

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

**Experimentelle Untersuchungen zur Verbesserung der  
chirurgischen Händedesinfektion**

Inaugural - Dissertation

Zur

Erlangung des akademischen Grades Doktor der Medizin  
(Dr. med.)

der Medizinischen Fakultät

der

Ernst-Moritz-Arndt-Universität  
Greifswald  
2004

vorgelegt von:  
Nils-Olaf Hübner  
geb. am: 26.08.1977  
in Greifswald

Dekan: Prof. Dr. rer. nat. H. K. Kroemer

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

2. Gutachter: Prof. Dr. med. H. Lippert, Magdeburg

(3. Gutachter:)

Ort, Raum: Friedrich-Löffler-Institut für Medizinische Mikrobiologie, Seminarraum

Tag der Disputation: 12.07.2004

Meinen Eltern

## Abkürzungen

TSL, CSL	Casein – Pepton –Sojamehlpepton-Lösung
TSA, CSA	Casein – Pepton –Sojamehlpepton-Agar
KbE	Koloniebildende Einheit
CEN	Comitè Européen de Normalisation, Europäisches Komitee für Normung
TC	Technisches Komitee
Stdabw.	Standardabweichung
Chnr.	Chargennummer
spec.	Spezies
S. aureus	Staphylococcus aureus
desinf.	desinfiziert
undesinf.	undesinfiziert
Konz.	Konzentration
GC	Gaschromatographie
n.z.	nicht zählbar

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

## Gliederung

## Seite

### **1. Einleitung und Problemstellung**

1.1	Problemstellung	1
1.2	Geschichte der Händedesinfektion und Desinfektionsmittelprüfung	3
1.2.1	Geschichte der Händedesinfektion	3
1.2.2	Geschichte der Desinfektionsmittelprüfung	13
1.3	Kurzcharakterisierung der Mikroflora der Hand, der verwendeten Alkohole sowie weiterer Händedesinfektionsmittel mit aktueller oder historischer Bedeutung	15
1.3.1	Mikroflora	15
1.3.2	Alkohole	15
1.3.3	Chlorkalk und Hypochlorite	18
1.3.4	Phenol (Carbol, Carbolsäure)	18
1.3.5	Triclosan	19
1.3.6	Sublimat	19
1.3.7	Iod	20
1.3.8	Chlorhexidin	20
1.3.9	Resistenzen	21

### **2. Eigene Untersuchungen**

2.1	Material	22
2.1.1.	Medien und Reagenzien	22
2.1.2	Geräte	25
2.2	Methoden	26
2.2.1	Allgemeine Verfahren	26
2.2.2	Versuche	29

2.3 Ergebnisse	38
2.3.1 Vergleich der palmaren, dorsalen und subungualen mikrobiellen Kolonisation des distalen Fingerglieds	38
2.3.2 Versuche zur Keimzahlreduktion	39
2.3.2 Bestimmung der Desinfektionsmittelkonzentration im Handschuhsaft	51
2.3.4 Keimzahlveränderung und der Alkohol- und Begleitstoff- konzentration im Handschuhsaft der undesinfizierten Hand nach 3 h Handschuhtragen	52
2.3.5 Bestimmung der Alkohol- bzw. Begleitstoffkonzentration in den verwendeten alkoholischen Händedesinfektionsmitteln	54
2.3.6 Bestimmung der Alkohol- bzw. Begleitstoffkonzentration im Handschuhsaft fabrikneuer, ungetragener Handschuhe	56
2.3.7 Versuch zur Verminderung der Sporenzahl der Hand	57
<b>3. <u>Diskussion und Schlussfolgerung</u></b>	
3.1.Diskussion	58
3.2 Schlussfolgerung	75
<b>4. <u>Zusammenfassung und Abstract</u></b>	
4.1 Zusammenfassung	77
4.2 Abstract	78
<b>5. <u>Literaturverzeichnis</u></b>	
<b>6. <u>Anhang</u></b>	
Rohwerttabellen	
Eidesstattliche Erklärung	
Lebenslauf	
Danksagung	
Thesen	

## **1. Einleitung und Problemstellung**

### **1.1. Problemstellung**

Seit der Einführung der wissenschaftlich begründeten Händedesinfektion durch Semmelweis 1847 und ihrer allgemeinen Durchsetzung bis zum Ende des 19. Jahrhunderts sind eine Vielzahl von Desinfektionsmitteln und Desinfektionsprotokollen entwickelt und auf ihre Effektivität geprüft worden.

Die Methoden der Desinfektionsmittelprüfung und die daraus abgeleiteten Empfehlungen zur Durchführung der Händedesinfektion unterlagen wie ihre Prüfgegenstände einer ständigen Veränderung. Für die Europäische Union wurde mit dem Entwurf der DIN prEN 12791 „Chirurgische Händedesinfektionsmittel“ im Jahre 1997 für den Bereich der chirurgischen Händedesinfektion ein europaweiter Standard zur Prüfung von Händedesinfektionsmitteln erstellt. Auf internationaler Ebene gibt es bisher keine vergleichbaren Standards.

Unabhängig vom europäischen Prüfstandard unterscheiden sich die in deutschsprachigen und englischsprachigen Ländern bevorzugt eingesetzten Händedesinfektionsmittel stark. Während in den anglo-amerikanischen Ländern antimikrobielle Waschpräparate („scrubs“) dominieren, und sich erst seit dem Ende der neunziger Jahre eine Umorientierung auf alkoholische Präparate abzeichnet (Laboratory Centre for Disease Control Health Canada 1998, LaVerne 2000, Santella 2000, Boyce 2002), werden in den deutschsprachigen Ländern und Frankreich fast ausschließlich alkoholische Einreibepreparate („rubs“) eingesetzt. Aber auch bei den in Deutschland häufig verwendeten alkoholischen Händedesinfektionsmitteln gibt es mehr oder weniger stark ausgeprägte Differenzen in ihrer Formulierung.

Unterschiede finden sich jedoch auch in der Technik der chirurgischen Händedesinfektion. Trotz einheitlicher Empfehlungen durch das Robert Koch-Institut gibt es zwischen verschiedenen Häusern, ja zwischen verschiedenen Operateuren, Unterschiede.

Dies ist unter anderem mit den unterschiedlichen Einwirkzeiten der auf dem Markt befindlichen Händedesinfektionsmittel und der sich im Laufe der Zeit geänderten Prüfvorschriften, sowie den Erkenntnissen zur Wirksamkeit und der damit verbundenen geänderten Anwendungspraxis (3 vs. 5 min) begründet.

In den letzten Jahren haben verschiedene Untersuchungen gezeigt, dass die Desinfektionszeiten deutlich verkürzt werden können (Hingst et al. 1992, Kappstein et al. 1993, O'Farrell et al. 1994, Wheelock und Lookinland 1997).

Die Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention am Robert Koch-Institut empfiehlt außerdem aufgrund der Untersuchungen von Heeg et al. (1988) das Einbürsten des Desinfektionsmittels in den Nagelfalz bei Operationen, bei denen besondere Keimarmut erforderlich ist (Robert-Koch-Institut 2000). Dies impliziert eine besondere Keimdichte im Nagelfalz bzw. Subungualraum, wie sie von Fürbringer beschrieben wurde (Fürbringer 1888).

Das Ziel dieser Arbeit war es zum einen herauszufinden, ob sich auch in heutiger Zeit und mit den modernen Methoden der Keimzahlbestimmung ein Unterschied in der mikrobiellen Kolonisation der Palmar- und Dorsalseite sowie des Subungualraums des distalen Fingergliedes hinsichtlich der Keimzahl an der „Tageshand“ sowie an der desinfizierten Hand findet.

Zum anderen sollte untersucht werden, ob die Effektivität der Standardmethode der chirurgischen Händedesinfektion, also das einminütige Waschen und anschließende dreiminütige Desinfizieren der Hände, mit dem reinen Desinfizieren der Hände ohne vorheriges Waschen bzw. dem reinen Desinfizieren unter Benutzung der Bürste zur besonderen Behandlung des Subungualraumes hinsichtlich der Keimzahlreduktion vergleichbar ist. Dazu sollte die Keimzahlreduktion als Vergleich der Vorwerte mit den Sofortwerten bzw. Langzeitwerten ( $t=3h$ ) nach durchgeführter Händedesinfektion bestimmt, und die Keimzahl sowie die Konzentration der verwendeten Alkohole und Begleitsubstanzen im Handschuhsaft (Handschuhschwitzwasser) ermittelt werden. Zusätzlich sollte einleitend ein Überblick über die Entwicklung der chirurgischen Händedesinfektion, der verwendeten Mittel und Prüfmethode gegeben werden.



## **1.2. Zur Entwicklung der Händedesinfektion, der verwendeten Mittel und ihrer Prüfung**

### **1.2.1 Händedesinfektion**

Die hygienische und chirurgische Händedesinfektion, die uns heute als selbstverständlich gelten, wurden im neunzehnten Jahrhundert als für die Medizin unverzichtbar erkannt und gegen große Widerstände durchgesetzt. Dabei ist die Händedesinfektion nur eine bescheidene Facette der Veränderungen der Anti- und Aseptik, die die Medizin im neunzehnten Jahrhundert beeinflusst haben.

Der Mensch ist einer Vielzahl äußerer Schädlichkeiten ausgesetzt, die zu Verletzungen seiner körperlichen Integrität, zu Wunden, führen können. Neben natürlichen Gefahren sind hier auch anthropogene Einflüsse wichtig. Kriege, Strafen und auch Rituale brachten viele, oft schwere Verletzungen hervor. Nicht zuletzt ist die Geburt ein Vorgang, der mit der Lösung der Plazenta eine große Wundfläche im Uterus schafft. Die Verletzung, die Wunde, ihre Heilung oder Infektion sind seit jeher ein Teil der Lebenswirklichkeit des Menschen.

Schon in der Urgesellschaft finden sich als Ausdruck des Sozialverhaltens des Menschen Formen der Wundversorgung und -behandlung und der Betreuung des Verletzten (Toellner 1990). Die Funde von erfolgreich trepanierten und wiederverheilten Schädeln lassen annehmen, dass schon damals grundlegende Formen der Wundantiseptik bekannt waren, wie das Auflegen von antiseptischen Kräutern, Waschungen, etc. (Homer : Ilias XI, 845, Celsus : De medicina 26.2, Schütz 1993). Trotzdem darf man vermuten, dass die primäre Wundheilung eher selten, die Wundinfektion und ihr letaler Ausgang häufig waren.

Erste theoretische Vorstellungen im europäischen Kulturkreis über das Wesen der Eiterung und das Kindbettfieber finden sich bei Hippokrates. Ihm war bereits bekannt, dass Verunreinigungen den Heilungsprozess stören. Die Ärzte jener Zeit nutzten alkoholhaltige Flüssigkeiten wie z. B. Wein zur Wundreinigung, kochten Wasser vor der Verwendung an der Wunde ab und versuchten auch sonst, Schmutz von der Wunde fern zu halten. Hippokrates nannte diese Verfahren „αποσεπσεσται“ (vor Fäulnis bewahren), und schuf damit den Begriff der Apo- (Anti-) septik.

Diese sinnvollen Ansätze der Wundbehandlung und einer gewissen Asepsis gingen jedoch teilweise verloren, nachdem sich mit Galen die Lehre des „pus bonum et laudabile“ durchsetzte. Diese Ableitung aus der Humoralpathologie nahm über Jahrhunderte großen Einfluss auf das wundärztliche Handeln des Abendlandes. Sieht man den Eiter als lobenswert, wird man alles, was seine Bildung hemmt verwerfen, ja seine Entstehung fördern.

Die Frage nach dem Wesen der Entzündung und der Eiterung war schon immer ein zentrales Thema, denn nur die Kenntnis ihrer Ursachen versetzt den Arzt in die Lage, sie zu verhindern oder zu fördern. Hippokrates und Celsus hielten den Eiter für ein Fäulnisprodukt des Blutes. Zur Erklärung der Krankheitsentstehung wurden zwei konkurrierende Lehren entwickelt: Die Miasmalehre sah außerhalb des menschlichen Körpers gebildete, in verunreinigter Luft und Bodenausdünstungen befindliche Stoffe als causa efficiens, die Contagienlehre hingegen machte ein spezifisches, vom Körper gebildetes und durch Kontakt übertragenes Agens für Krankheiten und Infektionen verantwortlich (Dittrich 1981).

Diese Vorstellungen sind uralt. Einsicht in die Notwendigkeit von Sauberkeit und Isolation von Kranken und „Unreinen“ waren in der antiken Welt weit verbreitet: So bestimmt Moses Wöchnerinnen, menstruierende Frauen, Aussätzige und andere Kranke als unrein, genau wie alles, womit sie in Berührung gekommen sind. Sie unterliegen der Isolation, solange die Störung besteht. Kontaktpersonen und -Gegenstände müssen gereinigt werden (Moses 3, 12 – 15). Reste von Becken für rituelle Waschungen in verschiedenen Kulturen der alten Welt legen steinernes Zeugnis vom Bestreben nach Reinheit ab.

Die Malaria als Prototyp der miasmatischen Krankheit trägt die Essenz der Lehre in sich (mala aria = schlecht Luft). Die in vielen Religionen üblichen Räucherungen sind ritualisierte Luftreinigungen, so entstehen z.B. beim Verbrennen von Weihrauch Phenole.

Obwohl die Lehre des „guten Eiters“ die Entwicklung einer antiseptischen Wundbehandlung nachhaltig behinderte und die Meinung, dass Fett das Anhaften von Contagien verhindere, zum Übergießen von Wunden mit siedendem Öl und dem Auftragen von Salben auf sie führte, - die Folgen sind leicht vorstellbar - gab es immer wieder Ansätze für eine rationale Wundbehandlung, die die Chirurgen aus ihrer

täglichen Praxis und ihren Erfahrungen ableiteten. So drang der Chirurg Teodorico Borognoni (gest. 1298) auf Reinlichkeit und das Vermeiden der Berührung der Wunde, um die Eiterung zu verhindern.

Aber erst mit der Renaissance und damit der Erinnerung an antikes Wissen, verbunden mit der beginnenden Aufklärung und den Fortschritten in der Technik, kamen langsam wieder Kräfte zum Tragen, die eine schonende und infektionsverhütende Wundbehandlung allgemein durchsetzten. Die Fortschritte in der Mikroskopie führten zu neuen Erkenntnissen über das Wesen der Eiterung und der Einsicht, dass die Auslöser der Infektionen nicht die Luft, sondern lebende Krankheitskeime sind (Rothschuh 1978, Mani 1996, Zöllner et al. 2003). Diese Entwicklung weg von der Lehre des „pus bonum et laudabile“ hin zur aseptischen und antiseptischen Wundversorgung dauerte jedoch über 300 Jahre. Im Jahre 1752 prägte John Pringle den Begriff der Antiseptis für fäulnisverhindernde Mittel. Charles Tennant begann 1798 bei Glasgow die Produktion von Chlorkalk als Bleichmittel, das als Desinfektionsmittel große Bedeutung erlangte. 1822 führte der Pariser Apotheker Labarraque Natriumhypochloritlösung als Antiseptikum ein. Die Gesundheitskommission der Stadt Marseille forderte 1825 die Ärzte und anderen Beteiligten an der Krankenversorgung zur Händedesinfektion mit Chlorwasser auf (Labarraque zitiert nach Heeg et al. 1987). Trotz dieser Neuerungen fehlt es jedoch auch in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts weiterhin an einer einheitlichen und schlüssigen rationalen Infektionstheorie und damit einer systematischen Infektionsprophylaxe. Elias von Siebold beschreibt in seinem 1810 erschienenen Buch „Lehrbuch der theoretisch - praktischen Entbindungskunde zu seinen Vorlesungen für Aerzte, Wundärzte und Geburtshelfer“ eine Reihe von Untersuchungen und Techniken, die bis heute Teil der Geburtshilfe sind. Die Zahl und Feinheit geburtshilflicher Operationen erscheint erstaunlich. Doch zur Vorbereitung des untersuchenden Fingers finden wir kein Wort von einer Waschung, geschweige denn einer Desinfektion, dafür das Einfetten der Finger als für die Untersuchung unabdingbar (von Siebold 1810). Immer noch sind die Miasmen- und Kontagienlehre, vermehrt um elektrophysikalische Erklärungsversuche, bestimmend für die Medizin. Eisenmann beschreibt in seinem 1837 erschienenen Buch „Die Wund-Fieber und die Kindbett-Fieber“ sowohl die Entwicklung der Theorien über die Wund- und Kindbettfieber als auch die damals moderne Prophylaxe,

Diagnose und Therapie. Er erkennt - schon vor Semmelweis - die Gleichartigkeit des Wund- und Kindbettfiebers. Er führt jedoch beide auf Infektionen mit Contagien bzw. Miasmen zurück, die aus der Luft auf die Wunde fallen. Auch er trennt die Fieber nach ihren Symptomen in einzelne Krankheiten und wendet sich strikt gegen eine Zusammenfassung der Infektionen zu einem einheitlichen Krankheitsbild. Welches Fieber entsteht, macht er von atmosphärischen und persönlichen Faktoren abhängig. Verschiedene atmosphärische Zustände charakterisiert er nach der Luftfeuchte, der elektrischen Ladung der Luft, Temperaturschwankungen etc.. Alles, was Eisenmann beschreibt, hätte aus heutiger Sicht zu der Erkenntnis der Kontaktinfektion als Ursache der Wundfieber führen können (Eisenmann 1837, Metzke und Metzke 1994).

Die Zustände in den Lazaretten und die Tragik der Chirurgie zu dieser Zeit seien durch einige Zahlen illustriert: Im Krimkrieg (1853 – 1856) starb jeder zweite verletzte Soldat, der lebend das Lazarett erreicht hatte an den Folgen einer Sepsis (Schippergers und Lindner 1967). Noch im Deutsch – Französischen Krieg (1870/71) starben von 13200 Amputierten 10000 - eine Sterberate von 76 % ! Von den 70 Amputationen, die Nèlaton während des Aufstandes der Pariser Kommune 1871 vornahm, endeten alle letal (Porter 2000).

Die Verhältnisse in den zu dieser Zeit aufkommenden Gebärhäusern waren ähnlich schlimm. Das Puerperalfieber wütete auf den Stationen – in der Ersten Abteilung des Wiener Gratisgebärhauses starb in den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts jede 4. Wöchnerin an Puerperalsepsis. Von diesen Bedingungen schwer bestürzt, suchte Ignaz Philip Semmelweis, damals Assistent an jenem Hause, nach neuen Gründen für das massenhafte und auf die Erste Abteilung beschränkte Auftreten der Puerperalsepsis. Die Miasmenlehre versuchte das Puerperalfieber als Epidemie zu erklären, die auf atmosphärisch – kosmisch – telurischen Einflüssen beruhe. Semmelweis jedoch erfasste, dass nicht epidemische Gründe, sondern ein „Leichengift“, das durch die untersuchenden Ärzte und Studenten übertragen wird, das Puerperalfieber auslöst. Er findet damit gleich drei bedeutende Wahrheiten: Zum einen erkennt er, dass die Puerperalfieber ein einheitliches Krankheitsbild darstellen, die sich wohl in ihren Symptomen unterscheiden können, deren Ursache aber dieselbe ist. Zum anderen begreift er, dass die Ursache des Puerperalfiebers und der Pyämie die gleiche ist. Und drittens findet er als Ursache von Puerperalfieber und Sepsis „[...] die Cadavertheile,

welche ihm in's Gefäßsystem gebracht wurden.“ (Sommelweis „ Die Aetiologie, der Begriff und die Prophylaxis des Kindbettfiebers“ aus (Györy 1905 (1967) S. 130). Wie so oft in der Geschichte der Wissenschaft, bringt ein persönliches Erlebnis die Erkenntnis. Als Sein Freund Kolletschka, Professor für gerichtliche Medizin, von einem Schüler beim Sezieren verletzt wird und an Pyämie stirbt, studiert Semmelweis das Sektionsprotokoll seines Freundes und findet „[...] die Identität der Krankheit, an welcher Kolletschka gestorben, mit derjenigen Krankheit, an welcher ich so viele Wöchnerinnen sterben sah [...]“ (Sommelweis „ Die Aetiologie, der Begriff und die Prophylaxis des Kindbettfiebers“ aus (Györy 1905 (1967)) S. 130). Aus der Erkenntnis heraus, dass das einfache Waschen dieses „Leichengift“ nicht beseitige, führt Semmelweis 1847 die pflichtweise Waschung der Hände mit Chlorkalk bzw. Chlorwasser ein. Der Erfolg zeigte sich schnell: die Sterberaten sanken auf unter 2% (Györy 1905 (1967), Schippergers und Lindner 1967, Dittrich 1981, Antall 1991, Porter 2000). Seine Methode blieb nicht unwidersprochen. Fast alle internationalen Kapazitäten lehnten sie ab. Ähnlich war es Holmes 1843 in Boston ergangen, der unabhängig von Semmelweis das Kindbettfieber als Infektion erkannt hatte. Nachdem Semmelweis seine Ergebnisse 1861 in seinem Hauptwerk „Ätiologie, Begriff und Prophylaxis des Kindbettfiebers“ veröffentlicht hatte, verteidigte er seine Theorie in offenen Briefen an seine Widersacher und schaffte es, Anhänger an verschiedenen europäischen Universitäten zu gewinnen. Genannt sei hier Pernice, der als Direktor der Greifswalder Universitätsfrauenklinik ab Juli 1861 die Chlorwaschung erprobte. Tragischerweise einen Tag vor Semmelweis Tod am 13. August 1865 versuchte Joseph Lister ein von ihm entwickeltes neues Verfahren in der Wundbehandlung. Er versorgte eine offene Fraktur mit einem carbolsäurehaltigen Verband. Die Wunde blieb infektionsfrei. Lister hatte unabhängig von Holmes und Semmelweis die infektiöse Natur des Wundfiebers erkannt. Pasteurs Arbeiten über die Prüfung der Generatio spontanea (1862) und die Wirkung der Carbolsäure gegen den Typhus (Carbolsäure wurde zur Desinfektion der Rieselfelder eingesetzt) brachten ihn zu seiner Behandlungsweise. The Lancet veröffentlichte 1867 Listers Methode und erste Ergebnisse (Györy 1905 (1967), Tutzke 1968, Dittrich 1981, Porter 2000). Auch Lister stieß zunächst auf Widerstände von denen, die nicht an Bakterien glaubten. Besonders in England war Lister sehr umstritten, während er in Deutschland schnell Anhänger

fand (von Bardeleben 1870, Schippergers und Lindner 1967, Koebing 1991). Trotzdem zieht sich der Streit um die Antiseptik bis in die neunziger Jahre des achtzehnten Jahrhunderts. Lister betrieb keine Händedesinfektion an sich, er durchtränkte mit seinem Carbolnebel den gesamten Operationssaal, denn er geht noch davon aus, dass vor allem die Anflugflora verantwortlich für die Wundinfektion sei. Trotzdem sind seine Forschungen auch wegweisend für die Entwicklung der Händedesinfektion. Durch die Einsicht in die Notwendigkeit der antiseptischen Wundversorgung wird jetzt auch Semmelweis Methode verstanden, genutzt und weiterentwickelt (Koebing 1991). Schon kurz nach der Einführung des Carbols werden seine unangenehmen Eigenschaften deutlich. Sein scharfer Geruch, seine heilungshemmende Wirkung auf Granulationen, seine hautirritierende Wirkung und Provokation von Ekzemen führten zu Kritik und zur Suche nach Alternativen sowohl der Methode als auch der Mittel (von Bardeleben 1870, von Bruns 1880, Porter 2000).

Die Erkenntnis, dass Keime nicht nur durch die Luft, sondern auch durch die Hände und Kleidung des Chirurgen, durch die Instrumente und Verbandmaterialien übertragen werden, führte zu grundlegenden Veränderungen in den operativen Fächern. Statt seinem Gehrock trug der Chirurg jetzt einen Operationskittel, die Operationsräume wurden gründlichst gereinigt, Instrumente sterilisiert. Diese Entwicklungen sind eng mit den Namen Gustav Neuber, Curt Schimmelbusch, Friedrich Trendelenburg und Ernst von Bergmann verbunden, um nur einige zu nennen. Dabei bekommt die Dampf- und Heißluftsterilisation einen großen Stellenwert, besonders, nachdem Koch, Gaffky und Löffler 1881 die Thermosterilisation als der Chemischen überlegen herausstellten (Koch et al. 1881, Schippergers und Lindner 1967, Dittrich 1981). Diese Entwicklungen brachten nicht nur Veränderungen der Klinikarchitektur und Operationslogistik, sondern auch in der Feldchirurgie mit sich (Küster 1894, Ring 1968). Während der Gebrauch von Chemischen Desinfektionsmitteln für die Instrumenten- und Verbandmaterial-„Sterilisation“ an Bedeutung verlor, blieben sie für die Händedesinfektion sowie die Haut- und Wundantiseptik unabdingbar. Man suchte nach neuen Mitteln, die die Vorzüge der Carbolsäure besitzen, gleichzeitig aber ihre Nachteile vermissen lassen sollten.

Unna führte 1882 Ichtyolseife ein, die, wie die carbol- und terpeneolhaltigen Seifen (ab 1867) Verwendung in der Händedesinfektion fand (von Bardeleben 1870, Zweifel 1894, Dittrich 1981, Engst 1999).

Nachdem Robert Koch in seiner 1881 erschienenen Arbeit „Über Desinfection“ das Sublimat als allen anderen chemischen Desinfektionsmitteln in Wirkung und Preis überlegen herausgestellt hatte, wurde es immer häufiger zur Händedesinfektion eingesetzt. Es war schon vorher zur Behandlung der Lues eingesetzt und von Pasteur zur Desinfektion empfohlen worden (Anonym 1869, Dittrich 1981). Koch betont, dass das Sublimat toxisch sei, aber den Vorteil der hervorragenden Wirksamkeit und Geruchlosigkeit habe (Koch 1881).

In den folgenden Jahren findet eine rege Diskussion um die optimalen Mittel und Methoden der Händedesinfektion statt. Diese wird in den vielen mittlerweile neu gegründeten ärztlichen Zeitschriften Deutschlands (so der „Berliner Klinischen Wochenschrift“ gegr. 1863, dem „Centralblatt für Chirurgie“ gegr. 1873, dem „Centralblatt für Gynäkologie“ sowie der „Deutschen Medicinischen Wochenschrift“ beide 1874 gegründet.) geführt und spiegelt die rasante Entwicklung der Händedesinfektion in diesen Jahren wieder. Immer wieder sind es die Toxizität, die antimikrobielle Wirkung, die Handhabbarkeit und nicht zuletzt der Preis, die über die Bewertung eines Mittels entscheiden. Forster beschreibt 1885 das Sublimat als dem Carbol überlegen, Kümmell kommt in seinen 1886 veröffentlichten Versuchen zum gegenteiligen Schluss (Kümmell 1886). Das Sublimat bedingt auch andere Probleme: Erst langsam setzt sich die Erkenntnis durch, dass nur destilliertes Wasser zur Bereitung der Lösung geeignet ist, da ansonsten das Sublimat mit den gelösten Salzen reagiert und unwirksam ausfällt (Fürbringer 1888). Auch kommt es immer wieder zu tödlichen Vergiftungen (Kümmell 1886).

Zwei Jahre später veröffentlicht Paul Fürbringer seine „Untersuchungen und Vorschriften über die Desinfection der Hände des Arztes; nebst Bemerkungen über den bacteriologischen Charakter des Nagelschmutzes“. Er zeigt eindrücklich, dass neben der Konzentration auch andere Faktoren wichtig für die Wirkung der Desinfektionsmittel sind. Er postuliert, dass die Wahl des Mittels dabei weniger ausschlaggebend sei als die Netzung der Haut mit dem Desinficiens. Da er davon ausgeht, dass das fettige Hautsekret die Adhäsion der Agenzien behindere, fügt er den Alkohol als entfettenden

Zwischenschritt ein. Er erkennt zudem den Unternagelraum, also „die untere Fläche des vorderen Nagelrandes bzw. den freien Raum zwischen dieser und der Fingerbeere“ (Fürbringer „Untersuchungen und Vorschriften über die Desinfection der Hände des Arztes; nebst Bemerkungen über den bacteriologischen Charakter des Nagelschmutzes“ 1888, S.10), als am schwierigsten zu desinfizieren. Fürbringer schlussfolgert, dass einzig die erfolgreiche Desinfektion dieses Raumes, den er der „subungualen“ nennt, das Maß für die Keimfreiheit der Hand sein kann.

Er führt die Abimpfung des Unternagelraumes in die Desinfektionsmitteltestung ein (S. G. 1887). Noch im selben Jahr widerspricht ihm Landsberg, der den Alkohol als nicht notwendig ansieht, zwischen beiden entbrennt ein wissenschaftlicher Streit, der erst im folgenden Jahr ohne endgültiges Ergebnis beendet wird (Landsberg 1888, Fürbringer 1888, Landsberg 1889). Boll greift 1890 das Thema erneut auf und stellt das von Mikulicz in Königsberg entwickelte Verfahren vor, das zusätzlich eine gesonderte Behandlung der Unternagelräume mit Jodoformgaze beinhaltet (Boll 1890).

Eine weitere, grundlegende Veränderung erfuhr die Händedesinfektion durch die Einsichten Zweifels und seines Schüler Reinicke. Zweifel ging in seinem 1894 erschienenen Artikel „Die Desinfektionsvorschriften in den neuesten deutschen Hebammenlehrbüchern“ mit den Methoden und verwendeten Chemikalien hart ins Gericht. Er wendet sich gegen die Praxis, dass die Hebammen ihre Hände 3 min in 5%iger Carbollösung zu waschen haben, ein Verfahren, das durch seine Hautschädigung schlicht nicht durchführbar ist. Andererseits beklagt er die uneinheitlichen Vorschriften in den verschiedenen Ländern mit ihren teils unzureichenden Maßnahmen. Zweifel weist auf die starke Toxizität des Carbols und Sublimats hin und lässt Reinicke in seinem Labor nach neuen Methoden der Händedesinfektion suchen (Zweifel 1894). Dieser führt bei seinen Experimenten nicht nur die artifizielle Kontamination ein, die auch heute noch bei der Testung für die Hygienische Händedesinfektion Verwendung findet, sondern erkennt, dass auch die alleinige Anwendung des Alkohols zur sicheren Keimentfernung genügt. Sein Irrtum ist, dass der Alkohol nur keimlösend, nicht jedoch keimtötend wirkt. Die Ursache hierfür liegt in der Wahl des verwendeten Testkeims.

Da Koch die Sporen als besonders resistent beschrieben hatte, verwendet auch Reinicke einen Sporenbildner. Dieser wird natürlich nicht abgetötet, jedoch gelockert,



und durch anschließende Waschung mechanisch entfernt (Reinicke 1894, Reinicke 1894, Reinicke 1895). Ahlfeld und sein Assistent Vahle bestätigen Reinickes Ergebnisse wenig später (Ahlfeld 1895). Mehr noch, Ahlfeld erkennt, dass der Alkohol selbst ein potentes Antiseptikum ist. Mit seinen in vitro Suspensionsversuchen mit Staphylokokken und seinen Händedesinfektionstests erklärt er die bessere Wirkung des verdünnten Alkohols gegenüber dem konzentrierten (Ahlfeld und Vahle 1896). Diese Arbeiten fanden im In- und Ausland reges Interesse und wurden teils mit anderem Ergebnis wiederholt (Fürbringer 1895, Leedham-Green 1896, Ahlfeld 1896).

Verschiedene Autoren haben sich in der Folge mit Modifikationen um eine weitere Verbesserung der Verfahren um eine Optimierung der Wirkung der Händedesinfektion bemüht. Andere Ansätze waren das „Festleimen“ der Keime an der Haut mittels eines undurchlässigen Überzuges und die Gerbung der Haut mit formaldehydhaltigen Präparaten. Beide Verfahren wurde jedoch wegen ihrer mangelnden Wirksamkeit und starken Nebenwirkungen bald verlassen (Steinhagen 1977).

Obwohl die Forschung weiterging, wurde die Fürbringersche (Waschen, Alkohol, chem. Antiseptikum) und die Ahlfeldsche Methode (Waschen, Alkohol) für die Praxis bestimmend. Die Chirurgen im Kaiserreich und im Nachkriegsdeutschland benutzten im wesentlichen die gleichen Techniken zur Händedesinfektion.

Diese wurde ab der Jahrhundertwende um die Gesichtsmaske und Operationshandschuhe ergänzt. Mikulicz führte die Operationsmaske und einen leinenen Operationshandschuh ein. Bald wurde dieser durch Gummihandschuhe ersetzt, die schon seit den sechziger Jahren bei der Sektion üblich waren. Bereits 1886 nutzte Bloodgood Gummihandschuhe zum Operieren, Halstett und Goodyear in New York führten sie 1890 ein und in Deutschland stellte Friedrich 1898 ein gebrauchsfertiges Modell vor (Schippergers und Lindner 1967, Mueller 1977, Dittrich 1981, Porter 2000, Bumm 2002).

Flügge unterschied 1905 erstmals die hygienische und die chirurgische Händedesinfektion (Steinhagen 1977). Nicht zuletzt die Weltkriege führten mit ihren unzähligen Verletzten und den Erfordernissen der Feldchirurgie zu einer Bevorzugung einer möglichst schnellen Methode zur Händedesinfektion..

