	35	n. z.	178*	18*	4
Referenz	**R**	>300	58	n. z.	92	8	1
11	**L**	>300	29	0	0	0	0
Fluid	**R**	>300	35	0	0	0	0
12	**L**	>300	141	>300	132	14	2
Referenz	**R**	>300	101	>300	166*	20*	1
13	**L**	229*	17*	29	9	0	0
Fluid	**R**	>300	30	187*	45*	6	0
14	**L**	>300	66	12	1	0	0
Fluid	**R**	>300	166	32	10	1	0
15	**L**	>300	107	23	3	1	0
Schaum	**R**	>300	200	70	11	1	0
16	**L**	>300	72	n. z.	3	0	0
Schaum	**R**	>300	103	9	1	0	0
17	**L**	>300	70	6	0	0	0
Schaum	**R**	>300	70	1	0	0	0
18	**L**	>300	64	0	0	0	0
Referenz	**R**	>300	31	0	0	0	0
19	**L**	163*	20*	8	2	1	0
Fluid	**R**	84	8	57	9	1	0
20	**L**	>300	45	n. z.	17	2	1
Fluid	**R**	>300	68	n. z.	8	1	0
21	**L**	177*	19*	n. z.	3	1	0
Referenz	**R**	186*	20*	n. z.	6	0	0

Unterstrichen	Zahl für weitere Berechnung verwendet
*	gewichteten Mittelwert berechnet
n. z.	nicht zählbar

Hauptversuch

Versuchsdatum: 14.07.2010
Testorganismus: E. coli K12 NCTC 10538
Suspension: $1{,}30 \times 10^9$

Proband	Hand L/R	Vorwert 10^{-4}	Vorwert 10^{-5}	Nachwert 0,5 ml	Nachwert 10^{-1}	Nachwert 10^{-2}	Nachwert 10^{-3}
1	**L**	>300	72	n. z.	0	0	0
Schaum	**R**	>300	63	2	0	0	0
2	**L**	18	1	n. z.	93	10	0
Referenz	**R**	38	8	n. z.	32	4	0
3	**L**	>300	120	n. z.	14	2	0
Fluid	**R**	>300	107	n. z.	17	2	0
4	**L**	>300	183	>300	191*	25*	1
Referenz	**R**	>300	153	>300	>300	88*	15*
5	**L**	>300	31	n. z.	14	2	0
Referenz	**R**	>300	80	n. z.	26	2	0
6	**L**	>300	86	22	1	0	0
Fluid	**R**	>300	51	n. z.	3	0	0
7	**L**	>300	89	59*	34*	4	0
Referenz	**R**	>300	148	98*	39*	3	0
8	**L**	>300	284	2	1	0	0
Schaum	**R**	>300	251	0	0	0	0
9	**L**	132*	16*	n. z.	1	1	0
Fluid	**R**	141	11	1	0	0	0
10	**L**	>300	95	71	8	1	0
Fluid	**R**	>300	188	120*	25*	3	0
11	**L**	>300	61	0	0	0	0
Schaum	**R**	>300	43	n. z.	1	0	0
12	**L**	>300	162	n. z.	5	0	0
Fluid	**R**	>300	242	n. z.	5	0	0
13	**L**	>300	109	135*	47*	4	1
Schaum	**R**	>300	86	66*	13	1	1
14	**L**	282*	32*	11	3	0	0
Schaum	**R**	>300	66	n. z.	0	0	0
15	**L**	>300	190	n. z.	29	3	1
Referenz	**R**	>300	208	n. z.	122*	18*	2
16	**L**	>300	79	n. z.	20	1	0
Referenz	**R**	>300	105	n. z.	11	1	0
17	**L**	233*	28*	>300	>300	130	14
Referenz	**R**	>300	81	>300	245*	32*	4
18	**L**	>300	105	1	1	0	0
Fluid	**R**	>300	58	3	0	0	0
19	**L**	262*	23*	4	2	0	0
Schaum	**R**	>300	29	n. z.	4	0	0
20	**L**	265*	36*	9	2	0	0
Schaum	**R**	>300	108	n. z.	3	0	0
21	**L**	40	1	n. z.	0	0	0
Fluid	**R**	16	8	2	0	0	0

Unterstrichen Zahl für weitere Berechnung verwendet
* gewichteten Mittelwert berechnet
n. z. nicht zählbar

Folgeversuch 1: Experiment ohne Abreiben mit Papiertüchern

Versuchsdatum: 27.07.2010
Testorganismus: E. coli K12 NCTC 10538
Suspension: $8{,}93 \times 10^{8}$

