

Praktische Untersuchungen zur kindgerechten
Modifikation der hygienischen Händedesinfektion

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

Sarah Käter
aus Gütersloh

2012

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Martin Exner
2. Gutachter: Prof. Dr. rer. nat. Hans-Georg Sahl

Tag der Mündlichen Prüfung: 12.11.2012

Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit
Universitätsklinikum Bonn
Direktor: Prof. Dr. med. Martin Exner

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abkürzungsverzeichnis | 8 |
| 1. Einleitung..... | 9 |
| 1.1. Residente und transiente Hautflora..... | 9 |
| 1.2. Definition „Desinfektion“ | 10 |
| 1.3. Nosokomiale Infektionen bei Kindern | 10 |
| 1.4. Prävention durch Händehygiene | 12 |
| 1.5. Hygieneverhalten von Kindern | 12 |
| 1.6. Lernmotivation bei Kindern | 13 |
| 1.7. Compliance bei Kindern | 14 |
| 1.8. Ziel der Arbeit | 17 |
| 2. Material..... | 18 |
| 2.1. Laborgeräte | 18 |
| 2.2. UV-Koffer | 18 |
| 2.3. Geräte der Desinfektionsmittelapplikation | 19 |
| 2.3.1. Multipette Plus..... | 19 |
| 2.3.2. Steripower-Gerät..... | 19 |
| 2.4. Desinfektionsmittel..... | 20 |
| 2.4.1. „Sensiva“ | 20 |
| 2.4.2. Fluoreszierendes Desinfektionsmittel | 20 |
| 2.4.3. 60 Vol.-% Propan-2-ol | 21 |
| 2.5. Verbrauchsmaterialien | 21 |
| 2.5.1. Folgende Verbrauchsmaterialien wurden benutzt..... | 21 |
| 2.5.2. Kaliseife | 21 |
| 2.6. Testorganismus | 22 |
| 2.7. Neutralisationsmittel | 22 |
| 2.8. Nährmedien/Nährbouillon | 22 |
| 2.8.1. CASO-Agar (Merck) | 22 |
| 2.8.2. CASO-Bouillon (Merck) | 23 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.8.3. | Endo-Agar (Oxoid) | 23 |
| 2.8.4. | NaCl Lösung 0,9%ig mit Trypton | 23 |
| 2.8.5. | WSH (Wasser standardisierter Härte) | 24 |
| 3. | Methoden | 25 |
| 3.1. | Verfahren der hygienischen Händedesinfektion | 25 |
| 3.1.1. | Referenz-Händedesinfektion | 25 |
| 3.1.2. | Modifiziertes Verfahren | 26 |
| 3.2. | Versuchsreihe mit dem UV-Koffer | 27 |
| 3.2.1. | Prinzip | 27 |
| 3.2.2. | Probandenkollektiv | 27 |
| 3.2.3. | Bestimmung der Benetzungslücken | 28 |
| 3.2.4. | Auswertung | 28 |
| 3.3. | Versuchsreihe mit <i>Escherichia coli</i> | 30 |
| 3.3.1. | Prinzip | 31 |
| 3.3.2. | Probandenkollektiv | 31 |
| 3.3.3. | Kontaminationsflüssigkeit | 31 |
| 3.3.4. | Kontamination der Hände und Bestimmung der Vorwerte | 32 |
| 3.3.5. | Händedesinfektion und Bestimmung der Nachwerte | 32 |
| 3.3.6. | Auswertung | 33 |
| 3.3.7. | Signifikanzprüfung | 34 |
| 4. | Ergebnisse | 35 |
| 4.1. | Versuchsreihe mit dem UV-Koffer bei adulten Probanden | 35 |
| 4.1.1. | Vergleich der Ergebnisse hinsichtlich der Verfahren der Händedesinfektion | 35 |
| 4.1.2. | Ergebnisse des Referenzverfahrens | 36 |
| 4.1.3. | Ergebnisse des modifizierten Verfahrens | 37 |
| 4.1.4. | Vergleich der Geschlechter | 38 |
| 4.2. | Versuchsreihe mit dem UV-Koffer bei Kindern | 38 |
| 4.2.1. | Vergleich der Ergebnisse bezüglich der Verfahren der Händedesinfektion | 39 |
| 4.2.2. | Ergebnisse des Referenzverfahrens | 40 |
| 4.2.3. | Ergebnisse des modifizierten Verfahrens | 40 |

| | |
|---|----|
| 4.2.4. Vergleich der Geschlechter | 41 |
| 4.2.5. Ergebnisse der Umfrage..... | 42 |
| 4.3. Versuchsreihe mit <i>Escherichia coli</i> | 43 |
| 4.3.1. Multipette als Applikationsform | 44 |
| 4.3.2. Steripower-Gerät als Applikationsform | 51 |
| 4.3.3. Vergleich der Applikationsformen Multipette und Steripower-Gerät | 58 |
| 5. Diskussion | 62 |
| 5.1. Versuchsreihe mit dem UV-Koffer bei adulten Probanden | 62 |
| 5.2. Versuchsreihe mit dem UV-Koffer bei Kindern | 64 |
| 5.3. Umfrage unter den teilnehmenden Kindern..... | 65 |
| 5.4. Versuchsreihe mit <i>Escherichia coli</i> | 67 |
| 5.5. Zusammenfassende Beurteilung aller Versuchsreihen | 74 |
| 6. Zusammenfassung | 77 |
| Literaturverzeichnis..... | 79 |
| Danksagung | 85 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|----------------|--|
| DGHM | Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie |
| DSMZ | Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen |
| <i>E. coli</i> | <i>Escherichia coli</i> |
| IHPH | Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn |
| KBE | Koloniebildende Einheit |
| NCTC | National Collection of Type Cultures |
| RKI | Robert Koch-Institut |
| VAH | Verbund für angewandte Hygiene |