In den 50er Jahre wurden die alkoholischen Mittel um neue antiseptische Seifen, verschiedene neue Antiseptika (damals häufig auch „Schnelldesinfektionsmittel“

genannt) wie dem Hexachlorophen und die Waschung in Ammoniak ergänzt. Die Zahl der von der Industrie gelieferten Mittel stieg enorm an. Genormte einheitliche Prüfverfahren fehlten jedoch (Lexer 1914, Garre und Borchard 1941, Garre 1949, Schmitt 1955, Naumann und Walz 1960).

Nachdem die „Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie“ (DGHM) 1958 ihre „Richtlinien für die Prüfung chemischer Desinfektionsmittel“ veröffentlichte, war erstmals ein allgemein gültiger Standard zur Desinfektionsmittelprüfung geschaffen, der den direkten Vergleich verschiedener Präparate ermöglichte.

Die nach diesen Richtlinien erstellte Liste der von der DGHM empfohlenen Desinfektionsmittel enthielt zunächst nur Propan-1-ol, Propan-2-ol und Ethanol. Dies kennzeichnet den Beginn der Entwicklung der alkoholischen Einreibepreparate, einer neuen Ära der Händedesinfektion in den deutschsprachigen Ländern (Naumann und Walz 1960). Im angloamerikanischen Raum setzten sich statt dessen Chlorhexidin und Iodpräparate durch. Die Ursachen dafür sind vielfältig. So ist die chirurgische Händedesinfektion in den USA als signifikante Keimzahlreduktion auf der intakten Haut mittels eines nicht irritierenden Mittels definiert (Ayliffe 1984). Hinzu kommen die chemisch – physikalischen und biologischen Eigenschaften der Alkohole (leicht flüchtig, brennbar, resorbierbar), das Fehlen allgemeiner Standards für die Desinfektionsmittelprüfung und wirtschaftliche Interessen. Demgegenüber steht die deutlich schlechtere Keimreduktion (Ayliffe 1984, Heeg et al. 1986, Bryce et al. 2001). Auch in Deutschland setzte sich die Einreibemethode erst langsam durch. Reber empfiehlt 1967 noch reine Kernseife als Mittel zur hygienischen Händedesinfektion (Reber 1967). Die „Schüsselmethode“ wurde erst ab dem Beginn der 80er Jahre vollständig ersetzt (Hellner und Nissen 1964, Kremer 1967, Reber 1967, Schmitt 1977, Steinhagen 1977, Koele 1983).

Bis heute wird immer wieder versucht, die chirurgische Händedesinfektion hautfreundlicher, kürzer und effektiver zu gestalten. Hierbei werden sowohl neue Methoden als auch neue Mittel geprüft. Die letzten Ansätze sind alkoholische Gele, die Verkürzung der Desinfektionszeit, die Reduktion der Zeitdauer der Waschung bzw. der Verzicht auf sie und der Einsatz der Bürste bei der Einreibung, was zugleich der Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit ist.

### **1.2.2. Zur Entwicklung der Desinfektionsmittelprüfung**

Die Entwicklung der Desinfektionsmittelprüfung ist eng mit der Entwicklung der Händedesinfektion verbunden. Erst effektive, reproduzierbare und standardisierbare Methoden haben die Entwicklung neuer sicher wirkender Mittel ermöglicht.

Bis in die achtziger Jahre des neunzehnten Jahrhunderts nutzte man vor allem indirekte Keimnachweise zur Desinfektionsmittelprüfung. Dazu wurde ein Desinfektionsmittel auf ein Nährmedium gegeben, blieb eine Verwesung aus, war das Mittel geeignet. Erst Robert Koch entwickelte die Verfahren Pasteurs weiter und führte das Plattenkulturverfahren ein (Elkeles 1991). Die Entwicklung weg vom bloßen „Keim oder nicht“ zur Zählung der Keimzahl machte die weitere Verbesserung der Händedesinfektionsmittel und -verfahren erst möglich. Fürbringer übernahm das Verfahren von Koch und ergänzte es um die Abimpfung des Unternagelraumes. Reinicke führte 1894 die artifizielle Kontamination der Hände in die Desinfektionsmittelprüfung ein. Schumburg brachte 1905 die Ausknetetechnik ein, die auch heute noch Teil der DGHM – Prüfrichtlinien ist. Diese Methode gestattet die derzeit objektivste vergleichende Beurteilung von Händedesinfektionsmitteln im praxisnahen in vivo - Versuch.

Da es im englischsprachigen Raum an entsprechenden Standards mangelt, werden hier zum Teil immer noch die veralteten „finger print“ und „finger streak“ Verfahren eingesetzt (Dineen 1969, Litsky und Litzky, 1972, Ojajärvi 1980, Myklebust 1985, Bryce et al. 2001). Diese sind Modifikationen des Plattenkulturverfahrens, erfassen jedoch nicht den Unternagelraum. Hinzu kommen die „Glove Juice“- und „Sterile Bag“- Methode (entwickelt von Gaschen 1968) (Ojajärvi 1976, Lilly et al. 1979, Heeg et al. 1986, Larson et al. 1986, Kappstein et al. 1993, Bryce et al. 2001).

Kokko nutzte bei seinen 1939 veröffentlichten Versuchen zur desinfizierenden Wirkung der Alkohole eine qualitative Suspensionsmethode (Kokko 1939). Diese wurde bereits am Ende des 19. Jahrhunderts in ähnlicher Form verwendet.

Schon am Beginn des 20. Jahrhunderts war die Zahl der im Handel befindlichen Desinfektionsmittel (insbesondere zur Flächen- und Instrumentendesinfektion) durch die Fortschritte in der Chemie stark angewachsen und für den Anwender schlecht überschaubar.

Um die Desinfektionsmittelprüfung auf eine einheitliche Grundlage zu stellen, veröffentlichte die DGHM 1958 ihre „Richtlinien für die Prüfung chemischer Desinfektionsmittel“. Sie schuf so einen bundeseinheitlichen Standard für die Desinfektionsmittelbewertung. Die Richtlinien enthalten ein mehrstufiges Verfahren zur Desinfektionsmitteltestung, das quantitative und qualitative Suspensionsversuche sowie in vivo – Versuche mittels Ausknettechnik umfasst und auf den Arbeiten Heickens von 1949 basiert.

Die Einführung der „Richtlinien“ wurde sehr unterschiedlich bewertet. Zwar waren sich die meisten Autoren über den Sinn einer einheitlichen Prüfvorschrift einig, das Verfahren wurde jedoch teilweise kritisch bewertet. Insbesondere das Fehlen der Toxizitäts-, Remanenz-, Hautverträglichkeits- und Enthemmungsbewertung wurde bemängelt. Die Diskussion machte sich dabei insbesondere an Hexachlorophen, einem gut hautverträglichem, aber nach den Richtlinien ungeeignetem Händedesinfektionsmittel fest. Die Kritiker der DGHM- Richtlinie verweisen auf die hohe Akzeptanz bei den Chirurgen. Die Befürworter der Richtlinie betonen dagegen die schlechte Desinfektionsleistung, insbesondere gegen gramnegative Keime (Bethge und Rassfeld-Sternberg 1956, Schmidt 1958, Naumann und Walz 1960, Kremer 1967, Kalmàr und Meyer-Rohn 1968, Kornfeld 1971, Rotter 1971, Bode 1981, Auterhoff 1999).

Als Reaktion wurden die Richtlinien seit ihrer Einführung regelmäßig aktualisiert. So wurde die Kontrolle des Langzeitwertes eingeführt, als Referenzmethode die Schlüsselmethode durch die Einreibung mit Propan-1-ol ersetzt etc.. Damit sind die Richtlinien in ihrer modernen Fassung nicht nur die Basis der einheitlichen Desinfektionsmitteltestung in der Bundesrepublik Deutschland, sondern zugleich die Grundlage für die europäischen Normen. Innerhalb des CEN–TC „disinfectants and antiseptics“ wurde 1997 unter Leitung deutscher Experten der „European Standard prEN 12791 (1997): Chemische Desinfektionsmittel und Antiseptika, Chirurgische Händedesinfektion und Händewaschung, Prüfverfahren und Anforderungen (Phase 2/Stufe 2)“ verabschiedet und damit eine einheitliche Grundlage für die Desinfektionsmittelprüfung in ganz Europa geschaffen. Er ist zugleich die Basis für die eigenen Versuche.

### **1.3. Kurzcharakterisierung der Mikroflora der Hand, der verwendeten Alkohole sowie weiterer Händedesinfektionsmittel mit aktueller oder historischer Bedeutung**

#### **1.3.1 Mikrobielle Flora der Hand**

Die mikrobielle Flora der Hand ist wiederholt Gegenstand ausführlicher Untersuchungen gewesen (Bethge und Rassfeld-Sternberg 1956, Kappstein et al. 1993). Die eigenen Untersuchungen zu diesem Thema beschränken sich deshalb auf die Identifikation und Zählung von aeroben Sporenbildnern.

Die Flora der Hand lässt sich in Standort-, Transient- und Infektionsflora unterteilen. Die intakte Standortflora ist in Verbindung mit der intakten Haut fähig, die transiente Flora an der Kolonisation zu hemmen (Kampf und Kramer submitted).

Bethge und Rassfeld-Sternberg (1956) fanden bei ca. 80% ihrer Proben der undesinfizierten Hand *Staphylococcus epidermidis*, des weiteren *S. aureus* und andere *Staphylococci* sowie einige sonstige Keime. Kappstein et al. (1993) fanden ebenfalls *Staphylococcus species* auf den Händen aller untersuchter Chirurgen. *S. aureus* war bei der Hälfte der Untersuchten nachweisbar. Fast immer fanden sich aerobe Sporenbildner, Mikrokokken und *Corynebakterien*. Auch *Enterokokken*, *Pseudomonas spec.*, *Acinetobacter* und Schimmelpilze wurden neben anderen selteneren Keimen vergleichsweise häufig nachgewiesen (Bethge und Rassfeld-Sternberg 1956, Kappstein et al. 1993).

#### **1.3.2. Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol**

Die Verwendung des Ethanols in Form von Spiritus (80% - 95% Ethanol) geht auf Fürbringer (1888) zurück. Die Verwendung anderer Alkohole zur Händedesinfektion beruht auf wirtschaftlichen (Steuer auf Ethanol) und bakteriologischen Überlegungen. Die Arbeiten von Buchner et al. (1901) sowie von Wirgin (1904) und Kokko (1939) bestätigen den einwertigen gesättigten Alkoholen eine starke antibakterielle Wirksamkeit. Hierbei steigt die bakterientötende Wirkung mit der Länge der im Molekül vorhandenen geraden Kohlenstoffkette (Kokko 1939). Die Wirkung an sich beruht auf unspezifischen Denaturierungsreaktionen.

Ethanol, Propan-1-ol (n-Propanol, Propylalkohol) und Propan-2-ol (Isopropanol, Isopropylalkohol) sind wasserklare, mit Wasser und Chloroform unbegrenzt mischbare Flüssigkeiten. Weitere physikalische Eigenschaften sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

**Tabelle 1: Übersicht über die physikalischen Eigenschaften von Ethanol, Propan-1-ol und Propan-2-ol nach (Heeg et al. 1987)**

	Ethanol	Propan-1-ol	Propan-2-ol
Molekularmasse $\text{g} \times \text{mol}^{-1}$	46,07	60,10	60,10
Lipophilie als $\lg P$ (Diethylether/ Wasser)	-0,58	0,28	-0,19
Dampfdruck bei 20°C mm Hg	44,0	15,5 –29,4	31,2
Flammpunkt (°C)	12 –18,9	22	12 – 22,2
Zündfähiges Gemisch (Vol %)	3,5 –15	2,1-13,5	2 - 12
Verdunstungszahl (Ether = 1)	1,9	1,3	1,7

Ersichtlich ist die höhere Lipophilie von Propan-1-ol gegenüber Ethanol und Propan-2-ol. Sie ist bedingt durch den stärker apolaren Charakter des Alkohols. Neben den physikalischen Eigenschaften gibt es auch deutliche Unterschiede in den chemisch – biologischen Eigenschaften (Tabelle 2).

**Tabelle 2 : Toxizität und MBK von Ethanol, Propan-1-ol und Propan-2-ol nach (Halle 1985, Kramer et al. 1985, Heeg et al. 1987)**

	Ethanol	Propan-1-ol	Propan-2-ol
LD <sub>50</sub> (g/Kg KM), Maus, subkutan	70%iges: 15,6	60%iges: 10,6	60%iges: 6,3
IC <sub>50</sub> , nachgewiesen durch Proteinbestimmung bei L929-Zellen	155 mmol/l	55,8 mmol/l	98,4 mmol/l
Minimale bakterizide Konzentration in vitro	ab 30% optimal 50%- >90%	ab 13 %, optimal ab 40%	ab 40 % optimal 50% - 70%

Ethanol, Propan-1-ol und Propan-2-ol werden, besonders im Vergleich mit anderen zur Händedesinfektion und Hautantiseptik verwendeten Substanzen, als gering toxisch angesehen (Halle 1985, Kramer et al. 1985, Kramer et al. 2003, Kampf und Kramer submitted). Ethanol ist dabei am wenigsten toxisch, wohingegen Propan-1-ol und Propan-2-ol ein höheres Toxizitätspotential besitzen.

Die kanzerogenen und mutagenen Eigenschaften des Propan-1-ols sind zur Zeit nicht abschließend bewertbar (Kross 1994).

Propan-2-ol steht im Verdacht, bei chronischer inhalativer Exposition, ähnlich Hartholzstäuben, bösartige Tumoren der Nase bzw. Nasennebenhöhlen auslösen zu können (Comba und Belli 1992). Hohe Konzentrationen in der Atemluft können, besonders von empfindlichen Personen, als unangenehm und einschläfernd empfunden werden (von Thriel et al. 2003). Chronische orale Aufnahme von Propan-2-ol kann zu schweren neurologischen Schäden führen (Hanawalt-Squires und Anfinson 2002). Es ist bekannt, dass Propan-2-ol und andere Alkohole transdermal und inhalativ resorbiert werden können (Wittigmann et al. 1992, Peschel et al. 1992). Ethanol, Propan-1-ol und Propan-2-ol sind Substrate der Alkoholdehydrogenase. Propan-2-ol induziert zudem CYP 450 und erhöht auf diesem Weg die Toxizität von verschiedenen anderen Stoffen wie Tetrachlorkohlenstoff und Chloroform (Kross 1994).

### **1.3.3 Chlorkalk und Hypochlorite**

1822 führte der Pariser Apotheker Labarraque Natriumhypochloritlösung als Desinfektionsmittel ein. Semmelweis nutzte ab 1847 die Waschung der Hände mit Chlorkalk bzw. Natriumhypochloritlösung zur hygienischen Händedesinfektion.

Wirksames Prinzip ist bei beiden das freie Chlor, das stark mikrobiozid wirkt. In geringeren Konzentrationen wirkt Chlor mikrobiostatisch. Die mikrobiozide Wirkung beruht auf verschiedenen Reaktionen mit der Zelle. Wichtig sind die Bildung von toxischen Chloraminen mit Zelleiweißen und die Bildung von atomarem Sauerstoff bei der Reaktion mit Wasser. In Gegenwart organischen Materials verliert Chlor rasch an Wirksamkeit (sog. Chlorzehrung). Die Probleme beim Einsatz der Chlorabspalter sind ihre chemische Instabilität, die nur kurze eine Lagerfähigkeit bedingt, die pH- und temperaturabhängige Wirksamkeit und die Reizwirkung auf Haut und Schleimhäute. Chlorabspalter spielen deshalb heute zur Händedesinfektion eine sehr untergeordnete Rolle, werden jedoch weiterhin zur Trink-, Brauch- und Badewasserdesinfektion sowie zur Flächen- und Gerätedesinfektion im professionellen und privaten Bereich eingesetzt (Schmeiß und Süß 1987).

### **1.3.4 Phenol (Carbol, Carbolsäure)**

In geschmolzenem Zustand ist Phenol eine stark hautreizende, ätzende Flüssigkeit. Es ist wasserklar, von stechendem Geruch und scharfem Geschmack. Bei Raumtemperatur ist es begrenzt mit Wasser, gut mit fetten Ölen und Alkoholen, aber schlecht mit aliphatischen Kohlenwasserstoffen mischbar. Phenol wirkt konzentrationsabhängig mikrobiozid oder mikrobiostatisch, ist jedoch geringer wirksam als seine Alkyl- und Halogenderivate, die zudem weniger toxisch sind. Die Wirkung beruht auf der Hemmung verschiedener Enzymfunktionen, der Störung der Funktion der Zytoplasmamembran und einer unspezifischen Eiweißdenaturierung. Die Verwendung von Phenol in der Antiseptik geht auf Lister (1867) zurück. Zuvor war es bereits zur Desinfektion auf Rieselfeldern eingesetzt worden. Es wurde in den Folgejahren intensiv in der Flächen-, Haut-, Hände-, Wund- und Bauchhöhlenantiseptik verwendet. Die Waschungen und Spülungen führten zu starken Nebenwirkungen bei Patienten und Personal (Fürbringer 1888, Zweifel 1894).



Das Phenol wurde deshalb in der Antiseptik durch Thymol, Cresole und andere Phenolabkömmlinge ersetzt, heute spielt es für die Händedesinfektion und Antiseptik aufgrund seiner begrenzten Wirkung bei vergleichsweise hoher Toxizität keine Rolle mehr. (von Bruns 1880, Beilfuß et al. 1987, Rummel 1992).

### **1.3.5 Triclosan**

Triclosan gehört im weitesten Sinne zu den Phenolderivaten. Das bei Raumtemperatur weiße, feinkristalline Pulver schwach aromatischen Geruchs löst sich schlecht in Wasser, dagegen gut in vielen organischen Lösungsmitteln. Es ist chemisch relativ stabil und gut lagerfähig. Seine Wirksamkeit in antimikrobiellen Mitteln ist stark von deren Formulierung abhängig. Mit verschiedenen Tensiden und Chlor ist es unverträglich. Triclosan wirkt konzentrationsabhängig bakteriostatisch oder bakterizid, stärker auf grampositive als auf gramnegative Keime und Pilze, und nicht auf Sporen und Viren. Seine Wirkung beruht zum einen auf unspezifischen, vor allem jedoch spezifischen Interaktionen mit der Zytoplasmamembran. Resistenzen verschiedener Stämme sind nachgewiesen. Triclosan steht zudem im Verdacht, Resistenzen gegen Antibiotika zu begünstigen (Rudolf und Kampf 2003).

### **1.3.6 Sublimat**

Sublimat ist ein Synonym für Quecksilber-II-chlorid. Es verdrängte aufgrund seiner Geruchlosigkeit ab den 70er und 80er Jahren des 19. Jahrhunderts vielerorts das Phenol als Desinfektionswirkstoff. Wirksame Komponente sind die sich in wässriger Lösung bildenden Quecksilberionen. Dabei ist die Inkompatibilität mit Alkalisalzen zu beachten, die zu unwirksamen Ausfällungen führt. Sublimat wirkt breit mikrobiostatisch und parasitizid. Seine Hauptnachteile sind die schlechte Lagerfähigkeit, die hohe akute und chronische Toxizität (LD<sub>50</sub> 0,5-1g), die Ökotoxizität und die mangelhafte Wirksamkeit. Es ist inzwischen als Arzneistoff obsolet (Kümmell 1886, von Bruchhausen et al. 1999, Rummel 1992).

### **1.3.7 Iod**

Iod ist eines der ältesten Antiseptika. Neben dem in Spiritus gelösten Iod (Iodspiritus) wurde Iodschwefel (als Bestandteil von dermatologischen Salben und Pasten) verwendet. Iodoform wurde lange als Wundantiseptikum und auch zur Hautantiseptik und Händedesinfektion verwandt.

Iod wurde aufgrund seiner Allergenität und Reizwirkung durch die Iodophore abgelöst. Deren breite antimikrobielle Wirkung beruht auf ihrer oxidierenden Eigenschaft. Der Polyvinylpyrrolidon-Iod-Komplex (PVP-Iod) ist gut wasserlöslich, wirkt in einem großen pH-Bereich und ist gering toxisch. Er wird vorwiegend zur Wund- und Schleimhautantiseptik eingesetzt. Besonders bei großflächiger Anwendung, bei Erkrankungen der Schilddrüse und bei Säuglingen kann es zu Störungen des Schilddrüsenstoffwechsels kommen (Schmeiß und Süß 1987, Kramer et al. 1987, von Bruchhausen et al. 1999).

### **1.3.8 Chlorhexidin**

Chlorhexidin ein Biguanid, wirkt in wässriger Lösung bakteriostatisch bei gleichzeitiger Wirksamkeit gegen *Candida albicans*. Chlorhexidin wird vor allem zu Spülungen der Mundhöhle eingesetzt. Es hat eine hohe Remanenzwirkung, die auf seiner ausgeprägten Adsorption an die Schleimhaut beruht. Zusatz von Serum, Blut oder anderem organischem Material, nicht jedoch von Speichel, erniedrigen seine antimikrobielle Wirksamkeit deutlich. Die antimikrobielle Wirkung beruht auf einer Zellmembranschädigung und Hemmung membrangebundener Enzyme. Beim Einsatz von Chlorhexidin kommt es vereinzelt zu allergischen und anaphylaktischen Reaktionen bis zum allergischen Schock. Die akute Toxizität in vitro ist mäßig bis hoch. Chlorhexidin wird durch die Haut resorbiert. Es kann bei Augenkontakt irreversible Corneaschäden hervorrufen. Bitterer Geschmack, Geschmacksbeeinträchtigung und Zahnverfärbungen sind bei oraler Anwendung beschrieben. Seine Mutagenität und Carcinogenität kann derzeit nicht abschließend beurteilt werden. Bei Anwendung chlorhexidinhaltiger Seifen kann es zu Störungen der Mikroflora mit gehäuftem Auftreten von *S. aureus* kommen. Resistenzen gegen Chlorhexidin bei klinischen Isolaten potentiell pathogener Erreger sind beschrieben. Die Wirkung von Chlorhexidin

wird durch verschiedene Carbonate, Citrate, Hydrogencarbonate und andere Ionen eingeschränkt. Chlorhexidin wird in einer Reihe Ländern als Zusatz zu Seifen sowie zu alkoholischen Händedesinfektionsmitteln eingesetzt, um eine Remanenzwirkung zu erzielen (von Bruchhausen et al. 1999, Garvey et al. 2001).

### **1.3.9 Resistenzen**

Durch häufige und langfristige Anwendung von Desinfektionsmitteln besteht für Mikroorganismen ein hoher Selektionsdruck, der bei Wirkstoffen mit mikrobiostatischer Wirkweise zur Resistenzentwicklung führen kann. Resistenzen sind bisher für Phenole, Quecksilberionen, Chlorhexidin, quaternäre Amonium-Verbindungen, und Triclosan nachgewiesen. Gegen unspezifisch wirkende Mikrobiozide wie PVP-Iod, Alkohole, Octenidin und Polihexanid sind dagegen keine Resistenzen bekannt (Lebek 1985, Krasilnikow und Adartschenkow 1987, Sidhu et al. 2001, Peetz et al. 2003).

## **2. Eigene Untersuchungen**

### **2.1 Material**

#### **2.1.1. Medien und Reagenzien**

##### **Aqua destillata**

Das zur Bereitung der Medien verwendete Wasser war frei von Substanzen, die toxisch oder hemmend auf die Bakterien wirken. Es war frisch destilliert und nicht entmineralisiert.

##### **Caseinpepton – Sojamehlpepton- Agar (CSA) (Trypton-Soja-Agar, TSA)**

Für Oberflächenkulturen zur quantitativen Auszählung.

Industriell konfektioniertes CSA der Firma Oxoid GmbH in Pulverform wurde mit Wasser zum gebrauchsfertigen Produkt gemischt und bei 121°C dampfsterilisiert. (Chargenr.: 273160)

Pepton aus Casein, tryptisch verdaut (Trypton)	15,0 g
Sojapepton, Papain-Aufschluß aus Sojabohnenmehl	5,0 g
NaCl	5,0 g
Agar	15,0 g
Aqua destillata	auf 1000,0 ml

Nach Sterilisation erfolgte die Kontrolle des pH-Wertes bei 20°C auf  $7,2 \pm 0,2$ .

##### **Caseinpepton – Sojamehlpepton- Lösung (CSL) (Trypton-Soja-Lösung, TSL)**

Industriell konfektioniertes CSL in Pulverform der Firma Oxoid GmbH wurde mit Wasser zum gebrauchsfertigen Produkt verdünnt und bei 121°C dampfsterilisiert. (Chargenr.: 246894)

Pepton aus Casein, tryptisch verdaut (Trypton)	15,0 g
Sojapepton, Papain-Aufschluß aus Sojabohnenmehl	5,0 g
NaCl	5,0 g
Aqua destillata	auf 1000,0 ml

Nach Sterilisation erfolgte die Kontrolle des pH-Wertes bei 20°C auf  $7,2 \pm 0,2$ .

### **Neutralisationsmedium**

Zur Neutralisation der Desinfektionswirkung (Enthemmer) diene ein standardmäßig im Labor genutzter und auf seine Wirksamkeit geprüfter Enthemmer, bestehend aus:

Tween 80 (SERVA Electrophoresis GmbH, LOT: 13492)	30,0g
Saponin ( Fluka, Chnr.: 423308/1 14601)	30,0g
Histidin (SERVA Electrophoresis GmbH, Chnr.: 13326)	1,0g
Cystein (Merck, Chnr.: K29115138 148)	1,0g
Aqua destillata	auf 1000,0 ml

### **Kaliseife mit einer Massenkonzentration von 200 g/l**

Es wurde fertige Kaliseife der Firma Caesar & Lorenz GmbH, Hilden nach Bedarf mit Wasser verdünnt und anschließend bei 121°C dampfsterilisiert (Chnr.: 11751201).

### **Sonstige Seife**

Bei den Versuchen zur Sporenzahlverminderung wurde die seifenfreie Waschlotion „Seraman medical“ der Firma Henkel ecolab Deutschland GmbH (Chnr.: 5032M001) anstelle von Kaliseife zur Waschung verwendet. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass Kaliseife im Labor- und Klinikbereich für die Händewaschung heute praktisch obsolet ist, und durch haut-pH-neutrale, schonende Waschlotionen wie die verwendete ersetzt wurde.

### **Alkoholische Händedesinfektionsmittel**

Propan-1-ol zur Analyse

Hersteller : Merk GmbH, Chnr.: S30912024

Propan-2-ol nach der Europäischen Pharmakopöe 1997

Hersteller : Caesar & Lorenz GmbH, Chnr.: 74403487

AHD 2000 (Ethanol)

Zusammensetzung AHD 2000 (lt. Hersteller): 100g enth.: Ethanol (vergällt mit Methylethylketon) 75g. Weitere Bestandteile: Polyolfettsäureester, Geruchsstoffe, Milchsäure, Wasser

Hersteller : Lysoform GmbH, Chnr.: 100124

Sterillium

Zusammensetzung (lt. Hersteller): 100 g enth.: Propan-2-ol 45 g, Propan-1-ol 30 g, Mecetroniumetilsulfat 0,2 g. Weitere Bestandteile: Myristylalkohol, Glycerol, Farbstoff E 131, Geruchsstoffe, ger. Wasser.

Hersteller : Bode Chemie GmbH, Chnr.: 214070

Propan-1-ol und Propan-2-ol wurden im Labor mit Wasser auf je 60 Vol% verdünnt. Beide wurden auf den Gehalt bakterieller Sporen geprüft. Ethanol wurde 79 Vol%ig in Form von AHD 2000, einem für die für die Händedesinfektion zugelassenen Händedesinfektionsmittel auf Ethanolbasis verwendet.

### **Nichtalkoholische Händedesinfektionsmittel**

Bei den Versuchen zur Sporenzahlverminderung wurde Dismozon pur (Hersteller : Bode Chemie GmbH, Chnr.: 238428) aufgrund seiner sporoziden Eigenschaften zur Händedekontamination verwendet.

## **Trocknungsmittel**

Den zur Alkoholbestimmung bestimmten Proben wurde jeweils 0,5 g Natriumsulfat (Merk GmbH, Chnr.: TA519449847) als Trocknungsmittel beigelegt.

## **2.1.2 Geräte**

Alle Geräte und Geräteteile die mit den Kulturmedien, Reagenzien oder Proben in Berührung kamen, wurden, sofern nicht steril geliefert, im Autoklav bei 221 °C für mindestens 15 min sterilisiert.

## **Handschuhe**

Chirurgische Handschuhe, Typ Biogel (Hersteller: Regent GmbH; LOT: 02B2037) aus Latexkautschuk, ungepudert und deklariert als frei von antimikrobiellen Wirkungen.

## **Petrishalen**

Glaspetrishalen mit ca. 90 mm Durchmesser.

## **Kulturschalen**

Einweg-Kunststoffkulturschalen industriell konfektioniert und nicht konfektioniert, im Labor vorbereitet.

## **Klemmen**

Zum Abklemmen der Zeigefinger dienten Edelstahlnadelhalter mit Raste. Sie wurden vor Gebrauch dampfsterilisiert.

## **Autosampler und Gaschromatograph**

Zur Alkoholbestimmung wurde ein Gaschromatograph (Hersteller: Hewlett Packard Typ: 5890 Series II) genutzt. Er war an einen Autosampler Typ COMBI PAL

(Hersteller: CTC Analytics) gekoppelt. Als Säule diente eine DB 624 (60 m x 0,32 mm x 1,8 µm).

### **Sonstiges**

Im übrigen kamen Gegenstände der üblichen mikrobiologischen Laborausrüstung wie Vortexer, Laborrüttler, Glasstäbe zum Ausspateln, Pipetten etc. zum Einsatz.

## **2.2 Methoden**

### **2.2.1 Allgemeine Verfahren**

Im folgenden werden versuchsübergreifende Methoden und Verfahren zusammenfassend beschrieben.

#### **2.2.1.1 Verfahren zur Vorbereitung und Keimzahlreduktion der Hände**

Für das Handwasch- bzw. Einreibeverfahren, das Auskneten der Fingerkuppen sowie die Verfahren zur Bestimmung der Vor- und Nachwerte wurden, wie auch für die Keimzahlbestimmung, die in der prEN 12791 (Normenausschuß Medizin im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. 1997) vorgeschlagenen Verfahren verwendet bzw. der speziellen Fragestellung angepasst.

#### **Handwaschverfahren (gemäß prEN 12791)**

Nach dem Anfeuchten der Hände wuschen die Probanden ihre Hände 1 min mit 5 ml Kaliseife ohne Verwendung einer Bürste. Nach Abspülen unter laufendem Leitungswasser erfolgte die Trocknung mittels Papierhandtüchern über 20 s.

#### **Handeinreibeverfahren ohne Verwendung einer Bürste (gemäß prEN 12791)**

Zur Desinfektion wurden 3 ml des Produkts in die hohlen, trockenen Hände gegeben und durch kräftiges Verreiben nach dem Standardeinreibeverfahren so verteilt, dass eine vollständige Benetzung erreicht wurde. Das Standardverfahren beinhaltet folgende Hin- und Herbewegungen :

- der Handflächen auf den Handflächen
- der rechten Handfläche auf linkem Handrücken und vice versa



- der Handflächen auf den Handflächen mit verschränkten, gespreizten Fingern
- als kreisendes Reiben des rechten Daumens in der geschlossenen linken Handfläche und vice versa
- der Außenseite der Finger auf der gegenüber liegenden Handfläche mit verschränkten Fingern
- als kreisendes Reiben der geschlossenen Fingerkuppen der rechten Hand in der linken Handfläche und vice versa

Es wurde darauf geachtet, dass über die gesamte Zeit von 3 min die Hände vollständig mit dem Produkt benetzt blieben. Dies wurde erreicht, indem bei Bedarf Portionen von 3 ml nachgegeben wurden. Insgesamt wurden pro Proband 9 – 18 ml des Händedesinfektionsmittels verwendet.

#### **Handeinreibeverfahren gemäß prEN12791 mit Verwendung einer Bürste**

Das Verfahren entspricht dem zuvor beschriebenen mit der Modifikation, dass den Probanden nach 1 min eine sterilisierte Bürste gereicht wurde. Diese wurde mit 3 ml Desinfektionsmittel benetzt. Die Probanden bürsteten darauf für 1 min das Desinfiziens sanft in die Subungualräume ein. Nachdem jede Hand 30 s lang derart behandelt war, legten die Probanden die Bürste ab und führten eine weitere Minute das Standardeinreibeverfahren durch. Die Gesamtzeit der Desinfektion betrug also ebenfalls 3 min, die verwendete Desinfektionsmittelmenge überstieg nicht 18 ml.

#### **2.2.1.2 Verfahren zur Keimgewinnung von der Hand und aus dem Handschuhsaft**

##### **Auskneten der Fingerkuppen (nach prEN 12791)**

Das Auskneten der Fingerkuppen (inklusive des Daumens) erfolgte jeweils 1 min in einer mit 10 ml CSL gefüllten Petrischale unter der Anweisung an die Probanden, die Fingerkuppen derart in der Schale aufzusetzen, dass sowohl die Nagelfalze als auch die Fingerspitze ausgeknetet werden. Am gestreckten Finger ist dies bei einem Winkel Schalenboden zu Nageloberfläche zwischen ca. 55° bis 75° gegeben, kurze Fingernägel vorausgesetzt. Die Einhaltung dieser Vorgabe wurde jeweils sorgfältig überprüft.