Proband	Hand L/R	Vorwert 10^{-4}	Vorwert 10^{-5}	Nachwert 0,5 ml	Nachwert 10^{-1}	Nachwert 10^{-2}	Nachwert 10^{-3}
1 Schaum	**L**	>300	89	0	0	0	0
	R	>300	135	6	2	1	0
2 Schaum	**L**	>300	85	82	8	1	0
	R	>300	167	32	10	1	0
3 Fluid	**L**	225*	27*	1	0	0	0
	R	178*	25*	15	1	0	0
4 Referenz	**L**	>300	60	33	8	3	0
	R	>300	75	61	9	1	0
5 Fluid	**L**	16	2	1	0	0	0
	R	175*	17*	0	0	0	0
6 Referenz	**L**	>300	151	>300	>300	32	2
	R	>300	181	>300	>300	54	8

Unterstrichen — Zahl für weitere Berechnung verwendet
* — gewichteten Mittelwert berechnet

Folgeversuch 1: Experiment ohne Abreiben mit Papiertüchern

Versuchsdatum: 17.08.2010
Testorganismus: E. coli K12 NCTC 10538
Suspension: $1{,}49 \times 10^{9}$

Proband	Hand L/R	Vorwert 10^{-4}	Vorwert 10^{-5}	Nachwert 0,5 ml	Nachwert 10^{-1}	Nachwert 10^{-2}	Nachwert 10^{-3}
1 Referenz	**L**	>300	62	n. z.	11	4	0
	R	>300	52	>300	119*	19*	1
2 Referenz	**L**	>300	91	n. z.	138*	18*	1
	R	>300	102	n. z.	91*	15*	1
3 Schaum	**L**	>300	102	n. z.	2	0	0
	R	>300	115	n. z.	27	9	0
4 Fluid	**L**	>300	56	n. z.	1	0	0
	R	>300	43	n. z.	5	0	0
5 Schaum	**L**	130	14	0	0	0	0
	R	113	6	0	0	0	0
6 Fluid	**L**	>300	56	n. z.	0	0	0
	R	>300	37	n. z.	4	4	0

Unterstrichen — Zahl für weitere Berechnung verwendet
* — gewichteten Mittelwert berechnet
n. z. — nicht zählbar

Folgeversuch 1: Experiment ohne Abreiben mit Papiertüchern

Versuchsdatum: 24.08.2010
Testorganismus: E. coli K12 NCTC 10538
Suspension: $1{,}50 \times 10^{9}$

Proband	Hand L/R	Vorwert 10^{-4}	Vorwert 10^{-5}	Nachwert 0,5 ml	Nachwert 10^{-1}	Nachwert 10^{-2}	Nachwert 10^{-3}
1	**L**	248*	21*	n. z.	5	0	0
Fluid	**R**	>300	42	n. z.	12	2	1
2	**L**	>300	70	0	0	0	0
Fluid	**R**	>300	72	1	0	0	0
3	**L**	>300	161	n. z.	56	5	0
Referenz	**R**	>300	144	n. z.	43	2	0
4	**L**	>300	52	n. z.	17	2	0
Schaum	**R**	>300	35	n. z.	21	2	0
5	**L**	>300	28	n. z.	4	2	0
Referenz	**R**	202*	24*	n. z.	3	1	0
6	**L**	>300	41	14	2	0	0
Schaum	**R**	>300	48	25	2	1	0

Unterstrichen — Zahl für weitere Berechnung verwendet
* — gewichteten Mittelwert berechnet
n. z. — nicht zählbar

Folgeversuch 2: Experiment zur Überlebensrate der Bakterien auf der Hand nach Anwendung des Massagemittels und anschließender Antrocknungszeit von 20 min

Datum: 28.09.2010
Testorganismus: E. coli K12 NCTC 10538
Suspension: $8{,}20 \times 10^{8}$

Proband	Hand L/R	Vorwert 10^{-2}	Vorwert 10^{-3}	Vorwert 10^{-4}	Vorwert 10^{-5}
1	**L**	99	12	0	0
Fluid	**R**	102*	17*	5	0
2	**L**	11	1	0	0
Fluid	**R**	20	1	0	0
3	**L**	0	0	0	0
Schaum	**R**	3	0	0	0
4	**L**	1	0	0	0
Schaum	**R**	2	0	0	0
5	**L**	166	14	3	0
Fluid	**R**	79*	19*	1	0
6	**L**	>300	122	10	1
Schaum	**R**	>300	177*	20*	1
1	**L**	>300	>300	103	10
Referenz	**R**	>300	>300	136	12
2	**L**	>300	>300	>300	30
Referenz	**R**	>300	>300	>300	36
3	**L**	>300	>300	53	4
Referenz	**R**	>300	>300	44	4