### **Keimgewinnung aus dem Handschuhsaft (Handschuhschwitzwasser)**

Vom Handschuh wurde jeweils der Zeigefinger abgeklemmt und abgeschnitten. Der abgeschnittene Finger wurde mit 2 ml CSL mit Enthemmer gefüllt und 90 s im Laborrüttler ausgeschüttelt.

### **2.2.1.3 Verfahren zur Keimzahlbestimmung**

#### **Bestimmung der Vorwerte (nach prEN 12791)**

Von den Probeflüssigkeiten wurden Verdünnungen von  $10^{-1}$  und  $10^{-2}$  in CSL hergestellt. Von jeder Verdünnung und der Probeflüssigkeit wurden 0,1 ml mit Glasspateln auf die Oberfläche von je 2 CSA-Platten ausgespatelt. Der Zeitabstand zwischen Probeentnahme und Ausplattieren wurde auf maximal 30 min begrenzt.

#### **Bestimmung der Nachwerte – Sofortwirkung (nach prEN 12791)**

Von den Probeflüssigkeiten wurden Verdünnungen von  $10^{-1}$  in CSL mit Enthemmer hergestellt. Von jeder Verdünnung wurden 0,1 ml mit Glasspateln auf die Oberfläche von je 2 CSA-Platten ausgespatelt. Von der Probeflüssigkeit wurden 0,5 ml und 0,1 ml mit Glasspateln auf die Oberfläche einer CSA-Platte ausgespatelt. Der Zeitabstand zwischen Probeentnahme und Ausplattieren wurde auf maximal 30 min begrenzt.

#### **Bestimmung der Nachwerte – Langzeitwirkung (nach prEN 12791)**

Von den Probeflüssigkeiten wurden Verdünnungen von  $10^{-1}$  in CSL mit Enthemmer hergestellt. Von jeder Verdünnung wurden 0,1 ml mit Glasspateln auf die Oberfläche von je 2 CSA-Platten ausgespatelt. Von der Probeflüssigkeit wurden 0,5 ml und 0,1 ml mit Glasspateln auf die Oberfläche einer CSA-Platte ausgespatelt. Der Zeitabstand zwischen Probeentnahme und Ausplattieren wurde auf maximal 30 min begrenzt.

#### **Bestimmung der Keimzahl im Handschuhsaft**

Von der Probenflüssigkeit wurden zunächst 0,5 ml als erste Portion für die Bestimmung des Alkoholgehaltes entnommen, weitere 0,5 ml und 0,1 ml wurden zur Keimzahlbestimmung mit Glasspateln auf die Oberfläche von je 2 CSA-Platten

ausgespatelt. Es wurde darauf geachtet, den Zeitabstand zwischen Probeentnahme und Ausplattieren auf maximal 30 min zu begrenzen.

### **Inkubation**

Alle Platten wurden 48 h aerob bei  $36 \pm 1$  °C im Brutschrank bebrütet. Danach wurden die Kolonien ausgezählt.

## **2.2.2 Versuche**

### **2.2.2.1 Vergleich der palmaren, dorsalen und subungualen mikrobiellen Kolonisation des distalen Fingerglieds**

Hierbei sollte untersucht werden, ob sich die Palmar- und Dorsalseite sowie der Subungualraum hinsichtlich ihrer mikrobiellen Kolonisation vor und nach Desinfektion mit einem handelsüblichen Händedesinfektionsmittel signifikant unterscheiden. Keiner der Probanden hatte sichtbare Verletzungen an den Händen. Die Versuche wurden an der trockenen, unvorbehandelten Hand sowie an der nach dem Handeinreibeverfahren ohne Verwendung einer Bürste desinfizierten Hand durchgeführt.

Die Versuche wurden an 12 Händen für die Tageshand und 10 Händen für die desinfizierte Hand durchgeführt. Als Desinfektionsmittel diente Sterillium (Bode).

Jeder Proband knetete seine Fingerkuppen 1 min in jeweils einer mit 10 ml CSL gefüllten Petrischale aus, zuerst mit der Palmarseite, dann mit der Dorsalseite und schließlich den Subungualraum bzw. die Fingerspitze. Die Reihenfolge der Schritte wurde zufällig gewählt, um eventuelle Fehler durch doppelt ausgeknetete Bereiche zu nivellieren. Alle Probanden wurden über die Wichtigkeit der separaten Ausknetung der verschiedenen Regionen belehrt, und es wurde darauf geachtet, diese Trennung einzuhalten. Von den Probeflüssigkeiten wurden wie beschrieben Verdünnungen von  $10^{-1}$  in CSL bzw. CSL mit Enthammer hergestellt, ausplattiert, inkubiert und ausgezählt.

## **Berechnungen**

Die dekadischen Logarithmen der Koloniezahlen für die dorsale und palmare Besiedelung wurden gemittelt und der Unterschied zur distalen, subungualen Besiedelung auf Signifikanz mittels parameterfreien Vorzeichen-Rangtests (verbundene Stichproben) für Paardifferenzen nach Wilcoxon mit  $\alpha=0,05$  geprüft.

### **2.2.2.2 Versuche zur Keimzahlreduktion**

Für jedes Desinfektionsmittel wurden für jeweils drei Verfahren die Vorwerte, die Sofortwirkung, die Langzeitwirkung und die Keimzahl im Handschuhsaft des Zeigefingers geprüft. Verfahren 1 unter Verwendung von Propan-1-ol entspricht praktisch dem Referenzverfahren der DIN prEN 12791 zur Bewertung der Eignung von Händedesinfektionsmitteln zur chirurgischen Händedesinfektion, lediglich die Reihenfolge von Waschung und Vorwertbestimmung wurde an unsere Fragestellung angepasst. Hiernach gilt ein Produkt als geeignet, wenn seine mittlere Keimzahlreduktion im Sofort- und Langzeitwert nicht signifikant kleiner ist als die des Referenzverfahrens ist (Normenausschuß Medizin im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1997). Übertragen auf den Vergleich der Verfahren bedeutet dies, dass das Fehlen signifikanter Unterschiede zwischen den Verfahren unter Einsatz des Referenzproduktes zum Referenzverfahren anzeigt, die Verfahren als für die chirurgische Händedesinfektion als geeignet gelten dürfen. Bei insgesamt 172 Händen wurde zusätzlich makroskopisch die Anzahl der auf CSA aerob gewachsenen Sporenbildner begutachtet:

#### **Verfahren 1 (waschen + desinfizieren)**

- Auskneten der Fingerkuppen wie beschrieben
- Waschung der Hände wie beschrieben.
- Einreiben des Händedesinfektionsmittels nach dem Standardeinreibeverfahren
- Auskneten der Fingerkuppen der einen Hand zur Bestimmung der Sofortwirkung. Trocknen der anderen Hand an der Luft und Überziehen eines chirurgischen Handschuhs zum Schutz vor Kontamination.
- Nach 3 h Abstreifen des Handschuhs und Auskneten der Fingerkuppen zur Bestimmung der Langzeitwirkung.
- Abschneiden des Zeigefingers des Handschuhs und Keimgewinnung aus dem Handschuhsaft wie beschrieben

### **Verfahren 2 (nur desinfizieren)**

- Auskneten der Fingerkuppen wie beschrieben
- *Ohne vorheriges Waschen* Einreiben des Händedesinfektionsmittels nach dem Standardeinreibeverfahren
- Weiteres Vorgehen wie Verfahren 1

### **Verfahren 3 (desinfizieren und bürsten)**

- Auskneten der Fingerkuppen wie beschrieben
- *Ohne vorheriges Waschen* Einreiben des Händedesinfektionsmittels unter *zusätzlicher Verwendung einer sterilen Bürste wie beschrieben*
- weiteres Vorgehen wie bei Verfahren 1

### **Probanden**

Jedes Verfahren wurde an 20 gesunden Personen mit kurzen, sauberen Fingernägeln durchgeführt. Keiner der Probanden hatte offene Verletzungen an den Fingern oder führte die Chirurgische Händedesinfektion berufsmäßig durch. Die Probanden setzten sich aus Laborpersonal, ärztlichem und pharmazeutischem Personal, Studenten, Schülern und anderen, nicht im Gesundheitswesen Beschäftigten zusammen. Diese Mischung der Probanden sollte eine objektive Bewertung der Mittel bzw. Verfahren gewährleisten.

### **Berechnungen**

Die Berechnung erfolgte gemäß prEN 12791: Nach Auszählung der Platten wurden die KbE auf 1 ml bezogen und in dekadische Logarithmen umgerechnet. Bei mehreren verwertbaren Verdünnungen wurde der gewichtete arithmetische Mittelwert verwendet. Anschließend wurden die lg-Reduktionsfaktoren für die Sofort- und Langzeitwerte ermittelt. Auch die im Handschuhsaft bestimmte Keimzahl wurde in dekadische Logarithmen umgerechnet.

### **2.2.2.3 Versuche zur Bestimmung der Desinfektionsmittelkonzentration im Handschuhsaft**

#### **Vorbemerkung**

Die Desinfektionsmittelkonzentration im Handschuhsaft wurde bei insgesamt 59 Handschuhen gemessen. Mit der Bestimmung wurde erst nach einer Zwischenauswertung der Ergebnisse nach der Hälfte der Versuche zur Keimzahlreduktion begonnen.

#### **Methode**

Für die gaschromatographischen (GC) Untersuchungen fand eine Methode in Anlehnung an Römhild et al. (Römhild et al. 1998) Verwendung, wobei statt der massenspektrometrischen Detektion eine FID-Detektion (Flammen-Ionisations-Detektor) eingesetzt wurde. Die flüchtigen Probenbestandteile wurden durch Dampfraumanalyse (Head-Space) aus der Probenmatrix verdampft, kapillargaschromatographisch getrennt und mittels FID detektiert. Kalibriert wurde mit der Methode des externen Standards (wässrige Standards Medidrug BGS W, Level 1-3, Medichem). Überschritt die Probenkonzentration den Kalibrierbereich, erfolgte die Kalibrierung mit durch Einwaage und Verdünnung aus Reinstsubstanzen hergestellten Standards, deren Gehalte mit denen der käuflichen Standards durch GC-Messungen abgeglichen worden waren. Wurden Substanzen bestimmt, für die keine zertifizierten Standards käuflich zu beziehen waren (Propan-2-ol; Propionaldehyd, Acetaldehyd), erfolgte die Herstellung durch Einwaage von Reinstsubstanzen und Verdünnung entsprechende Standards.

Für die Untersuchungen wurde ein Gaschromatograph 5890 Serie II (Hewlett Packard) und CombiPal-Autosampler (CTC Analytics AG) eingesetzt. Die GC-und Head-Space-Parameter, sowie die Parameter für den Autosampler sind in den Tabellen 3, 4 und 5 dargestellt.

**Tab. 3: GC - Parameter**

Säule	DB 624 60 m x 0,32 mm x 1,8 µm (J&W)
Injektor	150 °C, splitlos (split-off-time: 0,5 min)
Temperaturprogramm	40 °C , 8 min 3 °C/min 120 °C, 0 min 30° C/min 230 °C, 5 min
Trägergas	Stickstoff (5.0) Säulenvordruck 80 kPa Fluss 1,45 ml/min (VEL 21,9 cm/sec)
Total Flow	12 ml/min
Aux-Gas	Stickstoff (5.0): 30 ml/min
Septumspülung	5 ml/min
Brenngase	Wasserstoff (5.0): 31 ml/min Synthetische Luft (79 % Stickstoff, 21 % Sauerstoff): 400 ml/min
Detektor	250 °C

**Tab. 4 : Head-Space-Parameter**

Vial	1,5 ml
Probenvolumen	0,5 ml Probe oder Standard 0,5 g geglühtes Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Cycle	HS
Inkubation	75 °C, 45 min
Stringe	2,5 ml-HS
Spritztemperatur	77 °C
Sample Vol.	2 ml
Fill speed	1 ml/s
Pull up delay	200 ms
Inj. To	GC Inj 1
Inj. Speed	1 ml/s
Pre Inj Del	500 ms
Pst Inj Del	500 ms
Fill stokes	1
Syr. Flushing	Helium (5.0) 0,1 bar, 1 min
GC-Runtime	60 min
Agi speed	500 rpm
Agi on time	5 s
Agi off time	2 s

**Tabelle 5 : Parameter für den Autosampler**

Sampler	CTC COMBI PAL
Cycle	HS
Inkubationstemperatur	75 °C
Inkubationszeit	45 min
Syringe	2,5 ml-HS
Spritzentemperatur	77 °C
Probenvolumen	0,5 ml
Füllgeschwindigkeit	1 ml/s
Pull up delay	200 ms
Injektionsgeschwindigkeit	1 ml/s

### **Vorgehen**

Für die Bestimmung des Alkoholgehaltes wurden von der Probenflüssigkeit 0,5 ml als erste Portion entnommen. Diese wurde in ein GC-Probenröhrchen einpipettiert und mit 0,5 g Trocknungsmittel versetzt. Anschließend wurde das Probenröhrchen luftdicht verschlossen.

Zur Berechnung der Konzentration der ermittelten Stoffe im Handschuhsaft wurde von einer Schweißmenge von 50 µg Schweiß pro Finger ausgegangen (Pitten et al. 2001). Die gemessenen Werte wurden in g/l umgerechnet.

### **2.2.2.4 Versuch zur Keimzahlveränderung und der Alkohol- bzw. Begleitstoffkonzentration im Handschuhsaft der undesinfizierten Hand**

#### **Vorbemerkung**

Dieser Versuch wurde durchgeführt, um zu testen, ob und in welcher Menge sich auch im Handschuhsaft der undesinfizierten Hand nach 3 h die in den Versuchen zur Keimzahlreduktion bestimmten Stoffe nachweisen lassen. Auch wurde untersucht, wie sich die Keimzahl der Hand und des Handschuhsaftes der undesinfizierten Hand ändert. Das Vorgehen entsprach dem der Versuche zur Keimzahlreduktion, mit dem Unterschied, dass nach Bestimmung der Vorwerte den Probanden die sterilen Handschuhe ohne vorherige Waschung oder Desinfektion über die Hand gestreift wurden. Die Bestimmung der Vor- und Langzeitwerte und Keimzahl im Handschuhsaft sowie der Alkohol- und Begleitstoffkonzentration entspricht der oben beschriebenen:



wurden von den Probeflüssigkeiten Verdünnungen von  $10^{-1}$  und  $10^{-2}$  in CSL hergestellt. Von jeder Verdünnung und der Probeflüssigkeit wurden 0,1 ml mit Glasspateln auf die Oberfläche von je 2 CSA-Platten ausgespatelt. Für die Bestimmung der Langzeitwerte wurden von den Probeflüssigkeiten Verdünnungen von  $10^{-1}$  in CSL mit Enthammer hergestellt. Von jeder Verdünnung wurden 0,1 ml mit Glasspateln auf die Oberfläche von je 2 CSA-Platten ausgespatelt. Von der Probeflüssigkeit wurden 0,5 ml und 0,1 ml mit Glasspateln auf die Oberfläche einer CSA-Platte ausgespatelt. Zur Bestimmung der Keimzahl im Handschuhsaft sowie der Alkohol- und Begleitstoffkonzentration wurden von der Probenflüssigkeit zunächst 0,5 ml als erste Portion für die Bestimmung des Alkoholgehaltes entnommen, weitere 0,5 ml und 0,1 ml wurden zur Keimzahlbestimmung mit Glasspateln auf die Oberfläche von je 2 CSA-Platten ausgespatelt. Es wurde darauf geachtet, den Zeitabstand zwischen Probeentnahme und Ausplattieren auf maximal 30 min zu begrenzen.

#### **2.2.2.5 Versuch zur Bestimmung der Alkohol- bzw. Begleitstoffkonzentration in den verwendeten alkoholischen Händedesinfektionsmitteln**

Der Versuch wurde durchgeführt um zu klären, ob die im Handschuhsaft gefundenen Alkohole bzw. Begleitstoffe aus den Händedesinfektionsmitteln stammten. Die Untersuchung der eingesetzten Händedesinfektionsmittel auf Begleitstoffe erfolgte mit der gleichen GC-Methode wie bei den vorstehenden Versuchen, allerdings wurde die Flüssiginjektion zur Probenaufgabe gewählt. Die Injektionsmenge betrug 1  $\mu$ l unter zusätzliche Dosierung von 1  $\mu$ l Luft. Die purge on time wurde bei einem Splitverhältnis von 1:50 auf 0,3 min reduziert. Die deklarierten Hauptkomponenten wurden nicht berücksichtigt.

#### **2.2.2.6 Versuch zur Bestimmung der Alkohol- bzw. Begleitstoffkonzentration im Handschuhsaft des unbenutzten Handschuhs**

Der Versuch wurde durchgeführt um zu klären, ob die im Handschuhsaft gefundenen Alkohole bzw. Begleitstoffe aus dem Handschuh stammten. Dazu wurden in 5 neue,

unbenutzte Handschuhe 20 ml Aqua dest. gefüllt, die Handschuhe mit einer Klemme verschlossen und 3 h bei 37 °C ausgeschüttelt. Anschließend wurden von der Probenflüssigkeit 0,5 ml entnommen, in ein GC-Probenröhrchen einpipettiert, mit 0,5 g Trocknungsmittel versetzt und das Probenröhrchen luftdicht verschlossen.

### **2.2.2.7 Versuch zur Verminderung der Sporenzahl der Hand**

#### **Vorbemerkung**

Nachdem sich die Waschung in den Versuchen zur Keimzahlverminderung als wenig effektiv gezeigt hatte, sollte untersucht werden, ob die Waschung die Sporenzahl der Hand signifikant senken kann. Dies hat Bedeutung insofern, als dass Alkohole keine sporozide Wirkung besitzen, Wundinfektionserreger aber auch Sporenbildner sein können. Zusätzlich wurde getestet, ob die Kombination von Hygienischer Händedesinfektion und anschließender Waschung effektiver als die alleinige Waschung ist. Diese Überlegung geht auf die Erkenntnisse Fürbringers und Reinickes (Fürbringer 1888, Reinicke 1895) zurück, dass die Anwendung von Alkohol und folgende Spülung effektiv die Keimzahl der Hände reduziert. Sie beruht zudem auf den eigenen Ergebnissen aus den Versuchen zur Keimzahlreduktion.

#### **Versuchsdesign und Verfahren**

Da die Sporenlast der „Tageshand“ zu gering ist und stark schwankt, wurden die Verfahren in Anlehnung an die Prüfung von Mitteln zur hygienischen Händedesinfektion (CEN 1997) an der künstlich kontaminierten Hand durchgeführt.

Handelsübliche Sporenstreifen mit *Bacillus stearothermophilus* ATCC 7963 (Sporotest FO, Mikrobiologisches Labor Bad Elster GmbH, Chnr.: 120142) wurden in einen sterilen Glaskolben mit 100 ml CSL eingebracht und 48 h bei  $55 \pm 1$  °C inkubiert. Die erhaltene Keimsuspension wurde bei 2000 U/min 20 min zentrifugiert. Aus den 7 aufgestellten Kolben wurden 70 ml konzentrierte Keimsuspension gewonnen. Die erhaltene Lösung wurde auf ihre Keim- und Sporenzahl geprüft, indem Verdünnungen in CSL und 60%igem Propan-1-ol angefertigt und auf CSA ausplattiert wurden. Es ergab sich eine Gesamtkeimzahl (Bestimmung in CSL) von  $6,3 \cdot 10^7$  KbE. Der

Sporenteil (Bestimmung in Propan-1-ol) lag bei  $2 \cdot 10^6$ , also ca. 3 %. Die Suspension wurde auf zwei große Petrischalen mit je 15 cm Durchmesser derart aufgeteilt, dass jede 35 ml Keimsuspension enthielt. Das Aufbringen der Keime erfolgte, indem die Probanden ihre Hände 30 s in den Petrischalen wälzten und danach die Keime gleichmäßig auf den Händen verrieben. Die Versuche wurden an 14 Probanden durchgeführt. Alle entsprachen den oben beschriebenen Anforderungen. Es wurden folgende Verfahren getestet:

#### **Verfahren A: Reduktion der Sporenzahl durch Waschung**

- Kontamination der „Tageshand“ mit *B. stearothermophilus*, Verreiben in den Händen, 15 min antrocknen lassen
- Bestimmung der Vorwerte: Auskneten der Hände in 10 ml CSL, Herstellen von  $10^{-1}$  und  $10^{-2}$  Verdünnungen in 60%igem Propan-1-ol (statt CSL) und Ausplattieren von je 0,1 ml von jeder Verdünnung und der Probeflüssigkeit mit Glasspateln auf die Oberfläche von je 2 CSA-Platten. Waschen der Hände mit laborüblicher Syndetseife (Seraman medical) für 10 s, dann 5 s Abspülen, Abtrocknen in keimarmen Papierhandtüchern
- Bestimmung der Nachwerte: Auskneten der Hände in 10 ml CSL, Herstellen von  $10^{-1}$  und  $10^{-2}$  Verdünnungen in 60%igem Propan-1-ol (statt CSL) und Ausplattieren von je 0,1 ml von jeder Verdünnung und der Probeflüssigkeit mit Glasspateln auf die Oberfläche von je 2 CSA-Platten.

#### **Verfahren B: Reduktion der Sporenzahl durch Hygienische Händedesinfektion und anschließende Waschung**

- Entspricht dem Verfahren A mit dem Unterschied, dass der Waschung eine 30 s hygienische Händedesinfektion mit 70%igem Propan-2-ol (Referenz) voranging.

Jeweils anschließend :

Dekontamination der Hände mittels sporozidem Desinfektionsmittel Dismozon pur als 0,5%ige wässrige Lösung laut Anwendungsbeschreibung.

Alle Platten wurden 48 h aerob bei  $55 \pm 1$  °C im Brutschrank bebrütet und dann ausgezählt.

## 2.3 Ergebnisse

### 2.3.1 Vergleich der palmaren, dorsalen und subungualen mikrobiellen

#### Kolonisation des distalen Fingerglieds

Die Resultate der Untersuchungen sind in den Tabellen 6 und 7 dargestellt. Es finden sich deutliche Unterschiede der mittleren Besiedelung des dorsalen/palmaren und subungualen des Bereiches der Endphalanx sowohl an der Tages- als auch an der desinfizierten Hand. Der Unterschied für den Mittelwert der Logarithmen der Einzelwerte beträgt bei der Tageshand 0,61 lg und wird signifikant. Bei der desinfizierten Hand beträgt die Differenz immer noch 0,37 lg, ist aber nicht signifikant ( $\alpha= 0,05$ ).

**Tab. 6 : Keimzahlen der "Tageshand" als dekadische Logarithmen der durchschnittlichen Keimzahlen**

Proband	Hand	lg palmar	lg dorsal	Mittelwert palmar/dorsal	lg distal
1	L	2,73	n.z.	n.z.	3,30
2	L	2,76	3,17	2,96	3,67
3	L	n.z.	2,43	n.z.	n.z.
4	L	2,96	2,38	2,67	2,48
5	L	2,78	2,78	2,78	4,22
6	L	2,20	2,38	2,29	3,33
1	R	2,91	n.z.	n.z.	3,44
2	R	2,23	3,21	2,72	3,79
3	R	1,70	n.z.	n.z.	3,27
4	R	2,83	2,38	2,61	2,41
5	R	3,18	3,20	3,19	3,79
6	R	2,72	2,48	2,60	3,08
<b>Mittelwert</b>		<b>2,64</b>	<b>2,71</b>	<b>2,73</b>	<b>3,34</b>
Standardabweichung		0,42	0,38	0,27	0,54

**Tab. 7 : Keimzahlen der desinfizierten Hand als dekadische Logarithmen der durchschnittlichen Keimzahlen**

Proband	Hand	lg palmar	lg dorsal	Mittelwert palmar/dorsal	lg distal
1	R	1,56	2,00	1,78	2,07
2	R	1,80	1,91	1,86	1,96
3	R	2,10	2,32	2,21	3,60
4	R	2,13	2,26	2,20	2,42
5	R	1,00	0,96	0,98	1,00
1	L	2,19	1,44	1,81	1,00
2	L	2,10	2,00	2,05	2,04
3	L	2,21	2,13	2,17	3,37
4	L	0,96	2,55	1,75	3,08
5	L	0,96	1,00	0,98	0,96
<b>Mittelwert</b>		<b>1,70</b>	<b>1,86</b>	<b>1,78</b>	<b>2,15</b>
Standardabweichung		0,54	0,55	0,46	0,98

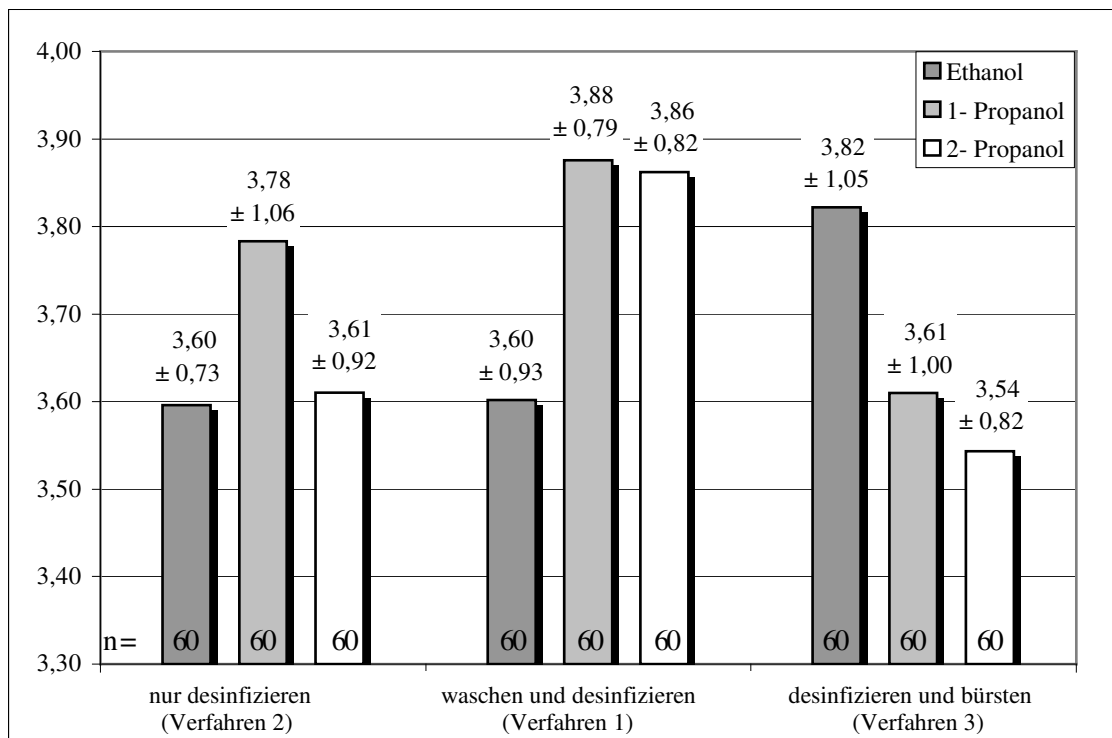
### 2.3.2 Versuche zur Keimzahlreduktion

#### Vorwerte

Der Vergleich über alle Versuche ergab im Vorwert eine mittlere Keimzahl von 3,7 lg. Weder zwischen den Vorwerten der einzelnen Versuche, noch zwischen den der rechten und linken Händen (nicht dargestellt) fanden sich signifikante Unterschiede (Kruskal-Wallis-Test,  $Pr > \chi^2 = 0,4073$ ,  $\alpha = 0,05$ ; siehe Tabelle 8, Abb. 1).

**Tabelle 8: Mittelwert, mittlere Vorwerte und Standardabweichungen in dekadischen Logarithmen der KbE**

	nur desinfizieren			waschen + desinfizieren			desinfizieren + bürsten		
	Etha-nol	Propan-1-ol	Propan-2-ol	Etha-nol	Propan-1-ol	Propan-2-ol	Etha-nol	Propan-1-ol	Propan-2-ol
<b>Vorwert</b>	3,60	3,78	3,61	3,60	3,88	3,86	3,82	3,61	3,54
<b>Stdabw.</b>	0,73	1,06	0,92	0,93	0,79	0,82	1,05	1,00	0,82
<b>Mittelwert</b>	<b>3,66</b>			<b>3,78</b>			<b>3,66</b>		

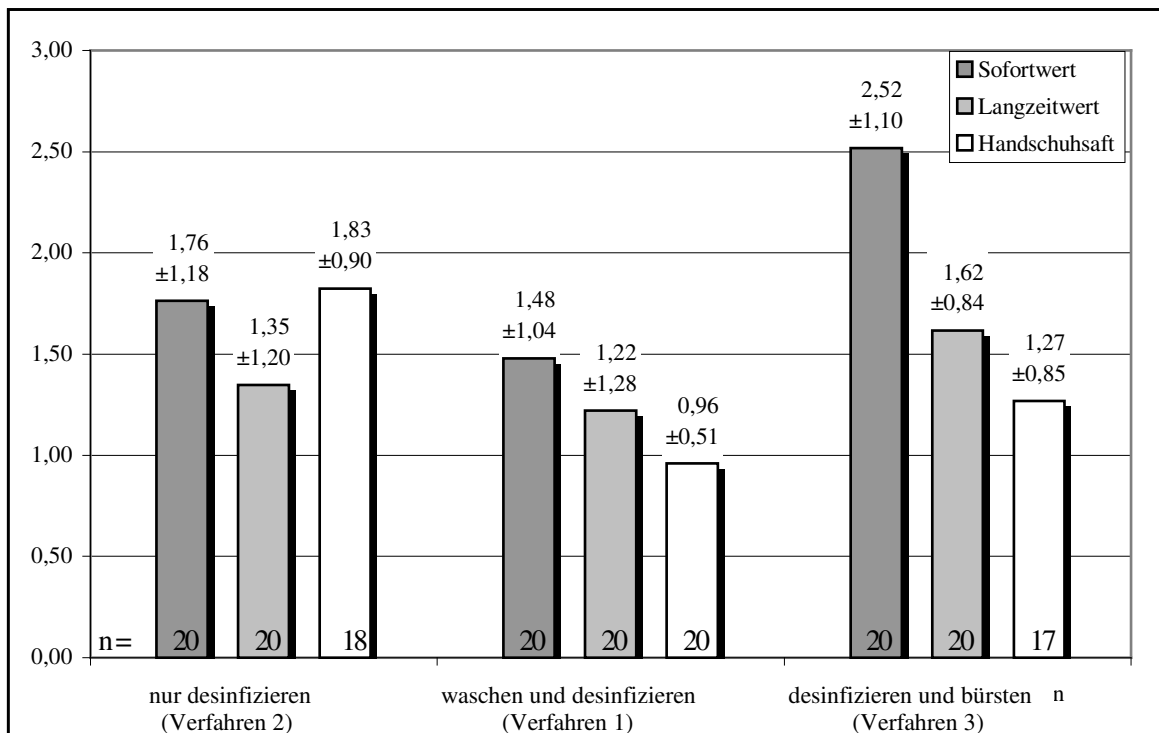


**Abb. 1: Mittlere Vorwerte ( $\pm$ Standardabweichung) in dekadischen Logarithmen der KbE**

### 2.3.2.1 Wirksamkeit der Verfahren mit den jeweiligen Mitteln

#### Ethanol

Bei Verwendung von Ethanol und Verfahren 3 konnte im Sofortwert eine signifikant höhere Keimzahlreduktion erreicht werden als mit Verfahren 1 und 2. Mit Verfahren 2 war die geringste Anzahl an KbE im Handschuhsaft zu erzielen, sie war signifikant geringer als die Anzahl der KbE bei Verfahren 1. In ihren Langzeitwerten unterschieden sich die drei Verfahren nicht signifikant (Abb.2, Tab. 9).



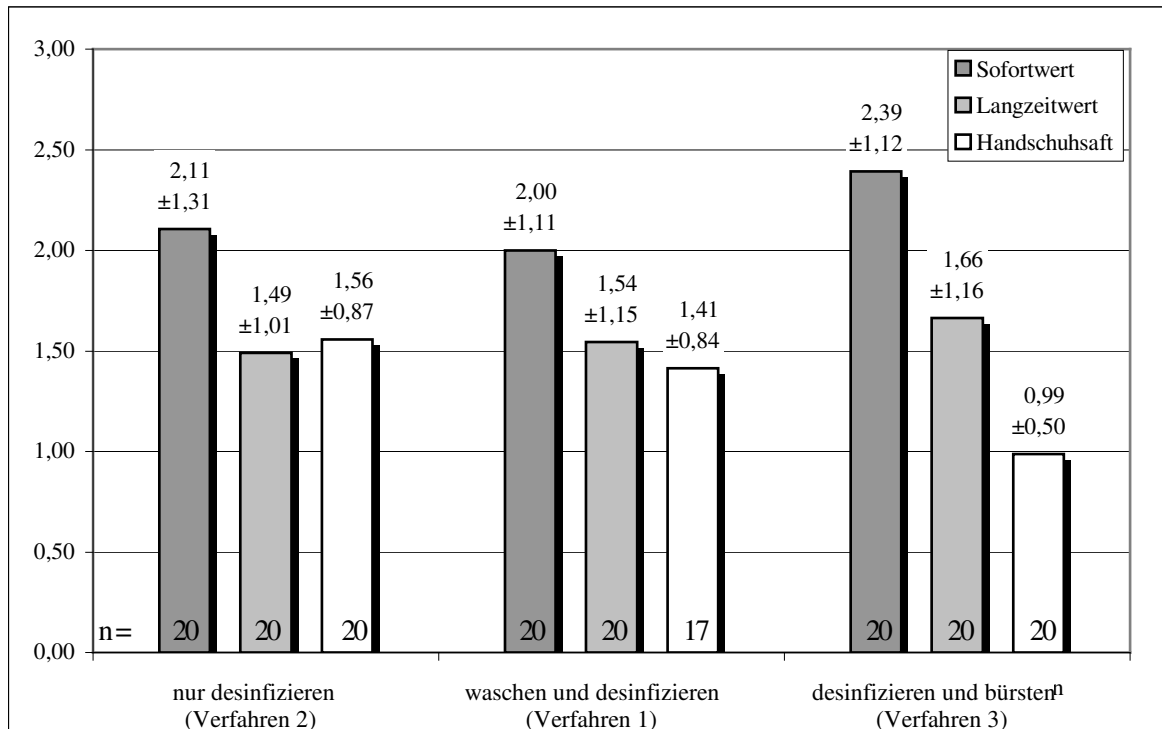
**Abb. 2: Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, Kbe im Handschuhsaft ( $\pm$ Standardabweichung) für Ethanol**

**Tab. 9: Werte für die T-Approximation des U -Testes ( $\alpha=0,05$ ) für Ethanol**

Verfahren	Sofortwert	Langzeitwert	Handschuhsaft
2 vs. 3	0,0305	0,3362	0,1701
2 vs. 1	0,3103	0,8089	0,0091
1 vs. 3	0,0054	0,2518	0,6381

### Propan-1-ol

Bei Verwendung von Propan-1-ol als Desinfektionsmittel fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Verfahren außer bei der Keimzahl im Handschuhsaft. Hier waren bei Verfahren 3 signifikant weniger Keime nachweisbar als bei Verfahren 2 (Abb.3, Tab.10).



**Abb. 3: Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, KbE im Handschuhsaft (±Standardabweichung) für Propan-1-ol**

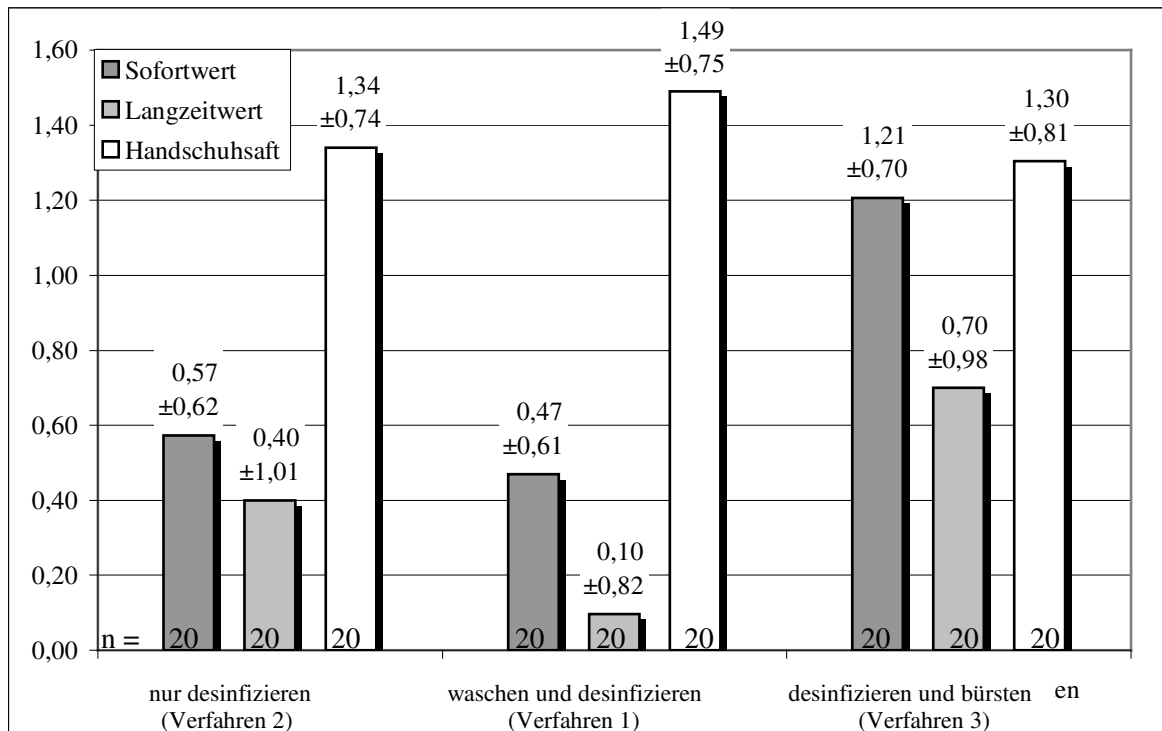
**Tab. 10 : Werte für die T-Approximation des U -Testes ( $\alpha=0,05$ ) für Propan-1-ol**

Verfahren	Sofortwert	Langzeitwert	Handschuhsaft
2 vs. 3	0,3920	0,4297	0,0324
2 vs. 1	0,8293	0,7049	0,3500
1 vs. 3	0,2914	0,7574	0,1411

### Propan-2-ol

Bei Propan-2-ol zeigte Verfahren 3 eine signifikant bessere Keimreduktion in Sofort- und Langzeitwert als Verfahren 1. Auch war mit Verfahren 3 eine signifikant stärkere Keimzahlreduktion im Sofortwert erzielbar als mit Verfahren 2. Bei der Keimzahl im Handschuhsaft fanden sich dagegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Verfahren.





**Abb. 4: Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, KbE im Handschuhsaft ( $\pm$ Standardabweichung) für Propan-2-ol**

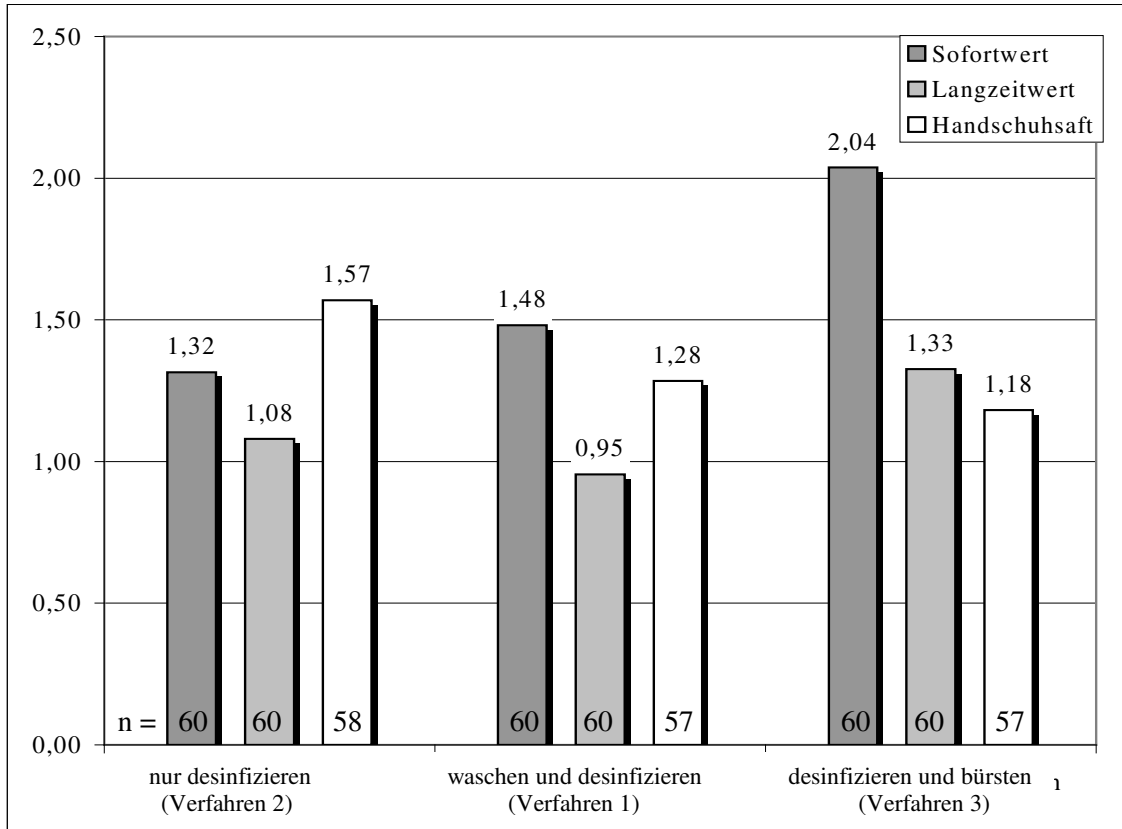
**Tab. 11: Werte für die T-Approximation des U-Testes ( $\alpha=0,05$ ) für Propan-2-ol**

Verfahren	Sofortwert	Langzeitwert	Handschuhsaft
2 vs. 3	0,0108	0,4220	0,9463
2 vs. 1	0,7270	0,2208	0,4532
1 vs. 3	0,0050	0,0314	0,5196

### Wirksamkeitsvergleich der Verfahren bei Zusammenfassung der Prüfpräparate

Für alle drei Methoden wurde die durchschnittliche Keimzahlreduktion als Mittelwert der Keimzahlreduktion der einzelnen Desinfektionsmittel errechnet, um so substanzübergreifende Betrachtungen über die Wirksamkeit der Methoden zu ermöglichen. Die Methoden zeigten deutliche Unterschiede in ihrer Wirksamkeit. Verfahren 3 (desinfizieren und bürsten) wies die stärkste Keimzahlreduktion in Sofort- und Langzeitwert und geringste Anzahl von KbE im Handschuhsaft auf. Für die Keimzahlreduktion im Sofortwert wurde dieser Unterschied zu den anderen Verfahren signifikant. Verfahren 1 ergab im Vergleich mit den anderen Verfahren die höchste

Keimzahl im Handschuhsaft. Zwischen Verfahren 1 (waschen und desinfizieren) und Verfahren 2 (nur desinfizieren) fanden sich keine signifikanten Unterschiede (Abb.5, Tab.12). Auf die Angabe der Standardabweichung wurde in diesem Fall aufgrund der deutlichen Unterschiede in der Wirkungsstärke der einzelnen Mittel verzichtet.



**Abb. 5: Gemittelte Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, Kbe im Handschuhsaft**

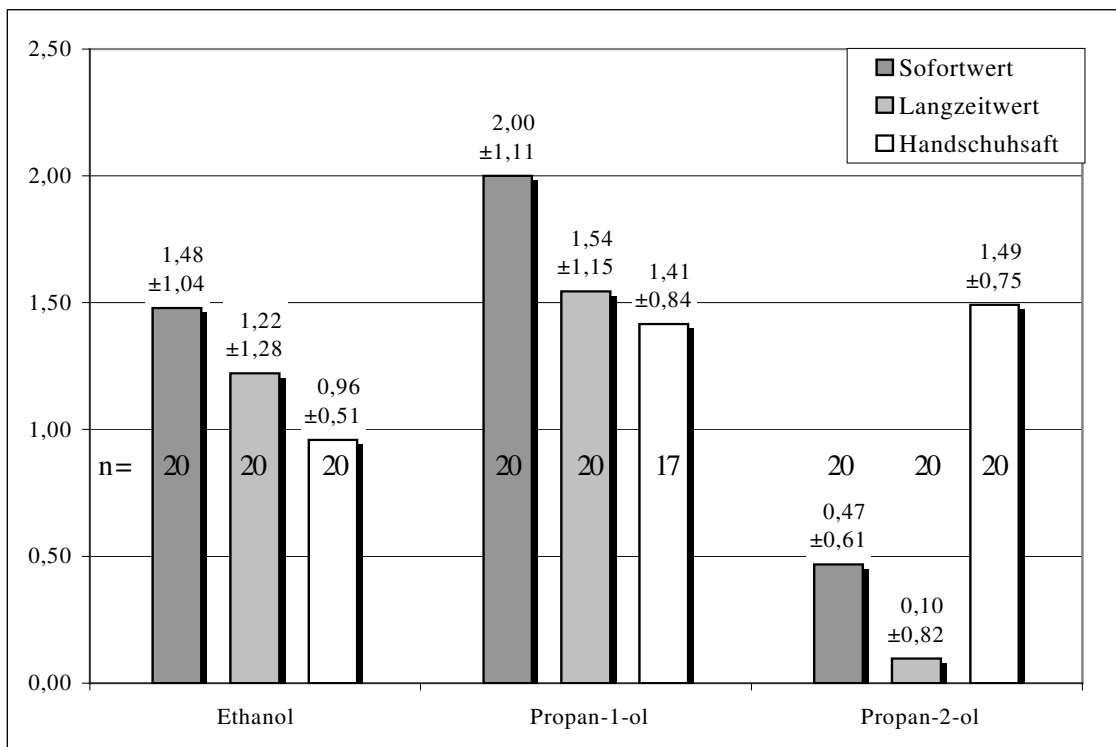
**Tab. 12: Werte für die T-Approximation des U -Testes ( $\alpha=0,05$ )**

Verfahren	Sofortwert	Langzeitwert	Handschuhsaft
2 vs. 3	0,0126	0,1911	0,0296
2 vs. 1	0,5386	0,7062	0,0899
1 vs. 3	0,0011	0,071	0,3775

### 2.3.2.2 Wirksamkeit der Mittel im jeweiligen Verfahren

#### Verfahren 1 (waschen und desinfizieren)

Für Verfahren 1, das Standardverfahren der chirurgischen Händedesinfektion, zeigte sich in allen gemessenen Parametern ein signifikanter Unterschied zwischen Ethanol und Propan-2-ol. Zwischen Propan-2-ol und Propan-1-ol unterschieden sich die Reduktionsfaktoren im Sofortwert und Langzeitwert, nicht jedoch die KbE im Handschuhsaft signifikant. Es fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Ethanol und Propan-1-ol (Abb.6, Tab.13).



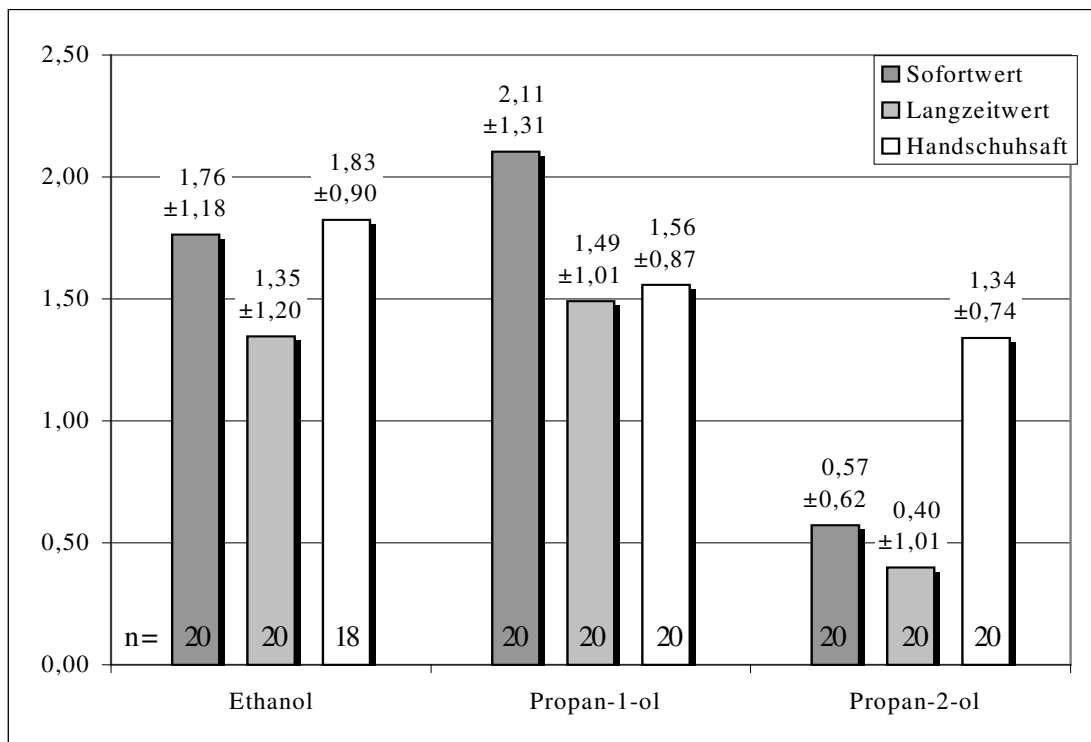
**Abb. 6: Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, KbE im Handschuhsaft ( $\pm$ Standardabweichung) für Verfahren 1**

**Tab. 13: Werte für die T-Approximation des U -Testes für Verfahren 1( $\alpha=0,05$ )**

Mittel	Sofortwert	Langzeitwert	Handschuhsaft
Ethanol vs. Propan-2-ol	0,0028	0,0024	0,0343
Ethanol vs. Propan-1-ol	0,1186	0,4220	0,2234
Propan-1-ol vs. 2-Propanol	<0,0001	0,0005	0,3585

**Verfahren 2 (nur desinfizieren )**

Bei Verfahren 2 zeigten Ethanol und Propan-1-ol im Sofort- und Langzeitwert eine signifikant höhere Keimzahlreduktion als Propan-2-ol, während der Unterschied in der Anzahl der KbE im Handschuhsaft nicht signifikant war. Es fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Ethanol und Propan-1-ol (Abb. 7, Tab. 14).



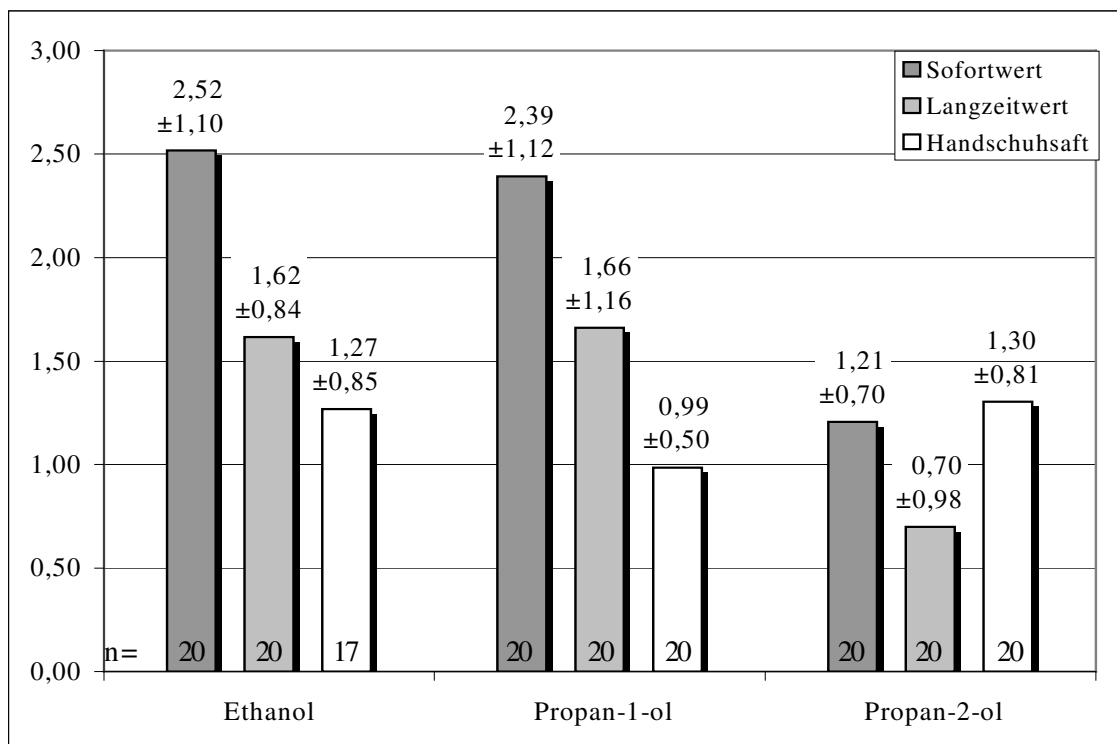
**Abb. 7: Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, KbE im Handschuhsaft ( $\pm$ Standardabweichung) für Verfahren 2**

**Tab.14: Werte für die T-Approximation des U -Testes ( $\alpha=0,05$ ) für Verfahren 2**

Mittel	Sofortwert	Langzeitwert	Handschuhsaft
Ethanol vs. Propan-2-ol	0,0006	0,0196	0,1296
Ethanol vs. Propan-1-ol	0,5916	0,9144	0,5050
Propan-1-ol vs. Propan-2-ol	0,0004	0,0071	0,3100

**Für Verfahren 3 (desinfizieren und bürsten)**

Verfahren 3 ergab für alle Mittel eine höhere Wirksamkeit als Verfahren 1 und 2. Besonders bei Propan-2-ol ließen sich gegenüber Verfahren 2, insbesondere jedoch gegenüber Verfahren 1 höhere Keimzahlreduktionen und geringere KbE im Handschuhsaft erzielen. Ansonsten ähnelte das Bild dem der vorstehenden Versuche. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Ethanol und Propan-1-ol. Mit Ethanol und Propan-1-ol ergaben sich im Sofort- und Langzeitwert, nicht jedoch in der KbE im Handschuhsaft signifikante Unterschiede zu Propan-2-ol (Abb.8, Tab.15).



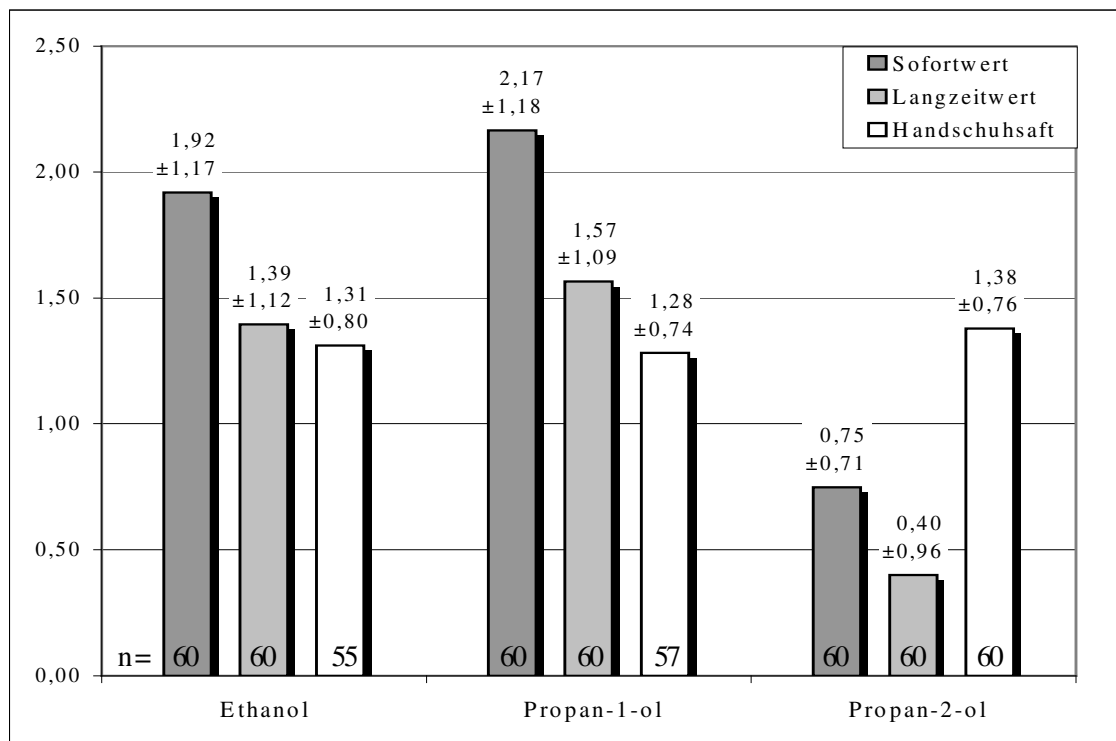
**Abb. 8: Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, KbE im Handschuhsaft ( $\pm$ Standardabweichung) für Verfahren 3**

**Tab. 15: Werte für die T-Approximation des U -Testes ( $\alpha=0,05$ ) für Verfahren 3**

Mittel	Sofortwert	Langzeitwert	Handschuhsaft
Ethanol vs. Propan-2-ol	0,0002	0,0108	0,9155
Ethanol vs. Propan-1-ol	0,7574	0,9357	0,3248
Propan-1-ol vs. Propan-2-ol	0,0015	0,0132	0,1907

### Wirksamkeitsvergleich der Mittel

Die über alle Verfahren gemittelte Keimzahlreduktion im Sofort- und Langzeitwert, sowie die Keimzahl im Handschuhsaft (Abb. 9 und Tab. 16) erlauben eine verfahrenunabhängige Betrachtung der Wirksamkeit der Mittel. Ethanol und Propan-1-ol unterschieden sich in keinem der gemessenen Parameter signifikant. Beide reduzierten jedoch die Keimzahl im Sofort- und Langzeitwert signifikant stärker als Propan-2-ol. In der Keimzahl im Handschuhsaft fanden sich dagegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mitteln.



**Abb. 9: Gemittelte Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, KbE im Handschuhsaft ( $\pm$ Standardabweichung) für Ethanol, Propan-1-ol und Propan-2-ol**

**Tab. 16: Werte für die T-Approximation des U -Testes ( $\alpha=0,05$ )**

Mittel	Sofortwert	Langzeitwert	Handschuhsaft
Ethanol vs. Propan-2-ol	<0,0001	<0,0001	0,6467
Ethanol vs. Propan-1-ol	0,3194	0,597	0,8475
Propan-1-ol vs. Propan-2-ol	<0,0001	<0,0001	0,5331

### **Vergleich des Vorhandenseins aerober Sporenbildner**

Tabelle 17 gibt die Häufigkeit von Sporenbildnern auf den untersuchten Händen nach Desinfektion wieder. Es ließen sich bei allen Mitteln und Methoden in etwa der Hälfte der Fälle kulturell Sporenbildner nachweisen. Die Testung der über alle Mittel und Methoden gemittelten Häufigkeit des Vorhandenseins aerober Sporenbildner auf den desinfizierten Händen gegen die Häufigkeit des Vorhandenseins aerober Sporenbildner auf den undesinfizierten Händen (Versuch 2.3.4) ergab einen signifikanten Unterschied ( $\chi^2$ -Test  $\chi^2 = 4,92 > 3,841$ ,  $\alpha = 0,05$ ). Die unterschiedlichen Anzahlen untersuchter Hände ist darin begründet, dass erst nach den ersten Versuchen mit der Auszählung begonnen wurde.

**Tab. 17: Vergleich der Häufigkeit des Vorhandenseins von Sporenbildnern auf den desinfizierten Händen**

	<b>Ethanol</b>			
	<b>Verfahren 1</b>	<b>Verfahren 2</b>	<b>Verfahren 3</b>	<b>gewichteter Mittelwert</b>
<b>Mittelwert</b>	0,60	0,50	0,55	0,55
<b>Hände (n)</b>	10	12	40	62
	<b>Propan-1-ol</b>			
	<b>Verfahren 1</b>	<b>Verfahren 2</b>	<b>Verfahren 3</b>	
<b>Mittelwert</b>	0,30	0,65	0,46	0,50
<b>Hände (n)</b>	10	20	24	54
	<b>Propan-2-ol</b>			
	<b>Verfahren 1</b>	<b>Verfahren 2</b>	<b>Verfahren 3</b>	
<b>Mittelwert</b>	0,83	0,38	0,58	0,55
<b>Hände (n)</b>	6	16	40	62
	<b>Gewichtete Mittelwerte</b>			
<b>Mittelwert</b>	0,54	0,52	0,54	0,54
<b>Hände (n)</b>	26	48	104	178

### **Vergleich der Wirksamkeit an der rechten und linken Hand**

Zwischen den Keimzahlreduktionen im Sofort- und Langzeitwert sowie der Anzahl der KbE im Handschuhsaft ließen sich zwischen rechten und linken Händen keine signifikanten Unterschiede finden ( $\alpha=0,05$ ).

Alle Mittel und Methoden reduzierten die Keimzahl der Hand sowohl im Sofort- als auch im Langzeitwert signifikant. Eine Ausnahme bildete Propan-2-ol, welches bei Verfahren 1 zu keiner signifikanten Keimzahlreduktion im Sofort- und Langzeitwert führte, und auch bei Verfahren 2 keine signifikante Keimreduktion im Langzeitwert ergab (Tab. 18).



**Tab. 18: Überprüfung der Differenz zwischen Vorwert und Sofort/Langzeitwert auf Signifikanz mittels Wilcoxontest für verbundene Stichproben( $\alpha=0,05$ )**

	<b>Ethanol</b>	<b>Propan-1-ol</b>	<b>Propan-2-ol</b>
Verfahren 1	<0,0001/0,001	<0,0001/<0,0001	0,0038/0,8408
Verfahren 2	<0,0001/0,0002	<0,0001/<0,0001	0,0004/0,0973
Verfahren 3	<0,0001/<0,0001	<0,0001/<0,0001	<0,0001/0,0083

### **Zusammenfassung**

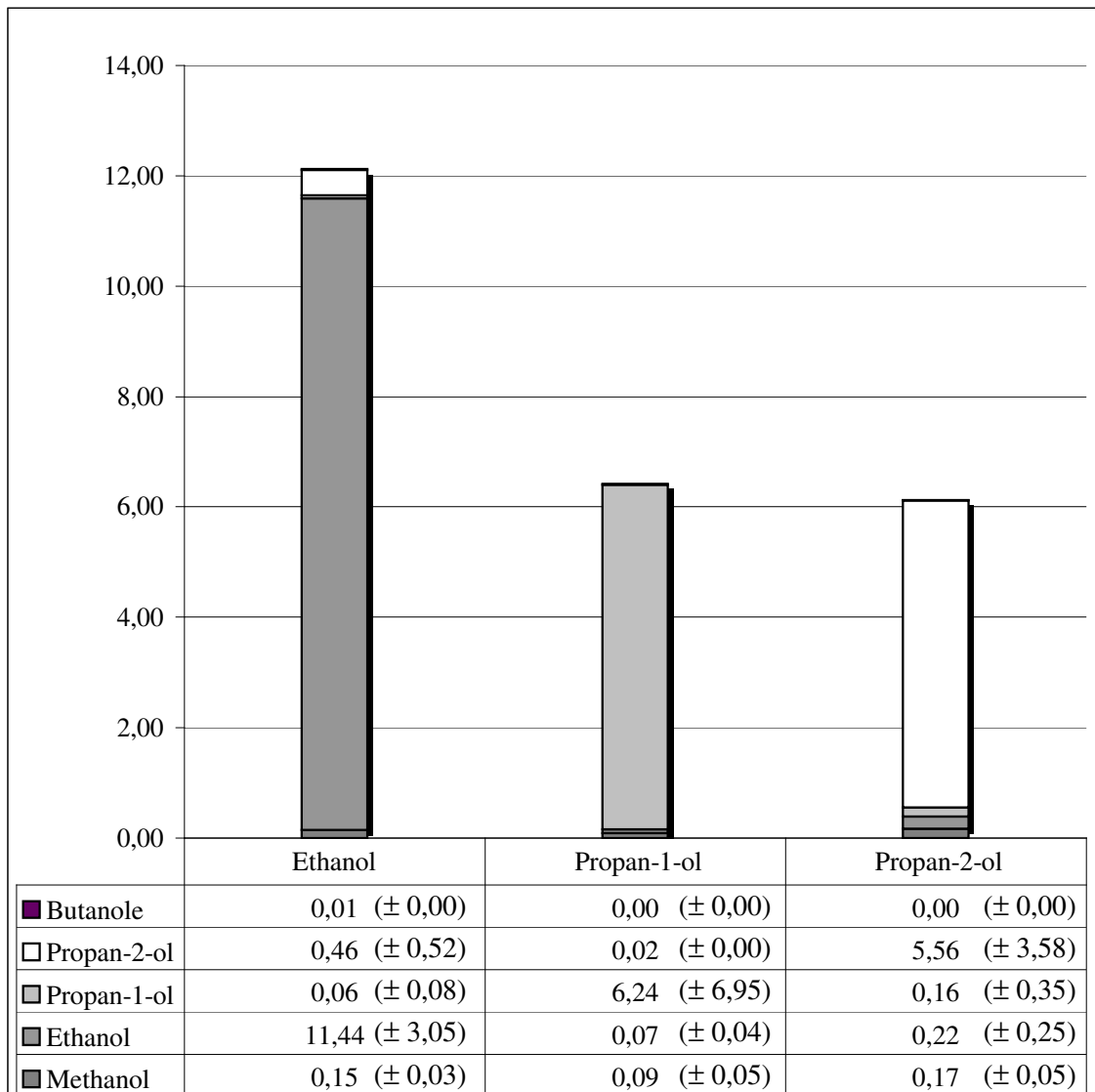
60%iges Propan-1-ol und 79%iges Ethanol waren unabhängig von der Methode 60%igem Propan-2-ol in der Keimzahlreduktion im Sofort- und Langzeitwert überlegen. Zwischen Propan-1-ol und Ethanol fanden sich dagegen keine signifikanten Unterschiede.