Unterstrichen — Zahl für weitere Berechnung verwendet
* — gewichteten Mittelwert berechnet

Folgeversuch 2: Experiment zur Überlebensrate der Bakterien auf der Hand nach Anwendung des Massagemittels und anschließender Antrocknungszeit von 20 min

Datum: 30.09.2010
Testorganismus: E. coli K12 NCTC 10538
Suspension: $6{,}80 \times 10^{8}$

Proband	**Hand L/R**	**Vorwert 10^{-2}**	**Vorwert 10^{-3}**	**Vorwert 10^{-4}**	**Vorwert 10^{-5}**
1 Schaum	**L**	93	8	2	1
	R	162*	19*	1	0
2 Schaum	**L**	>300	54	8	0
	R	>300	77	12	1
3 Fluid	**L**	9	1	0	0
	R	4	0	0	0
4 Fluid	**L**	10	3	0	0
	R	13	2	0	0
5 Schaum	**L**	17	1	0	0
	R	>300	43	7	1
6 Fluid	**L**	>300	67	8	1
	R	>300	53	5	1
4 Referenz	**L**	>300	>300	45	4
	R	>300	>300	19	1
5 Referenz	**L**	>300	>300	>300	98
	R	>300	>300	>300	99
6 Referenz	**L**	>300	>300	>300	63
	R	>300	>300	>300	41

Unterstrichen — Zahl für weitere Berechnung verwendet
* — gewichteten Mittelwert berechnet

Folgeversuch 3: In-vitro-Experiment zur Untersuchung des Überlebens der Bakterien während der Massage

Fluid:

Reagenzglas	Verdünnung 10^{-4}	Verdünnung 10^{-5}
1	128*	21*
2	68	4
3	>300	46
4	11	2
5	28	2
Unterstrichen *	Zahl für weitere Berechnung verwendet gewichteten Mittelwert berechnet	

Schaum:

Reagenzglas	Verdünnung 10^{-4}	Verdünnung 10^{-5}
1	>300	158
2	>300	72
3	>300	125
4	>300	125
5	>300	111
Unterstrichen	Zahl für weitere Berechnung verwendet	

Referenz:

Reagenzglas	Verdünnung 10^{-4}	Verdünnung 10^{-5}
1	>300	116
2	>300	271
3	>300	117
Unterstrichen	Zahl für weitere Berechnung verwendet	

Folgeexperiment 5: Experiment zur Untersuchung der Bakterienabgabe aus dem Massagemittel

Versuchsdatum: 22.07.2010
Testorganismus: E. coli K12 NCTC 10538
Suspension: $8{,}05 \times 10^{8}$

Proband	**Hand L/R**	**Vorwert 10^{-4}**	**Vorwert 10^{-5}**
1 Schaum	**L**	0	0
	R	0	0
2 Fluid	**L**	0	0
	R	0	0
3 Schaum	**L**	0	0
	R	0	0
4 Fluid	**L**	0	0
	R	0	0
5 Fluid	**L**	0	0
	R	0	0
6 Fluid	**L**	0	0
	R	0	0
7 Schaum	**L**	0	0
	R	0	0
8 Schaum	**L**	0	0
	R	0	0
9 Fluid	**L**	0	0
	R	0	0
10 Fluid	**L**	0	0
	R	0	0
11 Schaum	**L**	0	0
	R	0	0
12 Schaum	**L**	0	0
	R	0	0

Folgeversuch 7: Experiment zur Untersuchung der Bakterienabgabe von der Oberfläche der Massagemittel

Versuchsdatum: 18.08.2010
Testorganismus: E. coli K12 NCTC 10538
Suspension: $1{,}11 \times 10^9$