Verfahren 2 und 3 zeigten im direkten Vergleich mit dem angepassten Referenzverfahren nach DIN prEN 12791 (Verfahren 1 und Propan-1-ol) im Sofort- und Langzeitwert keine signifikant kleineren Reduktionsfaktoren. Mit Verfahren 3 ließ sich bei allen Mitteln eine mindestens genauso gute Wirkung wie mit dem Standardverfahren erzielen. Tatsächlich zeigte die Kombination von Desinfektion und Einbürsten des Desinfektionsmittels unter Auslassung der Waschung eine zum Teil signifikant stärkere Keimreduktion und niedrigere Keimzahl im Handschuhsaft als Verfahren 1. Auch mit Verfahren 2 (nur desinfizieren) ließ sich mit allen Mitteln eine mindestens genauso starke Wirkung wie bei Verfahren 1 erzielen.

### **2.3.3 Bestimmung der Desinfektionsmittelkonzentration im Handschuhsaft**

In Abb. 10 sind für die desinfizierten Hände die Werte für Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol und Butanole (Butan-1-ol, Butan-2-ol, Butan-2-methyl-1-ol, Butan-3-methyl-1-ol) dargestellt. Für alle Desinfektionsmittel lag die Alkoholkonzentration zwischen 5 g/l und 12 g/l. Dieser Wert setzte sich je nach verwendetem Mittel unterschiedlich zusammen, wobei der Hauptanteil dem verwendeten Alkohol

entsprach. Zwischen den Gesamtalkoholkonzentrationen bestand kein signifikanter Unterschied (Kruskal-Wallis-Test,  $p = 0,05$ ,  $p > \chi^2 0,0667$ ).



**Abb. 10: Konzentration (g/l) der bestimmten Alkohole im Handschuhsaft der desinfizierten Hand (±Standardabweichung) (Hände n = 59)**

### 2.3.4 Keimzahlveränderung und der Alkohol- und Begleitstoffkonzentration im Handschuhsaft der undesinfizierten Hand nach 3 h Handschuhtragen

#### Keimzahl

Die Bestimmung des Vorwertes ergab eine durchschnittliche Keimzahl von 3,65 lg KbE. Dieser war somit mit dem Versuch 2.3.2 (Vorwert: 3,7 lg) gut vergleichbar. Für den Nachwert ergab sich eine Keimzahl von durchschnittlich 4,14 lg. Dies entspricht einer Erhöhung der Vermehrung der KbE um 0,49 lg. Diese Zunahme war signifikant (zweiseitiger Wilcoxon-Rangsummentest mit t-Approximation,  $p=0,05$ ,  $pr>Z<0,0290$ ). Im Handschuhsaft fanden sich durchschnittlich 2,56 lg KbE, also deutlich mehr als in den Versuchen zur Keimzahlreduktion (Abb. 11). Es fanden sich nur in 25% der Proben Sporenbildner.

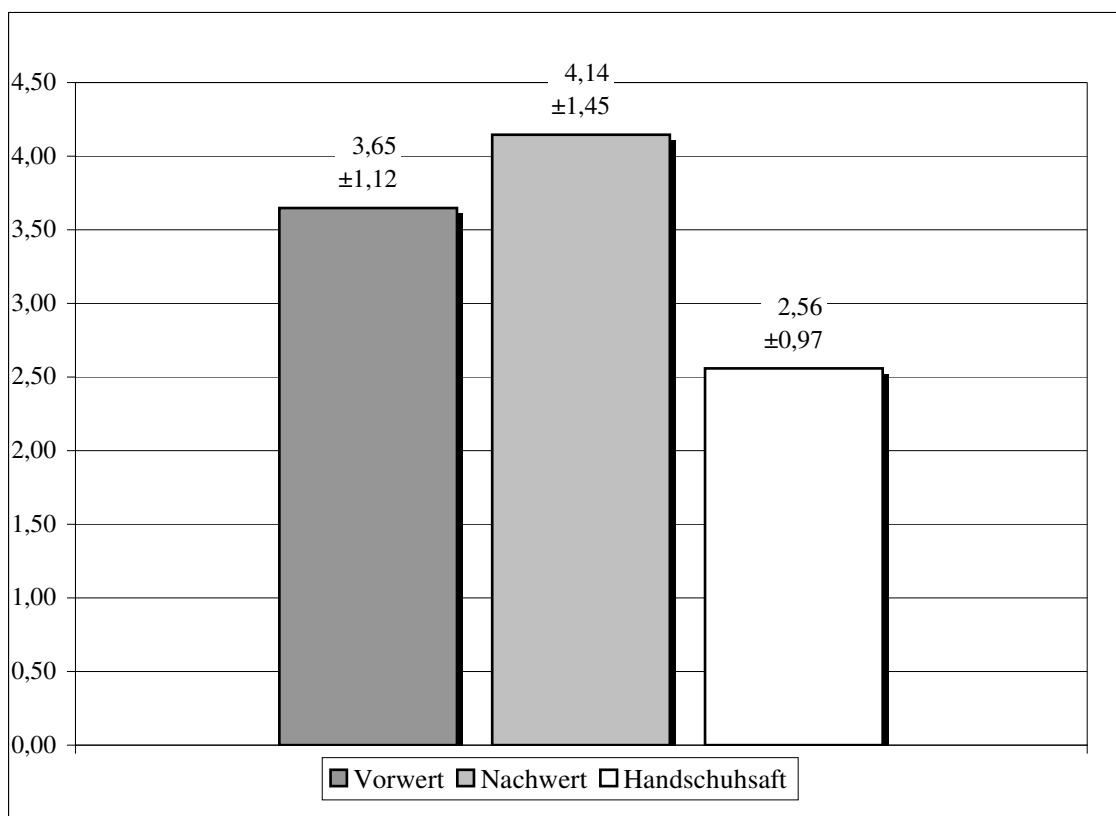
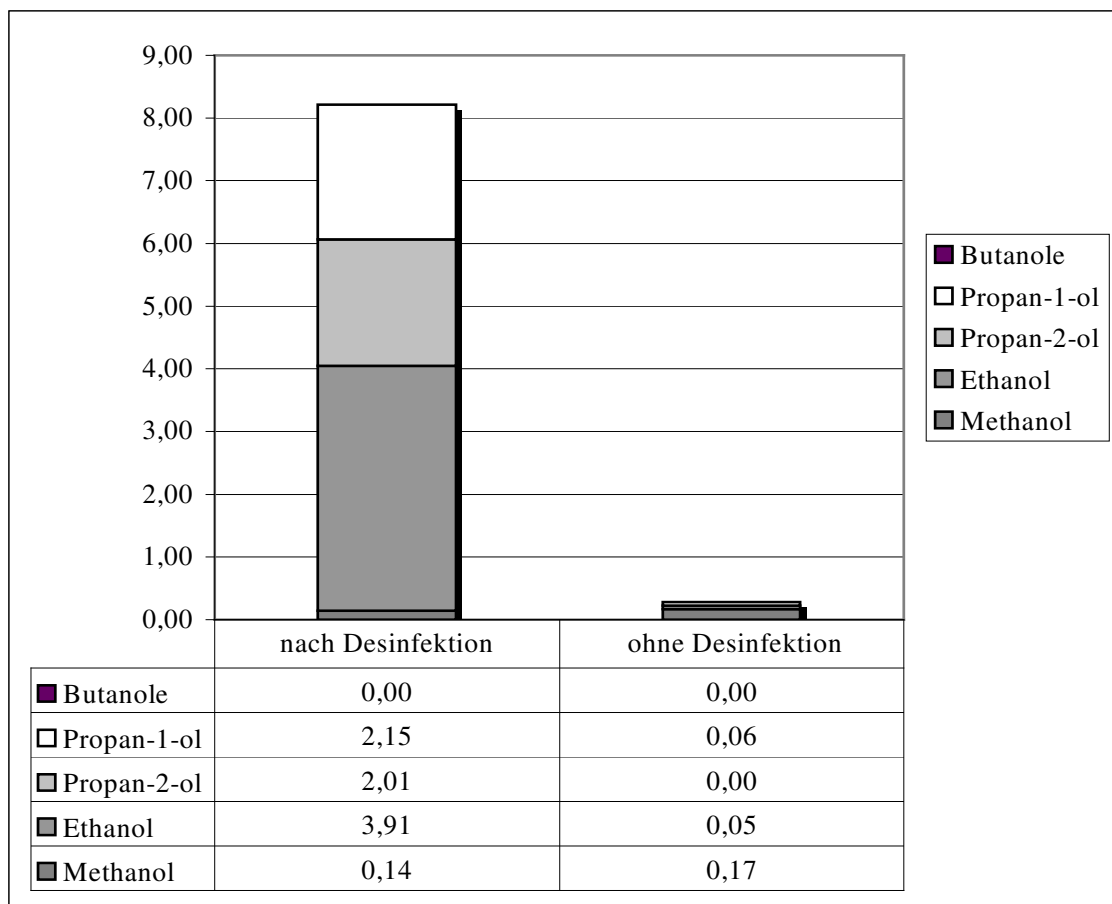


Abb. 11: Mittlere Keimzahlen im Vor- und Nachwert (Langzeitwert), KbE im Handschuhsaft ( $\pm$ Standardabweichung) der undesinfizierten Hand (n=16)

### Desinfektionsmittelkonzentration

Die Gesamtkonzentration im Handschuhsaft der undesinfizierten Hand lag in allen Fällen unter 0,5 g/l. Der Vergleich der Alkoholkonzentration nach Desinfektion und ohne zeigte eine signifikante Differenz im Gehalt des Handschuhsaftes an den bestimmten Alkoholen (zweiseitiger Wilcoxon-Rangsummentest mit t-Approximation,  $p=0,05$ ,  $p_r > Z < 0,0001$ ), (Abbildung 12).



**Abb. 12: Vergleich der mittleren Alkoholkonzentration (g/l) bei Zusammenfassung aller getesteten Handschuhe aus Versuch 2.3.2 und der undesinfizierten Hand (n = 16)**

### 2.3.5 Bestimmung der Alkohol- bzw. Begleitstoffkonzentration in den verwendeten alkoholischen Händedesinfektionsmitteln

Die Untersuchung der verwendeten Händedesinfektionsmittel auf Begleitstoffe ergab zusätzlich zum Hauptinhaltsstoff die Anwesenheit von Spuren anderer Alkohole und ihrer Metabolite (Abb. 13). Aufgrund der geringen Mengen sind die Werte in mg/l und nicht wie bei den vorigen Versuchen in g/l dargestellt. Zudem wurde eine logarithmische Skalierung gewählt. Einzig das als Vergällungsmittel in AHD 2000 eingesetzte 2-Butanon kommt in hoher Konzentration vor.

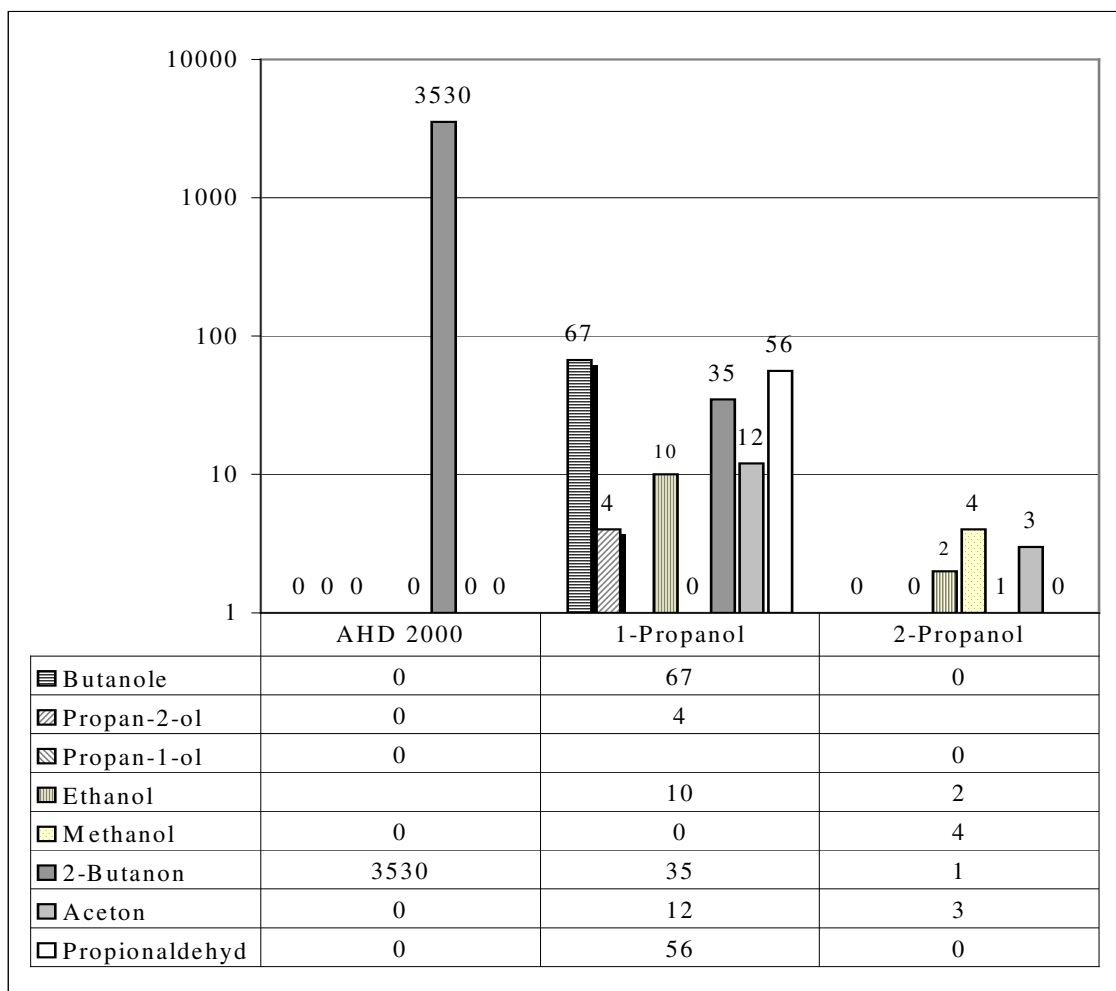
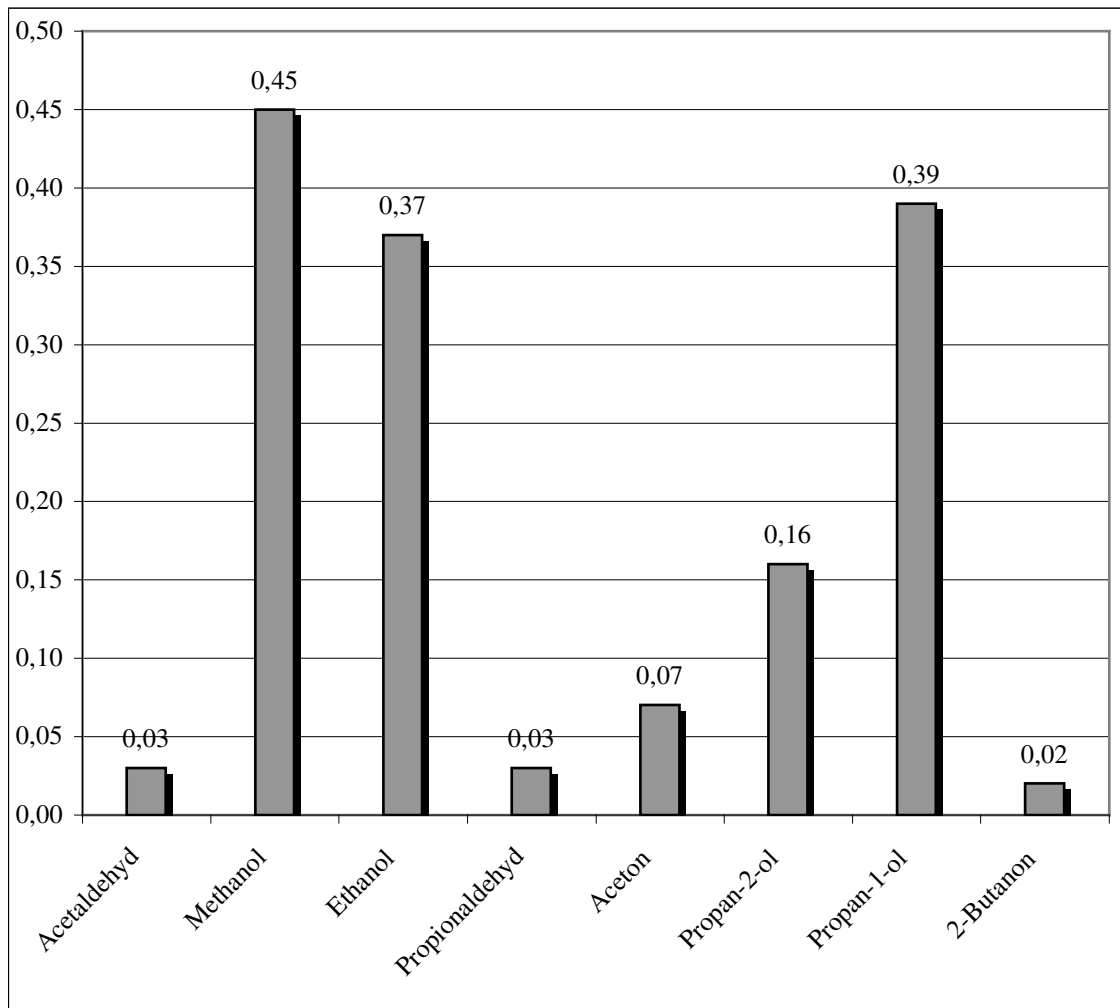


Abb.13: Begleitstoffe in den verwendeten Desinfektionsmitteln (mg/l) ohne Berücksichtigung des jeweiligen Hauptwirkstoffs

### 2.3.6 Bestimmung der Alkohol- bzw. Begleitstoffkonzentration im Handschuhsaft fabrikneuer, ungetragener Handschuhe

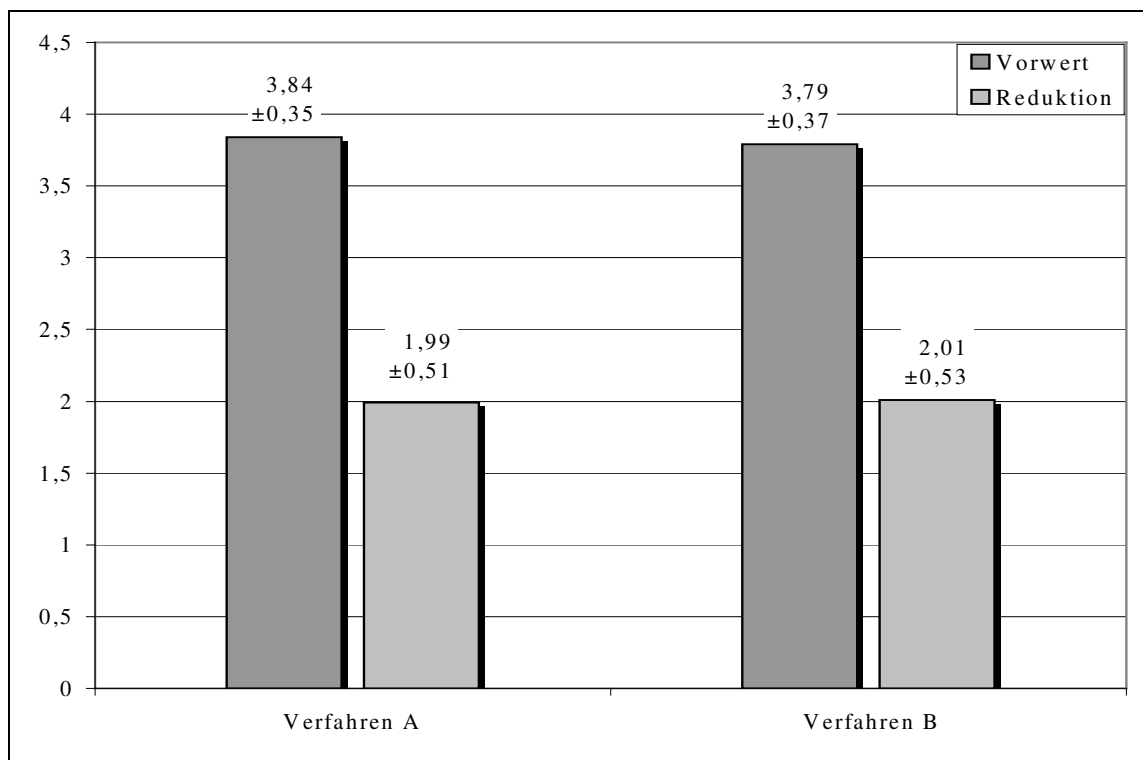
In unbenutzten Handschuhen fanden sich mit Konzentrationen unter maximal 0,5 mg/l nur Spuren der bestimmten Stoffe (Abb. 14). Der Gehalt an Butanolen lag unter der Nachweisgrenze.



**Abb. 14: Konzentration (mg/l) der bestimmten Alkohole und Begleitstoffe im unbenutzten Handschuh**

### 2.3.7 Versuch zur Verminderung der Sporenzahl der Hand

Die kulturelle Auswertung ergab eine praktisch gleiche Sporenzahl in den Vorwerten. Die Keimzahlreduktion bei beiden Verfahren lag bei ca. 2 lg. Trotz des neuen Verfahrens waren die Standardabweichungen erstaunlich gering und bei beiden Versuchen sehr ähnlich. (Abb.15). Die Testung der Verfahren auf signifikante Unterschiede mittels Withney-Mann-Testes bestätigte, dass sich beide Verfahren nicht signifikant in ihrer Keimzahlreduktion unterscheiden ( $p > |Z| = 1$ ,  $p = 0,005$ ).



**Abb. 15: Sporenzahl im Vorwert und Reduktion durch Verfahren A (Waschung) bzw. Verfahren B (hygienische Händedesinfektion und Waschung) ( $\pm$ Standardabweichung)**

### **3. Diskussion und Schlussfolgerung**

#### **3.1 Diskussion**

##### **3.1.1 Methodenkritik**

Die vorliegende Arbeit umfasst fünf Untersuchungsreihen an Probanden. Untersuchungen an lebenden Systemen beinhalten immer eine Vielzahl, oft auf den ersten Blick schwer identifizierbare Einflussmöglichkeiten auf die Ergebnisse. Diese umfassen im vorliegenden Fall insbesondere die Kooperationsfähigkeit und –willigkeit der Probanden, die mikrobielle Besiedelung, den Zustand und die Beschaffenheit der Haut, die Schweißneigung sowie die Intensität und Häufigkeit der Handbewegungen beim Handschuhtragen.

Andererseits sind die Probanden genau wie ihre Hautflora äußeren Einflüssen, insbesondere dem Wetter (Luftfeuchte/Temperatur), aber auch Faktoren wie Arbeitsbelastung, Erregerzahl der Umgebung etc. unterworfen.

Ebenso wie die Probanden sind auch die Prüfer sowie die versuchsvorbereitenden und probenaufarbeitenden Personen äußeren Einflüssen unterlegen, die auf Konzentration und Arbeitsleistung Einfluss nehmen und die Rate zufälliger Fehler bestimmen.

Um mögliche Einflüsse auf die Versuchsergebnisse zu minimieren, wurden verschiedene Maßnahmen getroffen, um die Sicherheit der Ergebnisse zu erhöhen. Bei allen Versuchen wurde angestrebt, eine bestmögliche Standardisierung durch Zugrundelegung von etablierten Versuchs-Protokollen zu erreichen. Insbesondere diente die DIN prEN 12791 „Chemische Desinfektionsmittel und Antiseptika : Chirurgische Händedesinfektion, Prüfverfahren und Anforderungen (Phase2/Stufe2)“ in der Deutschen Fassung prEN 12791 (1997) als Vorlage. Für die Versuche, für die bisher keine Protokolle existieren, wurde das Vorgehen in Anlehnung an bekannte festgelegt.



Um durch Probanden verursachte Fehler zu minimieren, wurden sie über das Protokoll, den Zweck der Versuche und die Wichtigkeit der korrekten Durchführung aufgeklärt. Alle Probanden waren motiviert und fähig, die Versuche durchzuführen.

Um die Anzahl der Handbewegungen so weit wie möglich vergleichbar zu machen, hielten sich die Probanden zwischen den Wertnahmen für Sofort- und Langzeitwert in der Regel zusammen in einem Zimmer auf. Schwere körperliche Tätigkeiten, Sport etc. wurden vermieden. Das Innenraumklima in den Laborräumen war praktisch konstant. Alle Versuche fanden im Winter 2002/03 statt, der über lange Zeit relativ konstante Minustemperaturen und geringe Luftfeuchte aufwies.

Jedes Verfahren wurde, wie in der Vorschrift gefordert, an 20 gesunden Personen mit kurzen, sauberen Fingernägeln durchgeführt. Keiner der Probanden hatte offene Verletzungen an den Fingern oder führte die chirurgische Händedesinfektion berufsmäßig durch.

Um die Aussagekraft der Ergebnisse weiter zu erhöhen, setzten sich die Probanden aus Personen mit unterschiedlichen Berufen (Laborpersonal, ärztliches Personal, pharmazeutisches Personal, Studenten, Schüler, nicht im Gesundheitswesen Beschäftigte) zusammen. Dies sollte die Verhältnisse der Keimbesiedelung möglichst praxisnah abbilden. Zum Prüfpersonal ist zu sagen, dass Versuche zur Händedesinfektion im Labor seit Jahren durchgeführt werden, das Laborpersonal also Erfahrung mit derartigen Versuchen hatte.

Einen Schwachpunkt im Versuchsdesign aller bisherigen Untersuchungen zur Händedesinfektion nach DIN prEN 12791 bildet die Wahl eines nicht näher bezeichneten chirurgischen Handschuhs zum Schutz der Hand vor äußerer Kontamination zwischen Desinfektion und Bestimmung des Langzeitwertes. Die Norm fordert für den Handschuh lediglich Sterilität, Freiheit von antimikrobieller Wirksamkeit und Puder, anatomische Form, Latex als Material und seinen Einsatz in der invasiven Chirurgie. Praktisch unterscheiden sich Handschuhe verschiedener Hersteller in vielen weiteren Eigenschaften. Zu nennen sind hier beispielsweise das Vorhandensein und die Beschaffenheit von Beschichtungen, die Resistenz gegenüber chemischen und physikalischen Einflüssen und die Häufigkeit von Perforationen. Diese Eigenschaften können Einfluss auf die Ergebnisse von Testes nach DIN prEN 12791 haben und die vergleichende Bewertung von Händedesinfektionsmitteln erschweren.

Die Überprüfung der verwendeten Handschuhe auf Perforationen nach dem dreistündigen Tragen und die Definition eines Standardhandschuhes könnte zu einer besserten Vergleichbarkeit führen.

In der Literatur sind Perforationsraten zwischen 4% und 82% der Handschuhe beschrieben (Weber et al. 1997, Berger 1999, Jamal und Wilkinson 2003, Pitten und Kramer 2003, Eklund et al. 2002). Viele dieser Perforationen entstehen während der Benutzung vermutlich nicht nur durch akzidentielle Perforation, sondern auch als Folge der normalen Tätigkeit und des Kontakts mit materialschädigenden Substanzen wie Fett. Auch in den vorliegenden Versuchen ist von einigen perforierten Handschuhen auszugehen. Rückblickend hätte eine Prüfung der Handschuhe auf Dichtigkeit nach Abstreifen und eine Verwerfung der entsprechenden Werte zur Ausschaltung dieser Fehlerquelle führen können. Dies ist aber weder in der Vorschrift gefordert, noch in der vorliegenden Literatur beschrieben worden. Unsere Ergebnisse wären damit nicht mit anderen Untersuchungen vergleichbar gewesen. Zum anderen ist nicht mit Sicherheit zu sagen, ob jede Mikroperforation einen Einfluss auf die Gesamtkeimzahl im Handschuh hat. Ferner sind die Perforationen stochastisch auf alle Versuche verteilt, so dass sich die Fehler im günstigsten Fall herausmitteln. In weiterführenden Studien wäre die Überprüfung dieser potentiellen Einflussgröße von Interesse, um ggf. die Notwendigkeit der Festlegung eines Prüfhandschuhes in der Norm zu ergänzen.

Ein aus unserer Sicht weiteres offenes Problem der aktuellen Norm besteht darin, dass bei der Auszählung der Platten nicht zwischen Sporenbildnern und Nichtsporenbildnern unterschieden wird. Sporenbildende und nichtsporenbildende Bakterien unterscheiden sich jedoch grundsätzlich in ihrer Vulnerabilität gegenüber Alkoholen, da Alkohole gegen Sporenbildner unwirksam sind. Dies könnte zu einer tendenziellen Überbewertung der Desinfektionsleistung von Alkoholen und anderen nicht sporoziden Desinfektionsmitteln führen. Wir schlagen deshalb vor, zusätzlich zu den ohnehin angefertigten Verdünnungen von Vor-, Sofort- und Langzeitwert eine weitere Verdünnung in 60% Propan-1-ol anzufertigen und auszuplattieren. Die auf diese Weise selektiv ermittelte Anzahl an Sporenbildnern kann dann getrennt bewertet werden.

### **3.1.2 Ergebnisse**

Ausgangspunkt der Arbeit war die Fragestellung, welche Bedeutung der Seifenwaschung der Hände als vorbereitender Schritt der chirurgischen Händedesinfektion zukommt.

Dazu sollte zunächst überprüft werden, ob eine besondere Keimdichte im Nagelfalz bzw. Subungualraum, wie von Fürbringer beschrieben, betätigt werden kann. Falls dies zutrifft, sollte untersucht werden, ob eine Fokussierung der Desinfektion auf diesen Bereich die Gesamtkeimzahl der Hand wesentlich reduzieren hilft.

Die Untersuchung der mikrobiellen Kolonisation des distalen Fingerglieds ergab eine deutlich stärkere Besiedelung des Unternagelraumes im Vergleich zur palmaren und dorsalen Fingerfläche sowohl der Tages- als auch an der desinfizierten Hand (siehe Tab. 6 und 7). Damit konnten die Resultate Fürbringers bestätigt werden. Sie zeigen auch, dass das Auskneten der Fingerkuppen, wie in der Norm beschrieben, für die Bewertung der Desinfektionsleistung eines Händedesinfektionsmittels geeignet ist.

Anschließend wurden drei Desinfektionsverfahren hinsichtlich ihrer Keimzahlreduktion im Sofort- und Langzeitwert sowie der Keimzahl im Handschuhsaft miteinander und mit der undesinfizierten Hand verglichen. Dabei wurde das Standardverfahren der chirurgischen Händedesinfektion (Verfahren 1) mit zwei ähnlichen Verfahren kompariert, wobei beim einen die Waschung weggelassen (Verfahren 2), beim anderen zusätzlich das Desinfektionsmittel in die Nagelfalze eingebürstet wurde (Verfahren 3). Jedes Verfahren wurde für Propan-2-ol, Propan-1-ol und Ethanol geprüft.

Es wurde zudem die Konzentration von Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol und ausgewählten Begleitstoffen im Handschuhsaft gaschromatographisch bestimmt und mit den Konzentrationen der entsprechenden Stoffe im Handschuhsaft der undesinfizierten Hand, im Eluat des unbenutzten Handschuhes und in den verwendeten Desinfektionsmitteln verglichen.

Außer mit Propan-2-ol wurde mit allen Mitteln und Methoden eine im Vergleich zur undesinfizierten Hand signifikante Keimzahlreduktion erzielt (vergleiche Tab. 17). Dabei ergaben sich starke Unterschiede in der Wirksamkeit zwischen den Mitteln und Methoden. Hinsichtlich der Mittel fiel auf, dass mit Propan-1-ol und Ethanol unabhängig von der Methode vergleichbar gute Keimzahlreduktionen zu erzielen waren, Propan-2-ol jedoch schlechter abschnitt. Bei den Keimkonzentrationen im Handschuhsaft fanden sich für alle drei Mittel vergleichbare Ergebnisse.

Beim Vergleich der Methoden ergab sich für alle Mittel die höchste Keimzahlreduktion durch Verfahren 3 (Desinfizieren und Bürsten). Insbesondere für Propan-2-ol wurden die Unterschiede im Sofort- und Langzeitwert im Vergleich zu den anderen Verfahren signifikant.

Die deutlich höhere Effizienz der Keimzahlreduktion im Sofort- und Langzeitwert durch das Einbürsten des Desinfektionsmittels in den Nagelfalz bestätigt die Ergebnisse von Heeg (Heeg et al. 1988). Seine Ergebnisse ließen methodisch offen, ob diese höhere Wirksamkeit unter Umständen auf durch die beim Ausknetverfahren angewendete Technik vorgetäuscht sein könnte. Durch die zusätzliche Bestimmung der Keimzahl im Handschuhsaft konnten wir jedoch zeigen, dass tatsächlich eine stärkere Keimzahlverminderung an der ganzen Hand erzielt wurde. Dies steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen Fürbringers, Ahlfelds und eigenen Untersuchungen, nach denen der Unternagelraum eine deutlich höhere Keimdichte aufweist als die sonstige Haut und diese Keime während des Handschuhtragens in den Handschuhsaft freigesetzt werden können.

Im Verlauf der Untersuchungen fiel auf, dass insbesondere in den Proben aus dem Handschuhsaft und im Langzeitwert, seltener im Vor- und Sofortwert, eine große Anzahl Sporenbildner feststellbar war, was mikroskopisch bestätigt werden konnte. Bei den untersuchten Kolonien handelte es sich überwiegend um *Clostridium spec.*. Die Anzahl der Sporenbildner war in einigen Proben so groß, dass sie andere Kolonien partiell überwucherten. Daraufhin wurde begonnen, das Vorhandensein von Sporenbildnern in nach der Desinfektion gewonnenen Proben mit zu erfassen. Es ergab sich, dass sich in über 50% der Proben, und zwar mittel- und methodenunabhängig, Sporenbildner nachweisen ließen. Dagegen fanden sich bei der undesinfizierten Hand signifikant weniger, nämlich nur in 25% Sporenbildner. Hierbei ist allerdings zu bedenken, dass die Sporenlast der „Tageshand“ insgesamt relativ gering ist und stark schwankt. Deshalb entschlossen wir uns, in einem gesonderten Versuch die Effektivität der Waschung zur Sporenlastreduktion zu untersuchen. Das Ergebnis zeigt eine hohe Wirksamkeit der Waschung für anhaftende Sporen. Wir vermuten dabei folgenden Mechanismus: Durch die Waschung können oberflächlich anhaftende Partikel wie Sporen, aber vermutlich auch Protozoen, Wurmstadien und Schmutz effizient von der Hand abgespült werden. Tiefere Hautschichten werden von dieser Maßnahme jedoch

nicht oder wenig erreicht. Es kommt vielmehr zu einer Quellung der Hornschicht, wodurch tiefersitzende Keime vor weiteren Reinigungsmaßnahmen abgeschirmt werden. Während der Zeit im Handschuh kommt es durch mechanische (Handbewegungen), biologische (Schweißsekretion) und physikalische (Diffusion) Faktoren zu einem „Ausmelken“ der tiefer sitzenden Erreger und Partikel an die Hautoberfläche und in den Handschuhsaft. Dieses wird möglicherweise zusätzlich durch den im Handschuhsaft befindlichen von der Desinfektion stammenden Alkohol und von der Waschung stammende Detergentien unterstützt. Die Keime findet man dann in den Proben wieder (Lilly et al. 1979, Schrader und Herber, 1992, O'Farrell et al. 1994, Bock et al. 2001, Pitten et al. 2001).

Diese Hypothese wird durch den Nachweis von primär nicht in den Desinfektionsmitteln, jedoch im menschlichen Körper vorkommenden Stoffen im Handschuhsaft gestützt (siehe Abschnitt 2.3.4-6). Wir vermuten, dass diese Stoffe die gestörte Hautbarriere zu penetrieren vermögen und in den Handschuhsaft gelangen. Die aus unserer Sicht einzige alternative Erklärung, die Synthese dieser Stoffe durch Bakterien der Hautflora erscheint aufgrund der ermittelten Konzentrationen unwahrscheinlich. Der Vergleich der Alkohol- und Begleitstoffkonzentrationen im Handschuhsaft der undesinfizierten und der desinfizierten Hand ergibt nicht zuletzt aufgrund der geringen Anzahl untersuchter Handschuhe kein eindeutiges Bild. Ein Einfluss des Desinfektionsmittels auf die Hautbarriere ist deshalb nur zu vermuten, aber nicht zu beweisen (Blanck 1964, Blanck 1964, Scheuplein 1965, Scheuplein 1965, Scheuplein und Blanck 1973, Lilly 1979).

Insofern kann die Waschung zwar oberflächlich gelegene Sporen entfernen, tieferliegende vermag sie jedoch nicht zu erreichen und beeinflusst daher die Sporenzahl im Langzeitwert und Handschuhsaft der normalen, sporenrmen „Tageshand“ kaum.

Über Sinn oder Unsinn der Waschung liegen vielfältige, sich teils widersprechende Ergebnisse in der Literatur vor. Hauptargumente dafür waren die fehlende Wirksamkeit der Alkohole gegen Sporen und die von einigen Autoren beschriebene verbesserte Keimzahlreduktion, das Hauptargument dagegen die Beeinträchtigung der Desinfektion (Kremer 1967, Litsky und Litsky 1972, Lilly et al. 1979, Ojajärvi 1980, Kalmär und

Steinhagen 1984, Blech et al. 1985, Heeg P 1986, Heeg et al. 1988, Kjolen und Andersen 1992, Harbath 2000, Rotter 2001, Larson et al. 2001, Huynh und Commens 2002).

Auch die Notwendigkeit der Waschung als Bestandteil der chirurgischen Händedesinfektion zwischen zwei Operationen ist mehrfach diskutiert worden (Lilly et al. 1979, Rehork und Rüden 1991, Rehork und Rüden 1991, Kappstein et al. 1993, Eklund et al. 2002, Kinzel (AWMF) 2003). Durch unsere Ergebnisse bietet sich als Erklärung für die zum Teil deutlich voneinander abweichenden Resultate in der Literatur die fehlende Unterscheidung zwischen Sporenbildnern und Nichtsporenbildnern an. Da sich beide in Hinblick auf ihr Verhalten gegenüber Alkoholen, aber auch in ihrem Vorkommen auf der Hand grundsätzlich unterscheiden, erscheint diese Trennung für weiterführende Untersuchungen sinnvoll. Die Notwendigkeit einer solchen Trennung zeigt sich u. a. auch daran, dass bereits in der Vergangenheit durch aerobe Sporenbildner die Ergebnisse eines Labors bei einem Ringversuch so stark beeinflusst wurden, dass sie nicht auswertbar waren (Rotter et al. 2000).

Bleibt die Frage, waschen oder nicht?

Nach unseren Ergebnissen und den Ergebnissen in der Literatur muss davon ausgegangen werden, dass die Waschung eine effiziente Methode zur Sporenlastreduktion der Hand darstellt, soweit es sich um oberflächlich gelegene Sporen handelt. Ebenso werden andere locker anhaftende Krankheitserreger und Schmutz entfernt. Auf der anderen Seite behindert die Waschung, wenn sie direkt vor der Desinfektion durchgeführt wird, deren Wirksamkeit durch ein Aufquellen der Hornschicht. Zudem wird die Barrierefunktion der Epidermis gestört und ein Eindringen von Desinfektionsmitteln und anderen, u. U. allergenen Stoffen (Latex, Konditionierungsmittel für Handschuhe) begünstigt. Wir empfehlen deshalb folgende Veränderung des Verfahrens der chirurgischen Händedesinfektion:

Die ohnehin schon empfohlene hygienische Händedesinfektion in der OP-Schleuse sollte um eine Händewaschung und Reinigung insbesondere des Unternagelraumes, gegebenenfalls mit einer Bürste, ergänzt werden. Als „Waschung“ reicht dabei je nach Verschmutzung eine kurze Zeitspanne von ca. 10 – 15 s im Sinne einer sozialen

Händewaschung („social handwash“) aus. Dies scheint besonders beim ersten Betreten des OPs sinnvoll, um eventuell aus der Umwelt (Garten, Markt, Wald etc.) mitgebrachte anhaftende Sporen und Schmutz zu entfernen. Der Operateur betritt dann mit gewaschenen und hygienisch desinfizierten Händen den OP-seitigen Teil der Schleuse, um die OP-Kleidung anzulegen. Seine Kleidung wird dabei nicht mit Sporen oder anhaftenden Krankheitserregern von der Station oder aus der Umwelt kontaminiert. Während des Umkleidens und der OP-Vorbereitung haben die Hände genug Zeit, gründlich zu trocknen. Beginnt der Operateur dann die chirurgische Händedesinfektion, tut er dies mit trockenen, oberflächlich sporenfreien und keimarmen Händen.

Unter Weglassen einer erneuten Händewaschung beginnt er mit der Desinfektion, die er bei hochseptischen Eingriffen um das Einbürsten des (alkoholischen) Desinfektionsmittels in die Unternagelräume ergänzt. Er achtet anschließend auf ein gutes Trocknen der Hand, bevor er die Handschuhe überstreift, um die Alkoholkonzentration im Handschuh so gering wie möglich zu halten. Wir schlagen vor, als Richtzeit für die Trocknung 1 min zu veranschlagen. Dies ist aus zwei Gründen wichtig: Zum einen können Reste des alkoholischen Händedesinfektionsmittels eine Hautirritation begünstigen. Zum anderen kann durch zurückbleibende Reste die Dichtigkeit des Op-Handschuhes reduziert werden (Pitten et al. 1999, Pitten et al 2000). Nach der OP folgt eine hygienische Händedesinfektion mit anschließender Waschung, um den Handschuhsaft mit aus der Tiefe aufgestiegenen Sporen, anderen Erregern, möglichen Kontaminationen vom Patienten und vom Handschuh stammenden Stoffen zu entfernen. Diesem sollte sich, wenn nötig, ein Eincremen der Hände anschließen (Goroncy-Bermes 1999, Goroncy-Bermes 1999, Goroncy-Bermes 1999, Robert-Koch-Institut 2000, Heeg 2000, Heeg 2001, Dharan et al. 2001, Perrenoud et al. 2001, Heeg 2003). Mit solcherart behandelten Händen geht der Chirurg den folgenden Arbeiten nach. Vor der nächsten Operation genügt abermals eine chirurgische Händedesinfektion ohne Waschung, da der OP-Bereich (nahezu) sporenfrei ist.

Der Operateur nutzt so die Vorteile von Desinfektion und Waschung, ohne deren Nachteile in Kauf nehmen zu müssen. Er vermeidet zudem eine Tandemapplikation von Detergentien und Desinfektionsmitteln, deren Effekte auf die Haut im klinischen Alltag nicht abschließend geklärt sind (Kappes et al. 2001). Durch die der ersten chirurgischen Händedesinfektion vorgeschaltete hygienische Händedesinfektion nutzt er zusätzlich

schon vor der ersten OP die sich in ihrer Wirkung potenzierende mehrmalige Händedesinfektion aus. Die der Operation nachgeschaltete hygienische Händedesinfektion und Waschung verringern nicht nur die hauteigene Flora des Operateurs und die potentielle Kontaminationsflora, sondern entfernen andere Stoffe, die vom Handschuh abgegeben werden und mindern auch damit das Allergie- und Infektionsrisiko für den Operateur.

### **3.1.3 Präparateauswahl**

Neben der Art der Durchführung der chirurgischen Händedesinfektion ist die Auswahl eines geeigneten Händedesinfektionsmittels eine wesentliche Bedingung für das Gelingen der Händedesinfektion. In über 150 Jahren klinischer Erfahrung in der Händehygiene zeichnet sich ein klares Bild von den Anforderungen an ein Händedesinfektionsmittel ab. Das Ziel muss sein, ein Mittel zu verwenden, das einen optimalen Kompromiss zwischen schneller und hoher Wirksamkeit, guter Verträglichkeit und einfacher Handhabung bietet. Nach der Literaturlage ist davon auszugehen, dass von der Vielzahl der auf dem Markt verfügbaren Substanzen nur ein kleiner Teil diesen Anforderungen in genügendem Maße gerecht wird, wobei Produkte auf der Basis der einwertigen gesättigten Alkohole zu den geeignetsten Mitteln gehören (Krasilnikow und Adartschenkow 1987, Rehork und Rüden 1991, Sauermann et al. 1995, Richard und Welbourn 1999, Harbath 2000, Winnefeld et al. 2000, Kies et al. 2000, Lübbe et al. 2001, Grove et al. 2001, Bryce et al. 2001, Kramer und Pitten 2002, Bissett 2002, Huynh und Commens 2002, Bodenschatz et al. 1993, Kramer et al. 2003, Kampf und Kramer submitted, Cohen et al 2003).

Die im Rahmen dieser Arbeit getesteten Alkohole Propan-1-ol, Propan-2-ol und Ethanol gehören zu den am häufigsten in der Praxis eingesetzten Vertretern dieser Gruppe. Sie sind spätestens seit Beginn des letzten Jahrhunderts immer wieder auf ihre bakteriozide Wirkung geprüft worden. Dabei finden sich in der Literatur unterschiedliche Angaben zu ihrer Wirksamkeit und optimalen Konzentration (Kokko 1939, Naumann und Walz 1960, Steinhagen 1977, Myklebust 1985, Heeg et al. 1987, Rehork und Rüden 1991, Rummel 1992, Rotter et al. 1998, Willemsen et al. 1999, Kampf und Kramer submitted). Auch die in unseren Versuchen ermittelten Ergebnisse weichen von denen anderer Arbeiten zum Teil deutlich ab. Bestätigen können wir die schnelle und hohe



Wirksamkeit des Propan-1-ols. Ethanol überrascht durch seine ebenfalls gute und schnelle Wirkung. Vergleicht man die Wirkung von Ethanol und Propan-1-ol bei Verfahren 1, führt also eine Bewertung von AHD 2000 gegen Propan-1-ol unter Einsatz des an die Fragestellung angepassten Referenzverfahrens nach DIN prEN 12791 durch, finden sich keine signifikanten Unterschiede in der mittleren Keimzahlreduktion im Sofort- und Langzeitwert zwischen beiden Mitteln. Bei Einsatz des Verfahrens 3 (desinfizieren + bürsten) weisen Propan-1-ol und Ethanol praktisch die gleiche Wirksamkeit auf.

Enttäuschend fallen hingegen die Ergebnisse für Propan-2-ol aus. In allen Versuchsreihen bleibt seine Wirksamkeit deutlich hinter der der anderen Mittel zurück. Interessant ist jedoch, dass es am deutlichsten von dem Auslassen der Waschung (Verfahren 2) und dem Bürsten (Verfahren 3) profitiert. Von einigen Autoren wurde von einer guten Wirkung 60%igen Propan-2-ols bei der chirurgischen Händedesinfektion berichtet (Halle 1987, Kramer et al. 1987, Heeg et al. 1987). Dies können wir in unseren Versuchen nicht bestätigen. Aufgrund unserer Ergebnisse, die ähnlich denen von Rotter et al. (1998), eine signifikant schlechtere Wirksamkeit als für Propan-1-ol anzeigen, müssen wir dem Propan-2-ol in dieser Konzentration eine mangelhafte Wirkung bescheinigen.

Neben der bakterioziden Wirkung war auch die sich im Handschuhsaft wiederfindende Alkoholmenge Gegenstand dieser Arbeit, um dadurch ggf. Schlussfolgerungen zur Exposition der Haut, des Handschuhes und der Hautflora im Handschuh ziehen zu können.

Zwischen den Alkoholen finden sich Unterschiede in ihrer Wirkung auf die Haut, die ihre Ursache im Wesentlichen in ihrer chemischen Struktur haben. Alle Alkohole wirken entfettend. Als amphiphile Stoffe sind sie in der Lage, die Hornschicht zu penetrieren und deren Struktur zu stören. Als Folgen können Hauttrockenheit und – Rissigkeit auftreten (Kramer et al. 2003).

Propan-1-ol besitzt die höchste Lipophilie und zugleich stärkste Zytotoxizität. Ethanol weist die geringste Toxizität auf, Propan-2-ol liegt in seinen Werten zwischen beiden. Im Vergleich mit anderen Mitteln wie Chlorhexidin oder Benzalkoniumchlorid sind Ethanol, Propan-1-ol und Propan-2-ol toxikologisch deutlich günstiger zu bewerten.

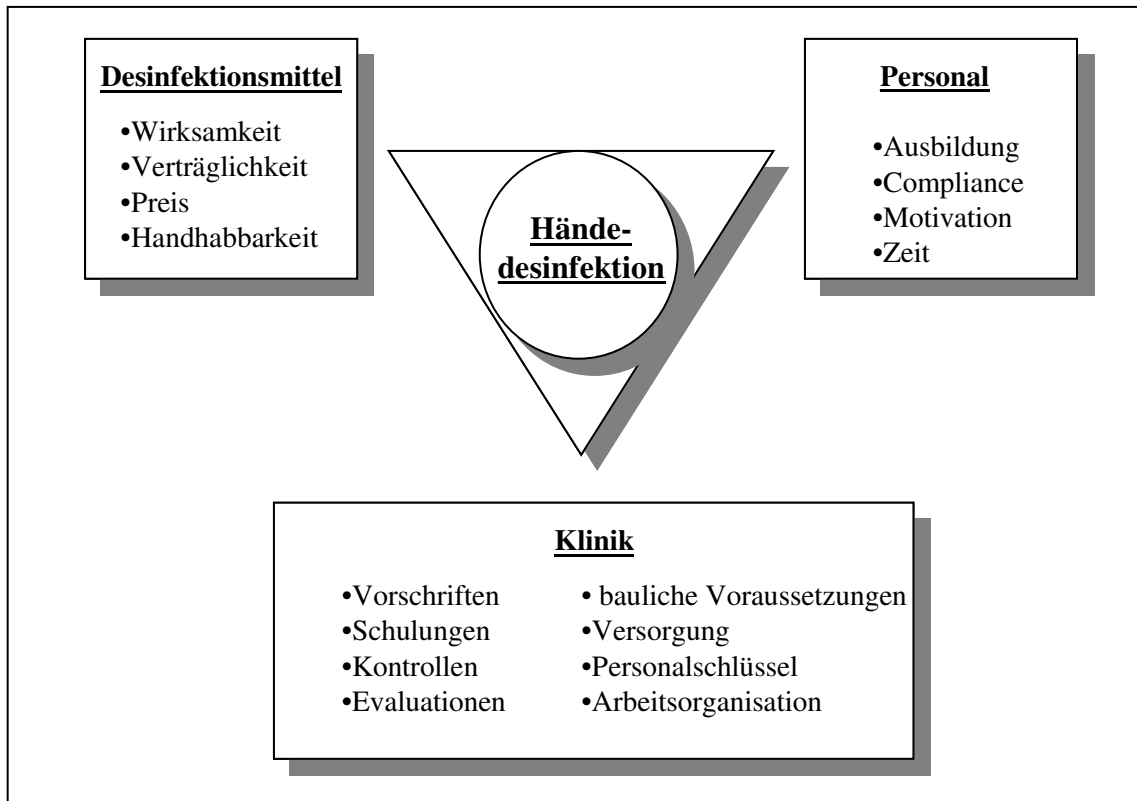
Alle drei zeigen in den bei der Händedesinfektion normalerweise erreichten Blutspiegeln keine toxischen, teratogenen oder gentoxischen Wirkungen. Es ergibt sich allerdings anhand der LD<sub>50</sub> –Werte für die Maus eine deutlich geringere Toxizität für Ethanol im Vergleich zu Propan-1-ol und Propan-2-ol. In der Literatur wird zudem der Verdacht einer möglichen Induktion von Karzinomen der Nase bzw. Nasennebenhöhlen durch Propan-2-ol geäußert, allerdings unter Expositionsbedingungen, die nicht mit der Händedesinfektion vergleichbar sind (Kramer et al. 1985, Halle 1985, Comba und Belli 1992, Kampf und Kramer submitted, Kramer et al. 2003).

Die von uns im Handschuhsaft gemessenen Alkoholkonzentrationen liegen in einem Bereich, in dem keine antimikrobielle Wirkung mehr vorhanden ist. Allerdings ist eine Wirkung auf die Lipidmembranstrukturen der Epidermis nicht auszuschließen, insbesondere da durch die Körperwärme und den Dampfdruck lokal höhere Konzentrationen erreicht werden dürften. Die Unterschiede in der Anzahl nachgewiesener Sporenbildner bei der desinfizierten bzw. undesinfizierten Hand stützen diese Vermutung. Toxikologisch ist die Exposition durch die Rückstände als nicht relevant einzuordnen.

#### **3.1.4 Den Erfolg der Händedesinfektion beeinflussende Faktoren**

Die Chirurgische Händedesinfektion ist als unerlässliche Maßnahme zur Verhütung postoperativer Infektionen allgemein akzeptiert. Trotzdem ist sie bei weitem nicht der einzige die Wundheilung beeinflussende Faktor. Der postoperative Heilungsprozess wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst, die patienten-, operateur-, pflege- und krankenhaushängig sind. Die gründlichste Händedesinfektion kann nichts nützen, wenn nicht die OP- Vorbereitung, die postoperative Pflege und das Wundmanagement den Heilungsprozess unterstützen. Nicht zuletzt kann der Chirurg durch gewebeschonendes Operieren die Infektionsgefahr reduzieren .

Die Händedesinfektion als solche ist von einer Reihe von Faktoren abhängig, die ihren Erfolg bestimmen. Diese lassen sich in personen-, mittel- und krankeneigene gliedern (Abb. 16).



**Abb. 16: Einflussfaktoren auf die chirurgische Händedesinfektion**

Jede Veränderung einer Einflussgröße kann sich mehr oder weniger deutlich auf den Erfolg der Händedesinfektion auswirken.

Die Klinik steht dem Patienten und Leistungsträger gegenüber in der Pflicht, eine medizinisch hochwertige, risikoarme und kostenbewusste Behandlung zu gewährleisten. Sie hat damit ein genuines Interesse an der Vermeidung postoperativer Komplikationen einschließlich nosokomialer Infektionen, da diese einen erhöhten medizinischen Aufwand sowie längere Liegezeiten zur Folge haben und zu erhöhter Mortalität und Morbidität führen können.

In der Literatur finden sich verschiedene Kostenanalysen zur Händedesinfektion (Kappstein et al. 1993, Pittet und Harbarth 2003). In der Vergangenheit lag das Hauptaugenmerk besonders auf der zur Händedesinfektion benötigten Arbeitszeit und den Kosten für die verwendeten Mittel. Die wirtschaftliche Relevanz der Händedesinfektion ist jedoch nur im Vergleich mit den Kosten für die Beherrschung infektionsbedingter Komplikationen zu bewerten. Da hier viele Faktoren Einfluss nehmen, scheint eine klare Zuordnung der Ursachen im Einzelnen und damit eine

Abschätzung schwer möglich. Trotzdem beschreiben einige Autoren gesicherte Zusammenhänge zwischen Eingriffen und Infektionen (Schrader und Herber 1992). Obwohl eine abschließende Bewertung aufgrund abgesicherter Studien zur Zeit nicht möglich ist, dürfte nach 150 Jahren Händedesinfektion und tausenden Jahren Erfahrung mit den Folgen von Wundinfektionen über die Notwendigkeit zur strikten Asepsis kein Zweifel bestehen. Das zunehmende Verlassen der besonders in angelsächsisch-amerikanischen Ländern lange praktizierten Überbewertung der Surveillance als Methode zum Nachweis der Evidenz von Hygienemaßnahmen zugunsten der Prävention als Ansatz der Ausschaltung möglicher Risiken, bekräftigt diese Haltung auf internationaler Ebene (Sonntag 2003).

Die Klinik kann die Effektivität der Händedesinfektion wesentlich beeinflussen. Ihre Möglichkeiten liegen dabei besonders auf dem Gebiet der Arbeitsorganisation, der Schulung, Motivation und Kontrolle sowie der Bereitstellung geeigneter Mittel sowie der Schaffung baulicher Voraussetzungen. Die bauliche Einheit von Personalschleuse und OP und das Vorhandensein ausreichend großer und vor allem gut belüfteter Waschräume zur Vermeidung unangenehm hoher Alkoholkonzentrationen in der Atemluft sind genauso wichtig wie die Bereitstellung ausreichender zeitlicher Ressourcen für das Personal zur Durchführung der Desinfektion (Heudorf et al. 2003). Daneben spielen die regelmäßige Belehrung zur Händedesinfektion und die Kontrolle ihrer korrekten Durchführung eine wichtige Rolle (Niknam 2003). Die Händedesinfektion sollte nicht nur am Anfang jedes chirurgischen Lehrbuches in ihrer Begründung und Durchführung besprochen werden, sondern auch Thema entsprechender Vorlesungen und Übungen sein. Die chirurgische Händedesinfektion ist anders als die hygienische Händedesinfektion in ihrer Durchführung gut kontrollier- und protokollierbar. Es sollte großer Wert auf die Vermittlung der funktionellen Einheit beider Verfahren in Hinblick auf die Infektionsvermeidung gelegt werden, um so die Bereitschaft zur Durchführung der hygienischen Händedesinfektion zu erhöhen. In der Literatur finden sich Hinweise, dass die Händehygiene in einigen Fällen subjektiv oder objektiv als Mittel zur Disziplinierung und Machtdemonstration empfunden wird (Schulz-Stübner und Hauer 2003). Einer genauen Kontrolle der Durchführung sollte deshalb eine hinreichend häufige Evaluation als Möglichkeit für das Personal beigelegt werden, eigene Erfahrungen und Wünsche an das Krankenhaus zurückzumelden, und so

selbst Einfluss zu nehmen. In Studien konnte gezeigt werden, dass sich die Qualität der Händedesinfektion durch entsprechende Schulungen und Programme deutlich verbessern lässt (Pittet et al. 2000, Kinzl (AWMF) 2003, Pittet 2003).

Die wichtigsten die Auswahl des Mittels bestimmenden Faktoren sind seine Wirksamkeit, Verträglichkeit und Handhabbarkeit auf der einen, sein Preis und sein Image, also seine Bewertung durch den Anwender, auf der anderen Seite. Nach dem gegenwärtigen Stand der Literatur sind Einreibepreparate auf Alkoholbasis als für die Händehygiene am geeignetsten einzuschätzen. Dies beruht auf ihrer schnellen und starken Wirkung gegen ein breites Erregerspektrum, ihrer einfachen Anwendbarkeit, guten Verträglichkeit und geringen Kosten (Krasilnikow und Adartschenkow 1987, Rehork und Rüdén 1991, Sauer mann et al. 1995, Lübbe et al. 2001, Grove et al. 2001, Harbath 2000, Winnefeld et al. 2000, Bryce et al. 2001, Kramer und Pitten 2002, Bissett 2002, Huynh und Commens 2002, Kampf und Kramer submitted, Trick et al. 2003, Kramer et al. 2003).

Gegen viele andere in der Händedesinfektion verwendeten Substanzen wie Benzalkoniumchlorid, Triclosan und Chlorhexidin sind zunehmende Resistenzen beschrieben, die zu einer Selektion von multiresistenten Keimen auf der Haut führen können. Gegen Alkohole sind derartige Resistenzentwicklungen nicht beschrieben. Die schnelle und breite antimikrobielle Wirkung bei gleichzeitiger geringer Toxizität stellt zudem einen wichtigen Faktor zur Senkung des Zeitbedarfs und Steigerung der Akzeptanz durch den Anwender da. Die Frage nach der Toxizität von Händedesinfektionsmitteln besitzt auch in anderer Hinsicht Bedeutung, da die akzidentielle oder willentliche (z.B. suizidale) orale Einnahme von Händedesinfektionsmitteln aus z.B. relativ einfach für den Patienten zugänglichen Spendern zumindest ein theoretisches Risiko darstellt (Kinzl (AWMF) 2003).

Bei der Frage nach dem geeignetsten Alkohol gehen die Meinungen auseinander. In der Literatur wird ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Konzentration des Alkohols im Desinfektionsmittel und seiner Toxizität hergestellt (Lübbe et al. 2001). Andererseits steigt mit zunehmender antimikrobieller Wirksamkeit, die eine geringere Konzentration ermöglicht, auch die Toxizität des Alkohols an sich an. Unsere Ergebnisse zeigen für

Propan-1-ol und Ethanol die beste Wirksamkeit. Propan-1-ol wirkt schon bei 60% effektiv bakterientötend.

Ethanol sollte zur Händedesinfektion mindestens 75%ig sein. Als seit Jahrtausenden in wesentlicher Konzentration in verschiedensten alkoholischen Getränken vorkommende Substanz ist es der „natürlichste“ Vertreter seiner Gruppe mit der vergleichsweise geringsten Toxizität.

Propan-2-ol ist aufgrund seiner schwachen Wirkung als Monowirkstoff ungeeignet. Auch sein häufiger Einsatz in diversen Kosmetika (insbesondere Rasierwasser und Hautreiniger) und sonstigen Drogerieartikeln (z.B. Lufterfrischern) sollte unter dem Aspekt der fraglichen Kanzerogenität und Neurotoxizität erneut kritisch überdacht werden. Betrachtet man die Geschichte der Händedesinfektion, liegt der Hauptgrund für den Einsatz anderer Alkohole als dem Ethanol vor allem in der Besteuerung desselben und dem daraus resultierenden Preisnachteil. Vom wissenschaftlichen Standpunkt kann jedoch ein auf Ethanol basiertes Händedesinfektionsmittel allen Anforderungen für die chirurgische Händedesinfektion gerecht werden.

Ein häufig von Anwendern genanntes Problem beim Einsatz alkoholischer Einreibepreparate ist ihre entfettende und austrocknende Wirkung auf die Haut. Dies kann beim Nutzer zu Schrunden- und Raghadenbildung der Haut und schließlich zur Irritationsdermatose führen. Eine angegriffene, trockene Haut wird zudem anfällig für die Besiedelung mit potentiell pathogenen Erregern (Lammers 1978, Forrester und Roth 1998). Gleichzeitig wird die Wirkung der Händedesinfektion eingeschränkt. Nicht zuletzt steigt das Risiko einer Infektion durch akzidentiellen Hautkontakt mit infektiösem Patientenmaterial und einer Allergie z.B. gegen Latex. Dasselbe Problem ist jedoch noch viel ausgeprägter beim Einsatz der Waschung beschrieben. In der Tat findet sich in der Literatur die einhellige Meinung, dass die Anwendung alkoholischer Händedesinfektionsmittel mit einer deutlich geringeren Hautschädigung verbunden ist als die von Seifen. Dies führte in verschiedenen Studien über einen besseren Hautzustand zu einer gesteigerten Akzeptanz und Häufigkeit der Anwendung der Mittel (Larson et al. 1986, Hartmann et al. 1994, Sauermann et al. 1995, Forrester und Roth 1998, Winnefeld et al. 2000, Harbath 2000, Grove et al. 2001, MacDermott 1999, Huynh und Commens 2002). Zudem lässt durch den Zusatz von Rückfettern, die der

Austrocknung entgegenwirken, sowohl die Verträglichkeit als auch die Compliance deutlich verbessern (Rotter et al. 1991).

Häufig werden in der Literatur die Bedeutung und Auswirkungen der chirurgischen und der hygienischen Händedesinfektion getrennt besprochen. Dabei gerät in Vergessenheit, dass beide durch einen wichtigen Faktor untrennbar miteinander verbunden sind: durch die Person, die sie ausführt. Dieselbe Person, die am Vormittag operiert, wechselt vielleicht am Nachmittag Verbände. Da die Compliance der hygienischen Händedesinfektion mehr noch als die der chirurgischen Händedesinfektion vom Zustand der Haut abhängt, ist die bestmögliche Schonung der Haut bei der präoperativen Händedesinfektion um so wichtiger.

Die hin und wieder in der angloamerikanischen Literatur als Hinderungsgrund für die Nutzung genannte leichte Brennbarkeit der alkoholischen Desinfektionsmittel ist für die Praxis irrelevant. Uns ist kein auf diese Weise entstandener Brand bekannt bzw. publiziert.

Einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf den Gebrauch eines Desinfektionsmittels kommt auch seinem Image beim Anwender zu. Dieses wird zum einen durch seine Eigenschaften, zum anderen durch Aufklärung und Werbung beeinflusst. Obwohl sich einige Mittel mittlerweile einen guten Ruf erkämpft haben, führt die Vielzahl der auf dem Markt angebotenen Produkte beim Verbraucher oft zur Unsicherheit über deren Wirksamkeit und optimalen Einsatz. Hierbei ist von Bedeutung, dass die Desinfektionsmittelflasche oft mehr oder weniger verdeckt im Wandspender untergebracht ist, so dass ein Ablesen der Produktbezeichnung, sicher aber der Zusammensetzung und Anwendungshinweise, oft schwierig ist. Ob lieblos auf vergilbtem Papier, mit Klebeband über den Spendern angebrachte photokopierte Benutzungsregeln, wesentlich zu Verbesserung der Compliance beitragen, sei dahingestellt. Hier ist ein wichtiger Ansatzpunkt für verstärkte Aufklärung durch die Hersteller und die Kliniken zu sehen (Pittet 2003).

Das beste Desinfektionsmittel kann nur wirken, wenn es ordnungsgemäß benutzt wird. Letztlich ist es der Anwender, der Arzt, die Schwester, jeder im klinischen Bereich Tätige, der durch sein Handeln die Qualität der Behandlung und den Standard der Hygiene bestimmt. Deshalb müssen alle Anstrengungen unternommen werden, um eine

größtmögliche Compliance mit Desinfektionsprotokollen zu gewährleisten. Hierzu gehören neben der schon besprochenen Ausbildung und Motivation sowie der Bereitstellung ausreichender zeitlicher Ressourcen der Einsatz möglichst untoxischer und hautschonender Mittel (Kinzl (AWMF) 2003). Jedes Händedesinfektionsmittel hat bei der in der klinischen Praxis nötigen Anwendungshäufigkeit einen Einfluss auf den Hautzustand. Trotzdem unterscheiden sich die verschiedenen Mittel deutlich in ihrem Schädigungspotential. Die gesunde Haut des Chirurgen ist nicht nur Grundlage seiner Compliance, sondern mit ihrer intakten Erregerbarriere und Standortflora Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche chirurgische Händedesinfektion. Verschiedene Studien haben immer wieder gezeigt, dass hautschonende Mittel zu einer deutlichen Verbesserung der Compliance führen können (Rotter et al. 1991, Sauer mann et al. 1995, Grove et al. 2001). Betrachtet man die Geschichte der Händedesinfektion, wurden nach anfänglichem Zögern aus dem Bewusstsein der Bedeutung der Keimarmut in der vorantibiotischen Ära schärfste Mittel und Methoden eingesetzt, diese zu erreichen. Erst allmählich setzten sich unter dem Eindruck der Belastung für das Personal schonendere Methoden durch. Es erscheint nicht zufällig, dass mit der Einführung der Antibiotika auch der Einsatz von antiseptischen Seifen und ähnlichen weniger effektiven Methoden beginnt. Nach mehr als einem halben Jahrhundert antibiotischer Therapie, sind wir in gewisser Weise wieder in einer ähnlichen Situation wie vor Einführung der Antibiotika. Der unkritische und übermäßige Einsatz der einstmals mächtigen Waffe hat zur pandemischen Verbreitung multiresistenter Stämme geführt, gegen die selbst modernste Substanzen zum Teil wirkungslos sind. Deshalb hat die Händedesinfektion heute die gleiche vitale Bedeutung zur Vermeidung von Infektionen wie vor 150 Jahren. Dieses muss im Bewusstsein des medizinischen Personals aller Ebenen sein und bleiben.