Proband	Hand L/R	Vorwert 10^{-4}	Vorwert 10^{-5}	Nachwert 0,5 ml	Nachwert 10^{-1}	Nachwert 10^{-2}	Nachwert 10^{-3}
1	**L**	>300	33	n. z.	12	1	0
Fluid	**R**	>300	27	n. z.	3	0	0
2	**L**	131*	19*	0	0	0	0
Fluid	**R**	162	14	n. z.	0	0	0
3	**L**	>300	51	n. z.	4	0	0
Schaum	**R**	>300	42	n. z.	8	4	1
4	**L**	>300	65	>300	>300	129	8
Referenz	**R**	>300	45	>300	234*	30*	3
5	**L**	>300	51	n. z.	22	2	0
Schaum	**R**	>300	40	n. z.	144*	50*	3
6	**L**	272*	57*	n. z.	27	6	0
Referenz	**R**	>300	48	n. z.	50	3	1

Unterstrichen — Zahl für weitere Berechnung verwendet
* — gewichteten Mittelwert berechnet
n. z. — nicht zählbar

Folgeversuch 7: Experiment zur Untersuchung der Bakterienabgabe von der Oberfläche der Massagemittel

Versuchsdatum: 25.08.2010
Testorganismus: E. coli K12 NCTC 10538
Suspension: $1{,}56 \times 10^9$

Proband	Hand L/R	Vorwert 10^{-4}	Vorwert 10^{-5}	Nachwert 0,5 ml	Nachwert 10^{-1}	Nachwert 10^{-2}	Nachwert 10^{-3}
1	**L**	>300	64	n. z.	71	8	2
Schaum	**R**	>300	59	n. z.	50	2	2
2	**L**	214*	26*	n. z.	1	0	0
Schaum	**R**	233*	26*	n. z.	8	1	0
3	**L**	158	13	n. z.	1	0	0
Referenz	**R**	174*	21*	11	1	1	0
4	**L**	48	6	121*	24*	2	1
Fluid	**R**	39	4	134*	23*	2	0
5	**L**	>300	34	n. z.	159	12	0
Referenz	**R**	>300	41	n. z.	>300	58	5
6	**L**	55	4	n. z.	>300	34	3
Fluid	**R**	73	6	n. z.	141	12	0

Unterstrichen — Zahl für weitere Berechnung verwendet
* — gewichteten Mittelwert berechnet
n. z. — nicht zählbar

Folgeversuch 7: Experiment zur Untersuchung der Bakterienabgabe von der Oberfläche der Massagemittel

Versuchsdatum: 01.09.2010
Testorganismus: E. coli K12 NCTC 10538
Suspension: $9{,}35 \times 10^{8}$

Proband	Hand L/R	Vorwert 10^{-4}	Vorwert 10^{-5}	Nachwert 0,5 ml	Nachwert 10^{-1}	Nachwert 10^{-2}	Nachwert 10^{-3}
1	L	>300	48	n. z.	213*	25*	1
Referenz	R	>300	63	n. z.	20	1	1
2	L	>300	29	10	4	1	0
Referenz	R	>300	37	n. z.	3	0	0
3	L	>300	35	n. z.	0	0	0
Fluid	R	>300	33	0	0	0	0
4	L	>300	27	13	5	1	0
Schaum	R	162*	16*	51*	24*	4	0
5	L	233*	24*	>300	>300	35	5
Fluid	R	233*	27*	>300	>300	119	9
6	L	>300	40	n. z.	66	5	1
Schaum	R	>300	46	>300	>300	118	9

Unterstrichen — Zahl für weitere Berechnung verwendet
* — gewichteten Mittelwert berechnet
n. z. — nicht zählbar

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 vorgelegt worden.

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

Greifswald, den 08.01.2013

Sarah Karnitzki

Lebenslauf

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. Kramer für die freundliche Überlassung des Themas, seinen kompetenten Rat und für die Korrektur meiner Dissertation.

Herrn PD Dr. Hübner möchte ich für die Übernahme der Betreuung der Arbeit sowie seine fachliche Unterstützung danken.

Mein weiterer Dank gilt allen Mitarbeitern des Instituts für Hygiene und Umweltmedizin und hier vor allem den Mitarbeitern des Labors für krankenhaushygienische Überwachung. Hervorheben möchte ich besonders Frau Lindstedt, der ich für die engagierte Einweisung in die Laborarbeit sowie ihre tatkräftige Unterstützung sehr dankbar bin.

Ein herzliches Dankeschön geht an Frau B. Sümnicht, die mir stets bei allen organisatorischen Fragen hilfreich zur Seite stand.

Auch danke ich allen Probanden, ohne deren Einsatz und Hilfe diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Mein herzlichster Dank gilt meinen Eltern, die mich stets gefördert und mir das Studium ermöglicht haben. Ohne ihren Rückhalt wäre auch diese Arbeit nicht möglich gewesen.