### **3.2 Schlussfolgerung**

Die Aseptik und mit ihr die Händedesinfektion ist Grundfeste der modernen Chirurgie und der invasiven Medizin im allgemeinen. Nachdem Untersuchungen immer wieder gezeigt haben, dass Gummihandschuhe keine sichere Keimbarriere darstellen, bleibt die chirurgische Händedesinfektion integraler Bestandteil der operativen Praxis.

Mehr als 150 Jahre Forschung und klinische Anwendung haben erwiesen, dass das Ideal der keimfreien Hand mit einem vernünftigen materiellen, personellen und zeitlichen Aufwand nicht zu erreichen und auch nicht notwendig ist. Das Ziel muss also sein nicht alle, jedoch möglichst alle pathogenen Erreger zu treffen. Dabei sollten Mittel und Methoden verwandt werden, die weder die Gesundheit der Operateure noch die Abläufe im OP und die Wundheilung beeinträchtigen.

Die vorliegenden Versuche zeigen, dass die Desinfektion der Hände mit besonderer Behandlung des Subungualraumes mittels der Bürste sowohl der ausschließlichen Alkoholanwendung („rub“) als auch der üblichen Praxis der Kombination von vorausgehender Waschung und Desinfektion in Hinsicht auf die Keimzahlverminderung überlegen ist. Dies deckt sich mit der Überlegung, dass die der besonders stark kolonisierte Unternagelraum besonderer Aufmerksamkeit bedarf.

Die Auswahl des geeigneten Händedesinfektionsmittels ergibt sich aufgrund toxikologischer, technischer, chemisch-physikalischer und finanzieller Überlegungen. Da nichtalkoholische Präparate mit großen Nachteilen hinsichtlich ihrer allergenen und irritativen Potenz, ihrer vergleichsweise schlechten Wirksamkeit bei möglicher Resistenzentwicklung und ihres hohen Preises behaftet sind, sind Alkohole (Haupt-) Wirkstoff als Mittel der Wahl zur Händedesinfektion.

Die geprüften Substanzen unterscheiden sich signifikant in ihrer antimikrobiellen Wirksamkeit, wobei Propan-1-ol und Ethanol Propan-2-ol deutlich überlegen sind.

Da die Hautirritation in direktem Zusammenhang mit der Alkoholkonzentration steht, sollte eine möglichst geringe Alkoholkonzentration bei guter Desinfektionswirkung angestrebt werden. Mit Propan-1-ol gelingt dies am besten. Auch Ethanol stellt eine geeignete Substanz dar. Die benötigte höhere Konzentration wird durch die geringere Toxizität ausgeglichen. Propan-2-ol erscheint zur chirurgischen Händedesinfektion hingegen weniger geeignet.

Die Effektivität der Händedesinfektion hängt jedoch nicht nur von den verwendeten Mitteln und Methoden ab. Die Ausbildung und Motivation der Mitarbeiter, die Verfügbarkeit der Mittel sowie die zeitlichen Ressourcen und funktionellen Abläufe im Operationssaal bestimmen die Qualität der Desinfektion wesentlich. Nur eine möglichst einfache, hautschonende und kurze Desinfektionsvorschrift wird auf Dauer befolgt werden. Als Schlussfolgerung aus der vorliegenden Studie lässt sich folgende Vorgehensweise für die chirurgische Händedesinfektion ableiten:

### **1. Betreten des OP-Bereichs mit sauberen Händen**

Vor dem Betreten der OP-seitigen Schleuse hygienische Händedesinfektion und kurze Händewaschung

Ziel: Reduktion der Transientflora, Verminderung der Sporenbelastung

### **2. Durchführung der OP mit keimarmen Händen**

Vor der Operation chirurgische Händedesinfektion mit alkoholischem Einreibepreparat (und Bürste bei hochseptischen Eingriffen) für 3 min, keine Waschung.

Ziel: weitgehende Eliminierung der Residentflora

### **3. Verlassen des OP mit sauberen Händen**

Nach der Operation hygienische Händedesinfektion und Waschung

Ziel: Verminderung eventuell aufgenommener Fremdkeime, der Standortflora und Verunreinigungen

### **4. Handpflege in den Pausen**

Aufbringen einer Handcreme zur Pflege und Regeneration der Haut.

## **4. Zusammenfassung und Abstract**

### **4.1 Zusammenfassung**

Ausgehend von der historischen Entwicklung der Händedesinfektion und der Händedesinfektionsmittelprüfung wurden drei Methoden der chirurgischen Händedesinfektion (waschen und desinfizieren, nur desinfizieren und desinfizieren und einbürsten des Desinfektionsmittels in den Nagelfalz) und drei Mittel (Ethanol 79%, Propan-1-ol 60%, Propan-2-ol 60%) untersucht. Es erfolgte eine Bestimmung der Keimzahlreduktion im Sofort- und Langzeitwert sowie eine Analyse des Handschuhsaftes. Zum Vergleich wurde die undesinfizierte Hand geprüft. Des Weiteren wurde das Vorkommen aerober Sporenbildner registriert und die Wirksamkeit der Waschung zur Sporenlastreduktion untersucht. In Vorversuchen wurden die Kolonisationsdichte auf dem Fingerendglied bestimmt, verschiedene nichtalkoholische Antiseptika charakterisiert und Faktoren, die mit der Händedesinfektion in Wechselwirken treten können, diskutiert.

Die reine Alkoholanwendung und die reine Alkoholanwendung mit Einbürsten zeigten sich als mindestens genauso effektiv wie die Standardmethode bzw. waren ihr teilweise signifikant überlegen. Für die Desinfektionsmittel ergab sich, dass das bei der geprüften Konzentration von 60Vol% gering wirksame Propan-2-ol, aber auch der in seiner Wirksamkeit mit Propan-1-ol vergleichbare 79%ige Ethanol durch die Auslassung der Waschung und dem Einbürsten besonders gewannen. Bei den desinfizierten Händen fanden sich häufiger Sporenbildner als bei den undesinfizierten Händen. Die Alkoholkonzentration im Handschuhsaft war nach Desinfektion und 3 h Tragen 12fach höher als bei der undesinfizierten Hand. Mit der Waschung ließ sich an der artifiziell kontaminierten Hand eine signifikante Sporenlastreduktion erzielen.

Als Resultat der Untersuchungen wird eine Veränderung der Standardmethode empfohlen. Waschung und Desinfektion sollten zeitlich und räumlich getrennt und bei hochseptischen Eingriffen das Desinfektionsmittel in die Nagelfalze eingebürstet werden. Auf diese Weise soll die sporenlastsenkende Wirkung der Waschung mit der verbesserten Keimreduktion der Desinfektion ohne unmittelbar vorher durchgeführte Waschung verbunden werden. Unter der Annahme der Störung der Integrität der Epidermis unter dem Okklusionseffekt des Handschuhes und der gefundenen Alkoholkonzentration wird auf die Bedeutung der sorgfältigen Trocknung der Hand nach der Desinfektion hingewiesen.

## 4.2 Abstract

**Objective:** This study was done to investigate new methods of pre-surgical hand disinfection with different alcoholic disinfectants. It is based on a review of the historical development of hand disinfection, test methods and antiseptics, combined with an evaluation of the influence on a successive disinfection by external factors.

**Method:** The number of CFUs of the dorsal, volar and distal aspect of the distal phalanx of the finger was determined by taking separate samples from each aspect.

Three different methods (standard method of surgical rubbing, pure disinfection and pure disinfection with additional brushing-in of the rub into the subungual space) were assessed with three disinfectants (ethanol 79% v/v , 60% v/v propan-1-ol, 60% v/v propan-2-ol ), measuring the CFU reduction instantly after disinfection and after 3 h by a method according to DIN prEN 12791. In addition, the number of CFUs in the glove juice was counted as well as the concentration of alcohol and side substances, using gas chromatography. Occurrence of spore-forming germs after disinfection was reviewed. The applied disinfectants along with the gloves were tested for selected alcohols and side substances, too. Finally, the possible reduction of spores by a social handwash and hygienical rub followed by a social handwash was examined.

**Results:** The number of CFUs of the subungual space was significantly higher than of other aspects. Sorting the methods by their CFU reduction scrubbing-in was superior to pure disinfection witch proved to be superior to the standard method. For the disinfectants propan-1-ol showed a better CFU reduction than ethanol witch was superior to propan-2-ol. Spore-forming germs were detected in averaged 50% of the hands. Evident alcohol concentrations were found in the glove juice. Gloves and rubs could be excluded as single sources of side substances.

**Conclusion:** Alcoholic hand disinfections have to be seen as best suited for pre-surgical hand disinfection. The extended surgical wash can be substituted by a simple social wash. Separating handwash and disinfection, an optimized CFU reduction with a good spore reduction is achievable. Scrubbing-in results in an optimized disinfection, witch offers a reduction of the alcohol concentration of the rub, further a lowered toxicity and in the end an improved compliance with hand hygiene.

## 5. Literaturverzeichnis

1. Ahlfeld F. Die Desinfection des Fingers und der Hand vor geburthülfflichen Untersuchungen und Eingriffen. *Dt med Ws* 1895;51:851-855.
2. Ahlfeld F. Einige Bemerkungen zu der vorstehenden Arbeit des Herren Dr. Leedham-Green. *Dt med Ws* 1896;23:361-362.
3. Ahlfeld F, Vahle F. Die Wirkung des Alkohols bei der geburthülfflichen Desinfection. *Dt med Ws* 1896;6:81-82.
4. Anonym. Kritiken und Referate: Georg Lewin: Die Behandlung der Syphilis mit subcutaner Sublimat - Injection Hirschwald 1869. *Berl klin W* 1870;13:161 - 162.
5. Antall J. Ignaz Semmelweis. In: vEngelhardt D, Hartmann F. *Klassiker der Medizin* 1. ed. München: C.H. Beck, 1991:196-202.
6. Auerhoff H. *Lehrbuch der pharmazeutischen Chemie*. 14. ed. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1999.
7. Ayliffe GAJ. Chirurgische Hände- und Hautdesinfektion. *Hyg Med* 1984; 9:423 - 426.
8. Beilfuß W, Bücklers L, Eigener U, Harke HP, Sturm U. Phenole. In: Kramer A, Weuffen W, Krasilnikow AP, Gröschel D, Bulka E, Rehn D. *Handbuch der Antiseptik Band II/3*. 1 ed. Berlin: Volk und Gesundheit, 1987:265 - 322.
9. Berger B. Medizinische Schutzhandschuhe - wie weit schützen sie, wie weit schaden sie? *Krh Hyg Inf verh* 1999;21(6):203-208.
10. Bethge JFJ, Rassfeld-Sternberg L. Zur Händeschnell-desinfektion. *Zbl Chir* 1956;38:2027 - 2035.
11. Bissett L. Can alcohol rubs increase compliance with hand hygiene? *Brit J Nurs* 2002;11(16):1072, 1074-1077.
12. Blanck IH. Penetration of low-molecular-weight Alcohols into Skin. *J Invest Derm* 1964;43:415-420.
13. Blech MF, Hartemann P, Paquin JL. Activity of Non Antiseptic Soaps and Ethanol for Hand Disinfection. *Zbl Bakt Hyg I. Abt Orig B* 1985;181:496 - 512.
14. Bock M, Wulfhorst B, Gabard B, Schwanitz HJ. Okklusionseffekt von Schutzhandschuhen. *Dermatol Beruf Umwelt* 2001;49:85-87.

15. Bode R. Darstellung der Desinfektionsmittelprüfungen in Deutschland. *Hyg Med* 1981;6.
16. Bodenschatz W, Kramer A, Liptay-Reuter I, Pelz V in : Bodenschatz W. *Handbuch für den Desinfektor*. 2. ed. Stuttgart, Jena, New York: Fischer , 1993.
17. Boll F. Zur Desinfection der Hände. *Dt med Ws* 1890;17:354-557.
18. Boyce GM, Pittet D. Guideline for Hand Hygiene in Health-Care Settings (Recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force). <http://www.apic.org> APIC, 2002.
19. Bryce EA, Spence D, Roberts FJ. . An in-use evaluation of an alcohol-based pre-surgical hand disinfectant. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2001;22(10):535 - 539.
20. Bumm R. Facts aus der Geschichte der Chirurgie und der Medizin. *Klinikmanual Chirurgie TU München (online ressource)*. <http://nt1.chir.med.tu-muenchen.de/manual/history.html>, 2002.
21. Celsus. De medicina V 26.23. 30 - 35 n. Chr. aus : Müri W, *Der Arzt im Altertum*: Heimeran 1979,:317-349.
22. Cohen B, Saiman L, Cimiotti J, Larson E. Factors associated with hand hygiene practices in two neonatal intensive care units. *Pediatr Infect Dis J* 2003;22(6):494-9.
23. Comba P, Belli S. Etiological epidemiology of tumors of the nasal cavities and the paranasal sinuses. *Ann Ist Super Sanita* 1992;28(1):121-132.
24. Dharan S, Hugonnet S, Sax H, Pittet D. Evaluation of Interference of a Hand Care Cream with Alcohol - based Hand Disinfection. *Dermatol Beruf Umwelt* 2001;49:81-84.
25. Dineen P. An evaluation of the duration of the surgical scrub. *SOG* 1969;129:1181-1184.
26. Dittrich M. Geschichte der Antiseptik. In: Weuffen W, Kramer A, Gröschel D, Berencsi G, Bulka E, *Handbuch der Antiseptik*. 1st ed. Berlin: Volk und Gesundheit, 1981:13-38.
27. Eisenmann. *Die Wund-Fieber und die Kindbett-Fieber*. Erlangen: Palm und Enke, 1837.

28. Eklund AM, Ojajarvi J, Laitinen K, Valtonen M, Werkkala KA. Glove punctures and postoperative skin flora of hands in cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2002;74:149 - 153.
29. Elkeles B: Robert Koch. In: vEngelhardt D, Hartmann F, *Klassiker der Medizin*. 1. ed. München C.H. Beck:, 1991:247-271.
30. Engst R. Dermatotherapie mit Ichtyol. 15. Kongreß «Hautpflege in jedem Lebensalter und dermatologische Therapie» 1999 in Davos. Vortrag vom 10. September 1999; Davos. Klinikzeitung Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie «am Biederstein» der Technischen Universität München. [www.derma-allergie.med.tu-muenchen.de](http://www.derma-allergie.med.tu-muenchen.de) (Online-ressource).
31. Forrester BG, Roth VS. Hand Dermatitis in Intensiv Care Units. *J Occupat Environ Med* 1998;40(10):881 - 885.
32. Fürbringer P. Zur Desinfection der Hände des Arztes. *Dt med Ws* 1888;48:985-987.
33. Fürbringer P. Die neuesten experimentellen Grundlagen der Händedesinfection. *Dt med Ws* 1895;3:39 - 40.
34. Fürbringer P. *Untersuchungen und Vorschriften über die Desinfection der Hände des Arztes; nebst Bemerkungen über den bacteriologischen Charakter des Nagelschmutzes* 1. ed. Wiesbaden: Bergmann, 1888.
35. Garre C. *Lehrbuch der Chirurgie* 14.,15. ed. Berlin: Springer, 1949.
36. Garre C, Borchard AF. *Lehrbuch der Chirurgie* 10.,11. ed. Berlin: Springer, 1941.
37. Garvey LH, Roed-Petersen J, Husum B,. Anaphylactic reactions in anaesthetised patients - four cases of chlorhexidine allergy. *Acta Anaesthes Scand* 2001;45:1290-94.
38. Goroncy-Bermes P. Untersuchung zum Einfluß der Hautpflege mit Esemtan-Körperlotion auf die Wirksamkeit der Händedesinfektion mit Desderman N. Norderstedt: Schülke & Mayr GmbH Abteilung Biologie, 1999:7.
39. Goroncy-Bermes P. Untersuchung zum Einfluß der Hautpflege mit Esemtan-Handemulsion auf die Wirksamkeit der Händedesinfektion mit Desmanol. Norderstedt: Schülke & Mayr GmbH Abteilung Biologie, 1999:7.
40. Goroncy-Bermes P. Untersuchung zum Einfluß der Hautpflege mit Esemtan-Handemulsion auf die Wirksamkeit der Händedesinfektion mit Desderman N. Norderstedt: Schülke & Mayr GmbH Abteilung Biologie, 1999:7.

41. Grove GL, Zerweck C, Heilman JM, Pyrek JD., Methods for evaluating changes in skin condition due to the effects of antimicrobial hand cleaners: two studies comparing a new waterless chlorhexidine gluconate/ethanol-emollient antiseptic preparation with a conventional water-applied product. *Am J Infect Control* 2001;29(6):361-369.
42. Györy T. *Semmelweis gesammelte Werke*. Jena: Fischer, 1905 (1967).
43. Halle W. Zytotoxizität von Antiseptika. In: Kramer A, Weuffen W, Krasilnikow AP, Gröschel D, Bulka E, Rehn D. *Handbuch der Antiseptik Band I/5*. 1. ed. Berlin: Volk und Gesundheit, 1985:99 - 108.
44. Hanawalt-Squires C, Anfinson TJ. Dependence, dementia, cerebellar dysfunction, and myopathy in association with chronic isopropanol ingestion. *Psychopharmacol Bull* 2002;46 - 54.
45. Harbath S. Handwashing - The Semmelweis Lesson Misunderstood? *Clin Infect Dis* 2000;30(6):990-991.
46. Hartmann SR, Pietsch H, Sauermann G, Neubert R. Untersuchungen zur Hautverträglichkeit von alkoholischen Händedesinfektionsmitteln. *Dermatosen* 1994;42(6):241 - 245.
47. Heeg P. Händedesinfektion und -pflege. *Hyg Med* 2000;Suppl 1:32.
48. Heeg P. Does hand care ruin hand disinfection? *J Hosp Infect* 2001;48 Suppl: 37-39.
49. Heeg P. Hautpflege und Händedesinfektion. In: Kampf G. *Hände-Hygiene im Gesundheitswesen*. 1. ed. Berlin, Heidelberg,: Springer, 2003:192-199.
50. Heeg P, Oßwald W, Schwenzer N. Wirksamkeitsvergleich von Desinfektionsverfahren zur Chirurgischen Händedesinfektion unter experimentellen und klinischen Bedingungen. *Hyg Med* 1986;11:107.
51. Heeg P, Rehn D, Bayer U. Alkohole. In: Kramer A, Weuffen W, Krasilnikow AP, Gröschel D, Bulka E, Rehn D. *Handbuch der Antiseptik*. 1. ed. Berlin: Volk und Gesundheit, 1987:215-245.
52. Heeg P, Ulmer R, Schwenzer N. Verbessern Händewaschen und Verwendung der Handbürste das Ergebnis der Chirurgischen Händedesinfektion? *Hyg Med* 1988;13:270-272.
53. Hellner H, Nissen R. *Lehrbuch der Chirurgie*. 4. ed. Stuttgart: Thieme, 1964.
54. Heudorf U, Hentschel W, Kutzke G, Pftzing H, Voigt K., Anforderungen der Hygiene beim Operieren - Richtlinie und Realität. *Gesundheitswes* 2003;64:312-320.



55. Hingst V, Juditzki I, Heeg P, Sonntag HG. Evaluation of the efficacy of surgical hand disinfection following a reduced application time of 3 instead of 5 min. *J Hosp Infect* 1992; 20:79-86.
56. Homer. *Ilias*. 800 v. Chr. aus: Donner, Berlin: Langenscheid 1920
57. Huynh NT, Commens C. Scrubbing for cutaneous procedures can be hazardous. *Australas J Dermatol* 2002;43(2):102-104.
58. Jamal A, Wilkinson S. The mechanical and microbiological integrity of surgical gloves. *ANZ J Surg* 2003;73(3):140-143.
59. Kalmår P, Meyer-Rohn J. Erfahrungen mit einem neuen Händedesinfektionsmittel. *Chirurg* 1968;38(5):231 - 236.
60. Kalmår P, Steinhagen RH. Chirurgische Händedesinfektion mit alkoholischen Einreibepreparaten - Eine Standortbestimmung. *Chirurg* 1984;55:280 - 287.
61. Kampf G, Kramer A. Epidemiologic background of hand hygiene and an evaluation of the most important agents for scrubs and rubs. *Clin Microb Ref* submitted.
62. Kappes UP, Goritz N, Wigger-Alberti W, Heinemann C. Tandem application of sodium lauryl sulfate and n-propanol does not lead to enhancement of cumulative skin irritation. *Acta Dermato-Venerol* 2001;81(6):403 - 405.
63. Kappstein I, Schulgen G, Waninger J, Daschner F. Mikrobiologische und ökonomische Untersuchungen über verkürzte Verfahren für die chirurgische Händedesinfektion. *Chirurg* 1993;64:400-405.
64. Kies JM, Clark T, Kozinn WP. Choice of hand hygiene methods in an intensive-care unit (ICU). *Papers Accepted for Presentation at the APIC 27<sup>th</sup> Annual Educational Conference and International Meeting Minneapolis, Minnesota June 18-22, 2000* <http://www.apic.org>; 2000
65. Kinzl L, Rudolph H, Sonntag HG, AWMF AK Händedesinfektion und Händehygiene. *Hyg Med* 2003;4(28):129-133.
66. Kjolen H, Andersen BM. Handwashing and disinfection of heavily contaminated hands-effective or ineffective? *J Hosp Infect* 1992; 21:61-71.
67. Koch R. Über Desinfection. *Mitt kaiserl Gesundheitsamt* 1881;1:234 - 282.
68. Koch R, Gaffky G, Loeffler F. Versuche über die Verwendbarkeit heißer Wasserdämpfe zu Desinfectionszwecken. *Mitt kaiserl Gesundheitsamt* 1881;1:322-340.

69. Koebing HM. Joseph Lister. In: vEngelhardt D, Hartmann F, *Klassiker der Medizin*. 1. ed. München: C.H.Beck, 1991:234 - 246.
70. Koele W. Händedesinfektion. In: Herberer G, Koele W, Tscherne H *Chirurgie : Lehrbuch fuer Studierende der Medizin und Aerzte*. 4. ed. Berlin: Springer, 1983
71. Kokko UP. Über die Bakterien tötende und ihr Wachstum hemmende Fähigkeit der einwertigen Alkohole. *Arch Hyg Berlin* 1939;122:44 - 56.
72. Kornfeld F. Zur Beurteilung moderner Desinfektionsmittel. *Alimenta* 1971;4:143 - 147.
73. Kramer A, Ròzsahegyi I, Weuffen W. Chronische Vergiftungen durch Antiseptika. In: Kramer A, Weuffen W, Krasilnikow AP, Gröschel D, Bulka E, Rehn D. *Handbuch der Antiseptik Band I/5*. 1. ed. Berlin: Volk und Gesundheit, 1985:211 - 261.
74. Kramer A, Mersch-Sundermann V, Gerdes H, Pitten FA, Tronnier H., Toxikologische Bewertung für die Händedesinfektion relevanter antimikrobieller Wirkstoffe. In: Kampf G. *Hände-Hygiene im Gesundheitswesen*. 1. ed. Berlin, Heidelberg,: Springer, 2003:105-174.
75. Kramer A, Pitten FA. Verträglichkeit von Händedesinfektionsmaßnahmen. *Hyg Med* 2002;27 Suppl 1:11.
76. Krasilnikow AP, Adartschenko AA. Resistenzentwicklung von Staph. aureus, Pseud. aeruginosa und Enterobacteriaceae spec. gegen Antiseptika. In: Kramer A, Weuffen W, Krasilnikow AP, Gröschel D, Bulka E, Rehn D. *Handbuch der Antiseptik*. 1. ed. Berlin: Volk und Gesundheit, 1987:123-140.
77. Kremer K. Händedesinfektion. In: Hellner H, Nissen R *Lehrbuch der Chirurgie*. Stuttgart: Thieme, 1967:153 - 154.
78. Kross G. Spezielle Toxikologie - Kohlenwasserstoffe. In: Marquart H, Schäfer SG, *Lehrbuch der Toxikologie*. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: BI Wissenschaftsverlag, 1994:393-398.
79. Kümmell H. Wie soll der Arzt seine Hände desinfizieren ? *Cbl Chir* 1886;17:289 - 295.
80. Kümmell H. Über Sublimatintoxikation bei Laparotomien. *Cbl Chir* 1886;22:378 - 381.
81. Küster E. Antisepsis. In: Eulenberg A. *Real-Encyclopädie der gesamten Heilkunde*. 3. ed. Wien u. Leipzig: Urban Schwarzenberg, 1894:701-720.

82. Laboratory Centre for Disease Control Health Canada. Infection Control Guidelines - Hand Washing, Cleaning, Disinfection and Sterilization in Health Care. *CCDR Supplement December 1998*; [http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgspsp/publicat/ccdr-rmtc/98vol24/\(24S8\)](http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgspsp/publicat/ccdr-rmtc/98vol24/(24S8)) ;1998
83. Lammers T. Zur Prüfung der Händedesinfektion. *Hyg Med* 1978;3:316-318.
84. Landsberg P. Zur Desinfection der menschlichen Haut, mit besonderer Berücksichtigung der Hände. *Vierteljahrsschr Dermatol Syph* 1888;Oktober - V:719 - 756.
85. Landsberg P. Zur Desinfection der Hände des Arztes. *Dt med Ws* 1889(2):37-39.
86. Larson EL, Leyden JJ, McGinley KJ, Grove GL, Talbot GH. Physiologic and Microbiologic Changes in skin related to frequent handwashing. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1986;7(2):59-63.
87. Larson EL, Aiello A, Heilman JM, Lyle CT, Cronquist A, Stahl JB, Della-Latta P., Comparison of different regimes for surgical hand preparation. *AORN J* 2001;73(2):412-14, 417-18,420.
88. LaVerne A. The Changing Practices of Hand Hygiene: Interventions that Work. *APIC NEWS* 2000:15-16.
89. Lebek G. Erworbene Resistenz durch den Erhalt spezifischer Plasmide. In: Kramer A, Weuffen W, Krasilnikow AP, Gröschel D, Bulka E, Rehn D. *Handbuch der Antiseptik Band I/2*. 1. ed. Berlin: Volk und Gesundheit, 1985:175-184.
90. Leedham-Green C. Versuche zur Spiritusdesinfection der Hände. *Dt med Ws* 1896;?:360-361.
91. Lexer E. *Lehrbuch der allgemeinen Chirurgie zum Gebrauch für Ärzte und Studierende*. 1. ed. Stuttgart: Enke, 1914.
92. Lilly HA, Lowbury EJL, Wilkins MD. Detergents compared with each other and with antiseptics as skin "degerming" agents. *J Hyg* 1979;82:89-93.
93. Lilly HA, Lowbury E, Wilkins MD,. Limits to progressive reduction of resident skin bacteria by disinfection. *J Clin Pathol* 1979;32:382-385.
94. Litsky BY, Litsky W. Lengthy surgical scrub may not be necessary for all O.R. personel, new study indicates. *Mod Hosp* 1972(October):120-122.

95. Lübke J, Ruffieux C, vanMelle G, Perrenoud D. Irritancy of the skin disinfectant n-propanol. *Contact Dermatitis* 2001;45:226-231.
96. MacDermott R. Dermatitis associated with frequent hand washing should have been mentioned. *BMJ* 1999;319:519.
97. Mani N. Mikroskopie im 17. Jahrhundert. In: Schott H. *Meilensteine der Medizin*. 1. ed. Dortmund: Harenberg, 1996:219 - 226.
98. Metzke H, Metzke S. *Lexikon der historischen Krankheitsbezeichnungen*. Neustadt/Aisch: Degener&Co, 1994.
99. Mose. Mose 3 - Levitikus 12 -15. In: Evangelische Haupt-Bibelgesellschaft zu Berlin und Altenberg *Die Biebel - die Gute Nachricht des Alten und Neuen Testaments*. 1. ed. Berlin, Altenburg: Evangelische Haupt-Bibelgesellschaft zu Berlin und Altenberg, 1983:100 - 104.
100. Mueller R. Bekämpfung nosokomialer Infektionen: Händedesinfektion. *Ms Kinderheilk* 1977;125:302-304.
101. Myklebust S. Comparative antibacterial effectiveness of seven hand antiseptics. *Scand J Dent Res* 1985;93(6):546-54.
102. Naumann P, Walz A. Zum gegenwärtigen Stand der chirurgischen Händedesinfektion. *Dt med Ws* 1960;85:1976 - 1984.
103. Niknam S. Das Risiko heißt Routine. *Heilberufe* 2003;10:54-55.
104. Normenausschuß Medizin im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. *Chemische Desinfektionmittel und Antiseptika : Chirurgische Händedesinfektion, Prüfverfahren und Anforderungen, Phase 2/Stufe 2 Deutsche Fassung prEN 12791 : 1997*: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1997.
105. CEN - Europäisches Komitee für Normung *Chemische Desinfektionmittel und Antiseptika : Hygienische Händedesinfektion, Prüfverfahren und Anforderungen, Phase 2/Stufe 2 Deutsche Fassung prEN 1500 : 1997*: CEN - Europäisches Komitee für Normung, 1997.
106. O'Farrell DA, Kenny G, O'Sullivan M, Nicholson P, Stephens M, Hone R. Evaluation of the optimal hand-scrub duration prior to total hip arthroplasty. *J Hosp Infect* 1994;26(2):93-98.

107. Ojajärvi J. An evaluation of antiseptics used for hand disinfection in wards. *J Hyg* 1976;76:75-82.
108. Ojajärvi J. Effectiveness of hand washing and disinfection methods in removing transient bacteria after patient nursing. *J Hyg* 1980;85:193-203.
109. Peetz W. Chlorhexidin-Resistenz bei Antibiotika-resistenten Bakterien entdeckt. *Hyg Med* 2003;1/2(28):9.
110. Perrenoud D, Gallezot D, Lübke J, Akapko C, Ruffieux C, vanMelle G, et al. Effect of a protective cream against skin irritation associated with hand hygiene practices. *Dermatol Beruf Umwelt* 2001;49:91-94.
111. Peschel O, Bauer MF, Gilg T, vMeyer L. Veränderung von Begleitstoffanalysen durch perkutane Resorption propanolhaltiger Antiseptika. *Blutalkohol* 1992;29:172-184.
112. Pitten FA, Rudolph P, Below H, Kramer A. Assessment of the activity of antiperspirants added to surgical hand disinfectants: methodological aspects and first observations. *J Hosp Infect* 2001;48:29 - 32.
113. Pitten FA Herdemann G, Kramer A. The integrity of latex gloves in clinical dental practice. *Infection* 2000;28(6):388-92.
114. Pitten FA Kramer A. Schutzhandschuhe im Gesundheitswesen. In: Kampf G, *Hände-Hygiene im Gesundheitswesen*. 1. ed. Berlin, Heidelberg,: Springer, 2003:201-220.
115. Pitten FA Müller P, Heeg P, Kramer A. The efficacy of repeated disinfection of disposable gloves after usage. *Zbl Hyg Umweltmed* 1999;201(6):555-562.
116. Pittet D. Compliance. In: Kampf G. *Hände-Hygiene im Gesundheitswesen*. 1. ed. Berlin, Heidelberg,: Springer, 2003:221-249.
117. Pittet D, Hugonnet S, Harbath S, Mourouga P, Sauvan V, Touveneau S, Perneger TV, members of the Infection Control Programme, Effectiveness of a hospital wide programme to improve compliance with hand hygiene. *Lancet* 2000;356:1307- 1311.
118. Pittet D, Harbath S. Ökonomische Betrachtungen zur Händehygiene. In: Kampf G. *Hände-Hygiene im Gesundheitswesen*. 1. ed. Berlin, Heidelberg,: Springer, 2003:251-259.
119. Porter R. *Die Kunst des Heilens*: Spektrum, 2000.
120. Reber H. Infektionshospitalismus. *Chirurg* 1967;38(4):154 - 159.

121. Rehork B, Rüden H. Untersuchungen zur chirurgischen Händedesinfektion. In: Häring R, *Infektionsverhütung in der Chirurgie*. Berlin: Blackwell Wissenschaft, 1991:65-74.
122. Rehork B, Rüden H. Investigations into the efficacy of different procedures for surgical hand disinfection between consecutive operations. *J Hosp Infect* 1991;19:115-127.
123. Reinicke EA. Bakteriologische Untersuchungen über die Desinfektion der Hände - Vortrag vom 15.10.1894. *Cbl Gyn* 1894;47:1189 - 1199.
124. Reinicke EA. Bakteriologische Untersuchungen über die Desinfektion des Fingers : Vortrag geh. in der Gesellschaft für Geburtshilfe zu Leipzig am 15. 10. 1894. *Cbl Chir* 1886;47:1189-1199.
125. Reinicke EA. Bakteriologische Untersuchungen über die Desinfektion der Hände. *Arch Gyn* 1895;1886:515558.
126. Richard C, Welbourn B. Alcohol hand rubs are better than soap and water. *BMJ* 1999;319(72):519.
127. Ring F. Militärmedizin. In: Mette A, Winter I. *Geschichte der Medizin*. Berlin Volk und Gesundheit, 1968:469 - 488.
128. Robert-Koch-Institut Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention. Händehygiene *Bundesgesundheitsblatt* 2000;43:230-233.
129. Römhild W, Krause D, Bartels H, Wittig H. Begleitstoffanalyse mittels "Headspace"-GC/MS. *Blutalkohol* 1998;35:10 - 18.
130. Rothsuh KE. Humoralpathologie - Qualitätenpathologie. In: Rothsuh KE, *Konzepte der Medizin*. 1. ed. Stuttgart: Hippokrates Verlag, 1978:185 - 223.
131. Rotter ML. Die Prüfung von Mitteln für die Chirurgische Händedesinfektion. Vergleich zweier Hexachlorophen-haltiger Mittel mit Äthylalkohol. *Zbl Hyg Mikrobiol Abt. Orig A* 1971;217:403 - 414.
132. Rotter ML. Arguments for alcoholic hand disinfection. *J Hosp Infect* 2001;48 Suppl A:S 4 - 8.
133. Rotter ML, Koller W, Neumann R. The influence of cosmetic additives on the acceptability of alcohol-based hand disinfectants. *J Hosp Infect* 1991;18(Suppl B):57 - 63.

134. Rotter ML, Simpson RA, Koller W. Surgical hand disinfection with alcohols at various concentrations: parallel experiments using the new proposed european standards method. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1998;19(10):778-781.
135. Rotter ML, Kundi M, Goroncy-Bermes P, Koller W, Kramer A, Ostermeyer C, Sonntag HG, Werner HP,. Chirurgische Händedesinfektion: Ergebnisse eines Ringversuches mit prEN 12791. *Hyg Med* 2000;Suppl 1:32.
136. Rudolf M, Kampf G. Wirkstoffe - Triclosan. In: Kampf G. *Hände-Hygiene im Gesundheitswesen*. 1. ed. Berlin, Heidelberg: Springer, 2003:95-99.
137. Rummel W. Desinfektionsmittel. In: Rummel W, Forth W, Henschler D, Rummel W, Starke K,. *Allgemeine und Spezielle Pharmakologie und Toxikologie*. 6. ed. Mannheim/Leipzig/Wien/Zürich: BI Wissenschaftsverlag, 1992:716-720.
138. S. G. Referate und Kritiken : P. Fürbringer : Untersuchungen und Vorschriften über die Desinfection der Hände des Arztes : nebst Bemerkungen über den Bacteriologischen Charakter des Nagelschmutzes. *Dt med Ws* 1887;47:1022.
139. Santella L. Handwashing, ORYX, and theFuture of Infection Control. *APIC NEWS* 2000:15.
140. Sauermann G, Proske O, Keyhani R, Lenevue MCh, Pietsch H, Rohde B. Hautverträglichkeit von Sterilium und Hibiscrub in einer klinischen Vergleichsstudie. *Hyg Med* 1995;20:184 - 189.
141. Scheuplein RJ. Mechanism of percutaneous absorption I. Routes of penetration and the influence of solubility. *J Invest Dermatol* 1965;45(5):334-346.
142. Scheuplein RJ. Mechanism of percutaneous absorption II. Transient diffusion and the relative importance of various routes of skin penetration. *J Invest Dermatol* 1965;48(1):79-88.
143. Scheuplein RJ, Blanck IH. Mechanism of percutaneous absorption IV. penetration of nonelectrolytes (alcohols) from aqueous solutions and from pure liquids. *J Invest Dermatol* 1973;60(5):287-296.
144. Schippergers H, Lindner F. Ein Jahrhundert Antisepsis und Asepsis. *Chirurg* 1967;4(38):149-153.
145. Schmeiß W, Süß W. Halogene. In: Kramer A, Weuffen W, Krasilnikow AP, Gröschel D, Bulka E, Rehn D. *Handbuch der Antiseptik Band III/3*. 1. ed. Berlin: Volk und Gesundheit, 1987:179 - 202.

146. Schmidt B. Die bakteriologische Prüfung und Begutachtung chemischer Desinfektionsmittel. *Dt Apoth Zt* 1958;93(43):1089 - 1093.
147. Schmitt W. *Allgemeine Chirurgie : theoretische Grundlagen der operativen Medizin*. 8. ed. Leipzig: Barth, 1977.
148. Schmitt W. *Allgemeine Chirurgie : ein Lehrbuch fuer Studierende und Aerzte*. Leipzig: J.A.Barth, 1955.
149. Schrader G, Herber J. Keimnachweis aus tieferen Schichten der menschlichen Haut nach Desinfektionsmitteleinwirkung. *11. Symposium der Österreichischen Gesellschaft für Hygiene, Mikrobiologie und Preventivmedizin* 1992:74-76.
150. Schulz-Stübner S HT. Pilotstudie zur Analyse psychologischer Widerstände in der Krankenhaushygiene. *Hyg Med* 2003;1/2 2003:13-16.
151. Schütz M. Krankheit und Heilkunde in den Urgesellschaften. In: Schott H, Müller IW, Roelcke V, Wolf-Braun B, H. S, *Die Chronik der Medizin*. Dortmund: Chronik Verlag, 1993:10 - 15.
152. Sidhu MS, Langsrud S, Holck A,. Disinfectant and antibiotic resistance of lactic acid bacteria isolated from the food industry. *Micob Drug Resist* 2001;7(1):73-83.
153. Sonntag HG. Eine unverantwortliche Fehlinterpretation - Stellungnahme zur Flächendesinfektion im Krankenhaus. *Krh Hyg Inf verh* 2003;24(6):263 - 264.
154. Steinhagen RH. Entwicklungsstadien der Händedesinfektion. *INA* 1977;7:55 - 61.
155. Toellner R. *Illustrierte Geschichte der Medizin*. Salzburg: Andreas & Andreas, 1990.
156. Trick WE, Vernon MO, Hayes RA, Nathan C, Rice TW, Peterson BJ, Segreti J, Welbel SF, Solomon SL, Weinstein RA. Impact of Ring Wearing on Hand Contamination and Comparison of Hand hygiene Aspects in a Hospital. *Clin Infect Dis* 2003;36:1383-1390.
157. Tutzke D. Hygiene und Mikrobiologie. In: Mette A, Winter I. *Geschichte der Medizin*. Berlin: Volk und Wissen, 1968:431 - 469.
158. vBruchhausen F, Blaschek W, Hager HHJ. Stoffe A-K. In: vBruchhausen F *Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis*. 5. ed. Berlin: Springer, 1999:863 - 865, 570-573.



159. vBruchhausen F, Blaschek W, Hager HHJ. Stoffe L-Z. In: vBruchhausen F, *Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis*. 5 ed. Berlin: Springer, 1999:471 - 472, 1022.
160. vBruns V. Fort mit dem Spray! *Berl Klin Wschr* 1880;43:609-611.
161. von Bardeleben. Über die äußere Anwendung der Carbolsäure. *Berl klin W* 1870;8:89 - 91.
162. vSiebold AE. *Lehrbuch der theoretisch - praktischen Entbindungskunde zu seinen Vorlesungen für Aerzte, Wundaerzte und Geburtshelfer*. 2. ed. Nürnberg: Johann Leonhard Schrag, 1810.
163. vThriel C, Kiesswetter E, Blaszkewicz M, Golka K, Seeber A,. Neurobehavioral effects during experimental exposure to 1-octanol and isopropanol. *Scand J Work Environ Health* 2003;29(2):143-51.
164. Weber LW, Sato N, Zimmermann C, Fliedner TM,. Untersuchung zur Dichtigkeit von medizinischen Schutzhandschuhen nach Gebrauch am Patienten bzw. im Labor. *Krh Hyg Infverh* 1997;19(2):52-59.
165. Wheelock SM, Lookinland S. Effect of Surgical Hand Scrub time on subsequent bacterial growth. *AORN J* 1997;65(6):1087-1092.
166. Willemsen R, Breynaert J, Lauwers S. Der Einfluß der Alkoholesinfektion von Nagelproben im Labor. *Mycoses* 1999;42:645-447.
167. Winnefeld M, Richard MA, Drancourt M, Grob JJ. Skin tolerance and effectiveness of two hand decontamination procedures in everyday hospital use. *Brit J Dermatol* 2000;143:546-550.
168. Wittigmann S, Gilg T, Dietz HG, Grantzow R, Peschel O, vMeyer L. Isopropanol and acetone level in serum after preoperative surface disinfection with antiseptics containing isopropanol. *Blutalkohol* 1992;29(5):326-35.
169. Zöllner H, Giebelmann R, Kramer A,. Zum 450. Todestag von Girolamo Fracastoro - dem Begründer der Mikrobentheorie. *Hyg Med* 2003;1/2 2003:25-27.
170. Zweifel P. Die Desinfektionsvorschriften in den neuesten deutschen Hebammenlehrbüchern. *Cbl Gyn* 894;47:1086-1089.

## **6. Anhang**

**Vorwerte, Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, Keimzahl im Handschuhsaft für Ethanol und Verfahren 2**

<b>Proband</b>	<b>Hand</b>	<b>Vorwert</b>	<b>Sofortwert</b>	<b>Langzeitwert</b>	<b>Handshuhsaft</b>
1	r	3,11		-0,30	1,00
	l	3,01	0,45		
2	r	3,40	-0,29		
	l	3,44		-0,74	1,60
3	r	2,93		0,49	1,00
	l	3,11	2,63		
4	r	2,56	0,59		
	l	3,33		1,58	2,53
5	r	4,02		1,70	1,78
	l	3,35	2,31		
6	r	2,85	-0,89		
	l	2,99		1,35	1,30
7	r	3,03		1,31	2,83
	l	3,52	1,06		
8	r	3,66	2,15		
	l	4,35		2,12	2,85
9	r	2,44		1,54	1,74
	l	2,94	1,71		
10	r	4,79	2,12		
	l	4,88		2,73	2,49
11	r	3,88		1,91	0,66
	l	3,93	2,93		
12	r	2,97	2,67		
	l	3,19		1,83	0,74
13	r	3,83		2,83	0,78
	l	4,13	3,13		
14	r	3,92	3,32		
	l	4,40		3,45	0,56
15	r	3,28		1,00	
	l	4,17	3,47		
16	r	3,75	1,77		
	l	4,22		0,53	1,36
17	r	3,53		1,18	2,70
	l	4,23	1,58		
18	r	2,10	1,24		
	l	3,19		0,29	2,66
19	r	2,73		-0,89	
	l	4,43	1,14		
20	r	5,01	2,18		
	l	5,24		3,04	2,80

**Vorwerte, Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, Keimzahl im Handschuhsaft für Ethanol und Verfahren 1**

<b>Proband</b>	<b>Hand</b>	<b>Vorwert</b>	<b>Sofortwert</b>	<b>Langzeitwert</b>	<b>Handshuhsaft</b>
1	r	4,94		2,11	0,70
	l	4,64	0,46		
2	r	1,78	0,24		
	l	1,95		-1,51	1,30
3	r	3,87		0,77	0,30
	l	3,63	0,95		
4	r	4,04	2,34		
	l	4,16		0,93	1,18
5	r	3,18		-0,78	1,20
	l	2,51	0,73		
6	r	3,93	0,97		
	l	3,85		1,17	1,18
7	r	4,37		2,19	0,60
	l	4,14	3,06		
8	r	3,74	2,06		
	l	3,92		1,81	1,18
9	r	2,22		0,82	1,30
	l	2,62	1,58		
10	r	2,90	2,60		
	l	2,88		0,84	2,19
11	r	3,82		2,22	0,60
	l	3,80	2,80		
12	r	3,40	1,75		
	l	3,26		1,08	1,54
13	r	2,88		1,48	0,44
	l	3,03	0,70		
14	r	4,60	1,22		
	l	4,36		1,87	0,26
15	r	5,15		3,07	1,27
	l	5,44	1,77		
16	r	4,53	3,53		
	l	4,56		3,36	-0,04
17	r	4,65		1,63	1,00
	l	4,65	1,22		
18	r	3,15	1,74		
	l	3,16		1,25	1,00
19	r	1,70		-1,42	1,00
	l	2,57	-0,47		
20	r	2,88	0,31		
	l	3,21		1,51	1,00

**Vorwerte, Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, Keimzahl im Handschuhsaft für Ethanol und Verfahren 3**

<b>Proband</b>	<b>Hand</b>	<b>Vorwert</b>	<b>Sofortwert</b>	<b>Langzeitwert</b>	<b>Handshuhsaft</b>
1	r	1,91		0,65	1,15
	l	1,85	-0,13		
2	r	3,34	1,89		
	l	3,81		1,49	1,00
3	r	4,29		2,47	1,78
	l	4,14	4,14		
4	r	4,72	3,02		
	l	4,03		1,69	2,44
5	r	3,19		2,71	2,91
	l	3,38	2,38		
6	r	3,91	3,04		
	l	3,70		1,84	1,00
7	r	4,88		2,23	1,89
	l	3,99	1,82		
8	r	3,32	2,42		
	l	3,32		0,65	0,95
9	r	1,90		1,60	0,60
	l	4,48	3,37		
10	r	4,54	-0,05		
	l	5,26		2,00	1,08
11	r	5,20		1,87	0,00
	l	5,65	3,94		
12	r	2,78	2,78		
	l	2,43		1,65	0,60
13	r	3,08		-0,30	1,09
	l	3,85	3,37		
14	r	5,18	3,17		
	l	4,91		1,59	0,30
15	r	4,32		2,22	
	l	3,36	2,66		
16	r	3,28	2,28		
	l	2,80		0,15	1,00
17	r	2,59		0,73	2,97
	l	3,31	3,31		
18	r	5,33	2,25		
	l	5,33		2,73	0,80
19	r	3,06		2,36	
	l	2,59	1,89		
20	r	4,56	2,79		
	l	5,32		2,02	

**Vorwerte, Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, Keimzahl im Handschuhsaft für Propan-1-ol und Verfahren 2**

<b>Proband</b>	<b>Hand</b>	<b>Vorwert</b>	<b>Sofortwert</b>	<b>Langzeitwert</b>	<b>Handschuhsaft</b>
1	r	3,91		2,20	2,30
	l	3,03	-0,17		
2	r	5,53	2,78		
	l	4,27		1,74	1,40
3	r	4,42		2,88	1,74
	l	5,08	3,46		
4	r	5,63	3,26		
	l	5,47		3,56	1,48
5	r	4,27		2,08	1,48
	l	3,15	1,89		
6	r	2,06	0,91		
	l	2,76		0,36	1,00
7	r	2,99		0,36	1,60
	l	2,20	1,00		
8	r	3,76	2,18		
	l	3,71		1,67	2,78
9	r	4,09		1,17	2,52
	l	4,09	2,44		
10	r	4,72	0,37		
	l	5,43		2,45	2,29
11	r	3,93		0,39	2,33
	l	4,01	1,69		
12	r	4,29	2,30		
	l	4,62		0,66	2,10
13	r	2,45		0,85	0,48
	l	2,08	1,04		
14	r	4,72	1,98		
	l	4,06		0,37	2,89
15	r	3,65		0,81	2,20
	l	3,38	0,55		
16	r	4,43	4,43		
	l	3,97		2,76	0,30
17	r	3,84		0,65	1,00
	l	4,45	4,45		
18	r	2,70	2,57		
	l	2,72		1,08	1,00
19	r	4,05		2,81	0,26
	l	4,15	3,67		
20	r	1,30	1,30		
	l	1,96		0,96	0,00

**Vorwerte, Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, Keimzahl im Handschuhsaft für Propan-1-ol und Verfahren 1**

<b>Proband</b>	<b>Hand</b>	<b>Vorwert</b>	<b>Sofortwert</b>	<b>Langzeitwert</b>	<b>Handschuhsaft</b>
1	r	3,37		0,07	3,07
	l	3,23	1,23		
2	r	4,94	1,27		
	l	4,27		1,08	1,15
3	r	2,56		0,60	1,68
	l	2,99	1,51		
4	r	3,98	0,33		
	l	3,94		1,54	1,78
5	r	3,38		2,34	1,00
	l	3,91	2,61		
6	r	3,83	2,32		
	l	3,87		1,78	0,78
7	r	4,69		1,81	1,51
	l	4,05	2,24		
8	r	3,20	-0,06		
	l	3,96		-0,36	1,15
9	r	3,31		0,78	1,83
	l	3,26	1,25		
10	r	5,41	3,24		
	l	5,56		3,41	0,60
11	r	4,14		1,63	0,30
	l	3,81	2,96		
12	r	4,51	3,28		
	l	4,13		2,23	1,38
13	r	3,62		3,62	1,00
	l	4,44	3,14		
14	r	4,30	2,25		
	l	3,56		2,30	1,00
15	r	3,79		2,79	0,61
	l	4,11	4,11		
16	r	4,80	1,97		
	l	3,90		1,79	0,78
17	r	4,02		1,01	2,56
	l	4,17	3,17		
18	r	3,89	1,24		
	l	4,16		2,07	
19	r	2,20		-0,86	
	l	1,26	0,96		
20	r	3,97	0,99		
	l	4,55		1,26	

**Vorwerte, Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, Keimzahl im Handschuhsaft für Propan-1-ol und Verfahren 3**

<b>Proband</b>	<b>Hand</b>	<b>Vorwert</b>	<b>Sofortwert</b>	<b>Langzeitwert</b>	<b>Handschuhsaft</b>
1	r	3,60		1,82	1,67
	l	3,41	1,87		
2	r	2,84	1,84		
	l	2,88		1,98	1,00
3	r	4,73		2,32	0,48
	l	2,75	-0,04		
4	r	5,18	2,84		
	l	4,37		0,37	1,18
5	r	1,98		-0,50	0,95
	l	2,26	0,96		
6	r	4,75	3,31		
	l	4,87		3,38	1,00
7	r	3,65		0,92	1,69
	l	3,41	1,93		
8	r	5,53	3,88		
	l	5,54		3,11	1,30
9	r	2,81		1,33	0,66
	l	2,04	0,81		
10	r	2,47	1,52		
	l	3,80		2,44	0,30
11	r	3,92		0,86	2,42
	l	4,10	3,66		
12	r	4,39	2,69		
	l	4,09		2,12	1,00
13	r	4,06		3,58	0,86
	l	3,46	2,46		
14	r	4,11	3,11		
	l	4,10		1,30	1,00
15	r	3,56		1,13	0,66
	l	4,76	3,40		
16	r	2,10	1,10		
	l	1,56		0,78	0,66
17	r	1,96		-0,50	0,60
	l	3,03	2,59		
18	r	3,29	2,81		
	l	3,82		1,97	1,00
19	r	3,38		3,08	1,00
	l	3,91	2,95		
20	r	4,45	4,15		
	l	3,48		1,76	0,30



**Vorwerte, Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, Keimzahl im Handschuhsaft für Propan-2-ol und Verfahren 2**

<b>Proband</b>	<b>Hand</b>	<b>Vorwert</b>	<b>Sofortwert</b>	<b>Langzeitwert</b>	<b>Handschuhsaft</b>
1	r	3,74		0,55	2,08
	l	3,71	0,13		
2	r	3,30	0,41		
	l	2,95		-0,15	1,12
3	r	3,43		-0,77	0,90
	l	3,18	-0,40		
4	r	2,50	0,25		
	l	3,09		-1,16	0,48
5	r	3,78		1,10	0,78
	l	4,19	1,36		
6	r	2,49	0,71		
	l	2,55		0,97	1,00
7	r	4,41		0,62	0,70
	l	5,37	0,66		
8	r	3,88	0,57		
	l	4,63		1,73	1,52
9	r	1,18		-2,02	0,78
	l	1,65	0,11		
10	r	3,78	-0,64		
	l	4,76		1,02	0,96
11	r	4,45		0,15	2,32
	l	4,64	0,42		
12	r	2,95	1,17		
	l	3,17		0,64	0,98
13	r	3,88		2,36	0,60
	l	4,18	2,13		
14	r	4,68	0,80		
	l	4,02		-0,05	2,59
15	r	4,86		0,62	2,85
	l	5,29	0,85		
16	r	2,51	-0,05		
	l	3,04		0,55	2,51
17	r	3,95		1,11	1,30
	l	3,95	0,70		
18	r	4,01	0,88		
	l	3,65		0,65	1,46
19	r	2,85		0,80	0,60
	l	2,86	1,00		
20	r	3,70	0,39		
	l	3,20		-0,72	1,26

**Vorwerte, Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, Keimzahl im Handschuhsaft für Propan-2-ol und Verfahren 1**

<b>Proband</b>	<b>Hand</b>	<b>Vorwert</b>	<b>Sofortwert</b>	<b>Langzeitwert</b>	<b>Handschuhsaft</b>
1	r	3,02		-1,04	1,26
	l	3,56	1,15		
2	r	2,86	-0,49		
	l	2,39		-0,69	0,48
3	r	1,78		-1,26	0,85
	l	2,67	0,21		
4	r	3,53	-0,70		
	l	3,86		-0,92	1,73
5	r	4,10		1,78	1,60
	l	4,30	0,65		
6	r	3,39	0,61		
	l	4,67		1,10	0,90
7	r	3,04		-0,28	2,00
	l	2,76	-0,52		
8	r	4,32	0,19		
	l	4,21		-0,34	2,00
9	r	5,11		0,04	2,00
	l	4,75	0,04		
10	r	5,19	1,18		
	l	5,32		0,70	2,94
11	r	4,37		0,61	1,15
	l	4,72	1,43		
12	r	2,86	0,94		
	l	3,81		-0,24	1,45
13	r	3,65		1,51	0,30
	l	4,19	0,82		
14	r	4,11	1,23		
	l	3,70		-0,12	1,04
15	r	4,23		-0,07	3,13
	l	3,92	0,32		
16	r	4,59	0,84		
	l	4,93		0,74	0,70
17	r	4,60		0,14	1,44
	l	4,30	-0,13		
18	r	3,53	0,75		
	l	3,63		0,76	1,70
19	r	3,30		-0,08	0,94
	l	2,80	0,49		
20	r	3,93	0,37		
	l	4,48		-0,39	2,21

**Vorwerte, Reduktionsfaktoren im Sofort- und Langzeitwert, Keimzahl im Handschuhsaft für Propan-2-ol und Verfahren 3**

<b>Proband</b>	<b>Hand</b>	<b>Vorwert</b>	<b>Sofortwert</b>	<b>Langzeitwert</b>	<b>Handschuhsaft</b>
1	r	2,42		-0,28	1,00
	l	2,85	1,91		
2	r	3,67	0,24		
	l	3,74		-0,36	1,07
3	r	4,98		1,67	2,55
	l	4,78	1,59		
4	r	4,22	1,99		
	l	4,81		0,82	0,78
5	r	3,15		0,92	0,78
	l	3,22	1,68		
6	r	4,37	0,58		
	l	4,61		0,89	2,47
7	r	5,08		1,88	0,90
	l	4,48	1,79		
8	r	3,09	2,19		
	l	3,38		1,23	0,60
9	r	3,45		-0,28	2,11
	l	3,11	0,76		
10	r	2,45	-0,16		
	l	2,51		-0,06	1,30
11	r	4,12		1,80	0,70
	l	2,79	0,12		
12	r	2,84	0,71		
	l	2,60		0,76	0,30
13	r	2,27		-1,51	1,81
	l	3,27	0,89		
14	r	3,85	0,79		
	l	4,01		0,10	2,55
15	r	3,93		0,09	-0,34
	l	3,77	1,56		
16	r	2,51	1,77		
	l	3,33		0,26	2,00
17	r	3,68		1,74	2,06
	l	3,43	1,01		
18	r	2,97	1,89		
	l	3,27		0,25	1,65
19	r	2,42		1,82	1,00
	l	2,81	1,81		
20	r	4,45	0,99		
	l	5,04		2,25	0,78

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig 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.

Nils-Olaf Hübner

Greifswald den

## **Lebenslauf**

### **Persönliche Daten**

Name: Nils-Olaf Hübner  
Wohnort: Walther-Rathenaustraße 52  
D-17489 Greifswald  
Geburtsdatum: 26.08.1977  
Geburtsort: Greifswald  
Familienstand: ledig, keine Kinder

### **Schulbildung**

Juni 1996 Abitur

### **Berufsausbildung**

September 1996 – Juni 1997 Wehrdienst  
Seit Oktober 1997 Studium der Humanmedizin an der  
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

## **Danksagung**

Mein hervorragender Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. habil. A. Kramer für die freundliche Überlassung des Themas, seinen kompetenten Rat und die sehr gute Betreuung. Ebenso möchte ich Herrn Dr. rer. nat. H. Below für seine fachliche Unterstützung und Hinweise bei der chemischen Analyse der Proben sowie der Interpretation der Analysenergebnisse danken. Herrn Dr. med. habil. F.-A. Pitten und Herrn Dr. med. P. Rudolph danke ich für die Vermittlung der Kontakte zu den Firmen Lysoform und Regent Medical, deren materielle und finanzielle Unterstützung diese Arbeit möglich machten.

Ich danke Frau Lindstedt und den Mitarbeiterinnen des Krankenhaushygienischen-Labors ebenso wie Frau Bildat aus dem Chemischen Labor, die mir mit großer Geduld bei der Aufarbeitung der Proben zur Seite standen. Genauso danke ich allen Probanden, ohne deren Hilfe und Einsatz diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Frau Claudia Philipp danke ich für die Hilfe bei der Erstellung und Durchsicht des Manuskripts sowie für das mir entgegengebrachte Verständnis und die Motivation.

## **Thesen**

Zur Dissertation: Experimentelle Untersuchungen zur Verbesserung der chirurgischen Händedesinfektion

### **Einleitung und Problemstellung**

1. Seit der Einführung der wissenschaftlich begründeten Händedesinfektion sind eine Vielzahl von Desinfektionsmitteln, Desinfektionsprotokollen und Methoden zur Prüfung von Händedesinfektionsmitteln entwickelt und auf ihre Effektivität geprüft worden.
2. Für die Europäische Union wurde 1997 für den Bereich der Chirurgischen Händedesinfektion ein europaweiter Standard zur Prüfung von Händedesinfektionsmitteln erstellt. Auf internationaler Ebene gibt es bisher keinen vergleichbaren Standard.
3. Die in deutschsprachigen und in englischsprachigen Ländern bevorzugt eingesetzten Händedesinfektionsmittel unterscheiden sich stark. Während in anglo-amerikanischen Ländern antimikrobielle Waschpräparate („scrubs“) dominieren, werden in den deutschsprachigen Ländern und Frankreich fast ausschließlich alkoholische Einreibepreparate („rubs“) eingesetzt. Letztere sind durch höhere Wirksamkeit und bessere Verträglichkeit gekennzeichnet.
4. In den letzten Jahren haben verschiedene Untersuchungen gezeigt, dass die Desinfektionszeiten deutlich verkürzt werden können (auf 3 min).
5. Das Robert Koch-Institut empfiehlt das Einbürsten des Desinfektionsmittels in den Nagelfalz für Operationen, bei denen besondere Keimarmut erforderlich ist.

## **Geschichte der Händedesinfektion und Desinfektionsmittelprüfung**

1. Der Mensch ist einer Vielzahl äußerer Schädlichkeiten ausgesetzt, die zu Verletzungen seiner körperlichen Integrität führen können. Schon in der Urgesellschaft finden sich als Ausdruck des Sozialverhaltens des Menschen Formen der Wundversorgung und Behandlung und der Betreuung des Verletzten. Erste Vorstellungen über Wundinfektionen entstanden im antiken Griechenland. Spätantike Vorstellungen über die antiken Krankheitsmodelle blieben bis zur Renaissance prägend für die Wundbehandlung in Europa. Erst mit der Renaissance, der beginnenden Aufklärung und den Fortschritten in der Technik kamen Kräfte zum Tragen, die eine schonende und infektionsverhütende Wundbehandlung allgemein durchsetzten.
2. In der Mitte des 19. Jahrhunderts erkannten verschiedene Forscher parallel und unabhängig voneinander die infektiöse Natur der Wundeiterung und Wege zu ihrer Vermeidung.
3. Ab den neunziger Jahren des 19. Jahrhunderts wurde (Ethyl)-Alkohol zunehmend zur chirurgischen Händedesinfektion eingesetzt. Wichtigste Methoden waren die Ahlfeldsche und die Fürbringersche Desinfektionsmethode. Gleichzeitig verdrängt die Thermosterilisation chemische Sterilisationsmethoden zur Instrumentensterilisation.
4. In den fünfziger Jahren des 20. Jahrhunderts wurden die alkoholischen Mittel um antiseptische Seifen ergänzt, was zu einem explosionsartigen Anstieg der von der Industrie gelieferten Mittel führte. Genormte einheitliche Prüfverfahren fehlten jedoch. Neunzehnhundertachtundfünfzig veröffentlichte die DGHM erstmals ihre „Richtlinien für die Prüfung chemischer Desinfektionsmittel“, die den direkten Vergleich verschiedener Präparate ermöglichte. Die Entwicklung der Desinfektionsmittelprüfung ist eng mit der Entwicklung der Händedesinfektion verbunden. Erst effektive, reproduzier- und standardisierbare



Methoden haben die Entwicklung sicher wirksamer Mittel und Verfahren ermöglicht.

### **Eigene Untersuchungen und Ergebnisse**

1. Die Keimdicke im Subungualraum der „Tageshand“ ist signifikant höher als die der sonstigen Haut an der Hand.
2. 79% Ethanol und 60%iges Propan-1-ol sind 60%igem Propan-2-ol in seiner Desinfektionswirkung im Sofort- und Langzeitwert sowie im Handschuhsaft überlegen.
3. Die Waschung, stellt eine effiziente Methode zur Entfernung locker anhaftender Sporen und anderer Partikel dar. Sie vermindert jedoch, direkt vor der Desinfektion durchgeführt, deren Effektivität.
4. Durch das Einbürsten des Desinfektionsmittels in den Subungualraum lässt sich unabhängig vom verwendeten Desinfektionsmittel eine verbesserte Keimverminderung erzielen. Die schwächer wirksamen Alkohole profitieren deutlich stärker von dieser Wirkungsverstärkung.
5. Durch Waschung, Desinfektion und Okklusionseffekte im Handschuh kommt es zur Freisetzung von Sporen und Bakterien aus tieferen Hautschichten an die Hautoberfläche und in den Handschuhsaft.
6. Im Handschuhsaft der desinfizierten Hand lassen sich Alkoholreste in Konzentrationen nachweisen, die zu einer Störung der Mikroarchitektur der Hornschicht und der Integrität des Handschuhes führen können.
7. Die verwendeten Händedesinfektionsmittel und Handschuhe sind nicht die alleinige Quelle für die im Handschuhsaft gefundenen Alkohole und Begleitstoffe. Zusätzlich ist von einem Austausch zwischen Hautoberfläche und

Körperinnerem auszugehen, der es Stoffen ermöglicht, aus dem Körper in den Handschuhsaft zu diffundieren.

## **Diskussion und Schlussfolgerung**

1. Die chirurgische Händedesinfektion mit Desinfektionsmitteln auf alkoholischer Basis stellt eine effektive Methode zur Keimzahlverminderung dar.
2. Der Erfolg der chirurgischen Händedesinfektion wird von Faktoren bestimmt, die durch die Klinik, den Anwender, das Mittel und die Methode determiniert werden.
3. Nur einfache, logische und hautschonende Desinfektionsvorschriften werden auf die Dauer befolgt werden.
4. Die räumliche und zeitliche Trennung von Waschung und Desinfektion verbessert Hautfreundlichkeit und Desinfektionsleistung. Sie vermindert den Eintrag von Keimen der Stationsflora in den OP-Bereich und senkt das Risiko von Allergien und Handschuhperforationen.
5. Von der Desinfektion stammende Alkoholreste können die Integrität der Haut und des Handschuhes beeinträchtigen. Um eine möglichst geringe Alkoholkonzentration im Handschuh zu erzielen, sollte eine Mindesttrocknungszeit von 1 min nach Desinfektion eingehalten werden, da auch die als trocken empfundene Haut noch Desinfektionsmittelreste freisetzt.
6. Durch das Einbürsten des Desinfektionsmittels in den Nagelfalz lässt sich eine Verbesserung der Desinfektionsleistung erzielen, die es ermöglicht, die Alkoholkonzentration im Desinfektionsmittel zu vermindern und so seine toxischen und irritativen Nebenwirkungen zu reduzieren.

7. Bisher wird bei der Testung von Händedesinfektionsmitteln nicht zwischen Sporenbildnern und Nichtsporenbildnern unterschieden. Da sich Sporenbildner und Nichtsporenbildner in ihrer Vulnerabilität gegenüber Desinfektionsmitteln stark unterscheiden, sollte auch die Wirkung ihnen gegenüber in Zukunft getrennt analysiert werden.