1. Einleitung

1.1. Residente und transiente Hautflora

Ein Mensch mit einem Körpergewicht von 70 kg besteht im Durchschnitt aus ca. 10^{13} Zellen, ist aber Herberge für 10^{14} Bakterien (Groß, 2006). Dabei differenziert man zwischen einer residenten und einer transienten Hautflora.

Zu der residenten, also der hauteigenen, permanenten Flora zählen ca. 1000 Keime/cm², die sich aus fakultativ anaeroben (z.B. apathogene Corynebakterien, *Staphylococcus aureus*, koagulasenegative Staphylokokken und Mikrokokken), aeroben (z.B. apathogene Mykobakterien) und anaeroben Mikroorganismen (z.B. Bacteroides spp., Clostridien, Propionibakterien) zusammensetzt. Als Teil der physiologischen Hautflora sind diese Keime nicht pathogen, sie können der Haut sogar Schutz vor pathogenen Organismen bieten. Dabei besetzen sie die vorhandenen ökologischen Nischen, so dass sie eine Ansiedlung der pathogenen Organismen verhindern. Dieses Phänomen nennt man Kolonisationsresistenz (Hahn et al., 2009). Sie können nur Infektionen auf krankhaft veränderter Haut oder in sterilen Körperhöhlen verursachen (Universitätsklinikum Heidelberg, 2010). Die Verteilung der einzelnen Bakterienarten sowie die Keimarten sind je nach Hautbereich sehr unterschiedlich. Als Abwehrfaktoren gelten eine intakte epidermale Barriere, die Temperatur, der pH-Wert, der Feuchtigkeits- und Fettgehalt der Hornschicht, die Abschilferung oberster Hornzellen sowie die Intaktheit der residenten Flora (Braun-Falco et al., 2005).

Als transiente Hautflora wird eine temporäre, hautfremde Besiedlung mit u.a. pathogenen Keimen bezeichnet. Organismen der transienten Hautflora sind z.B. aerobe grampositive Sporenbildner, Proteus, Enterobakterien, Pilze, Viren, Bacillus- sowie Pseudomonasarten (Pschyrembel, 2001). Die transiente Flora unterscheidet sich zur residenten Hautflora durch eine kürzere Verweildauer (Tage bis Wochen), eine größere Heterogenität an Keimen sowie durch eine geringere Menge.

Die Keimanzahl, die Keimart, das Überleben auf den Händen sowie die Hautfeuchtigkeit bilden Faktoren, von denen die Übertragbarkeit der Keime von den Händen abhängig ist (Kampf, 2003). Dennoch reagiert jeder Mensch unterschiedlich auf Infektionen. Zu

diesen individuellen Abwehrmechanismen zählen die genetische Disposition, das Alter, die Ernährung sowie die Stresstoleranz (Blech, 2000).

1.2. Definition „Desinfektion“

Der Begriff „Desinfektion“ beschreibt die „Entfernung von Krankheitserregern“ (Groß, 2006: 180). Dabei setzt er sich vom Begriff der „Sterilisation“ ab, da dieser die „Abtötung oder Entfernung aller Mikroorganismen bzw. Viren“ meint (Groß, 2006). Die Desinfektion der Hände kann eine Reduktion der residenten Flora erreichen, das Ziel besteht aber in einer Abtötung der transienten Hautflora.

Die Hauptaufgabe der Desinfektion besteht in der Unterbrechung von Infektionsketten, die sich aus Infektionsquelle, Übertragungsweg mit Eintrittspforte und Empfänger zusammensetzen (Klischies, 2008).

1.3. Nosokomiale Infektionen bei Kindern

Nosokomiale Infektionen sind definiert als Infektionen, die „im Krankenhaus oder ambulant durch ärztliche oder pflegerische Maßnahmen erworben wurden“ (Groß, 2006). Der amerikanische Mikrobiologe Stan Falkow bezeichnete nosokomiale Infektionen als „Krankheiten des Fortschritts“ (Groß, 2006). Man differenziert zwischen endogenen und exogenen nosokomialen Infektionen. Die Ursachen von exogenen nosokomialen Infektionen bestehen vor allem durch eine Kontamination von medizinischen Gegenständen oder Geräten und durch eine mangelnde Händehygiene des Personals, welches im Kontakt mit dem Patienten steht. Studien zeigen, dass „bis zu 90 % der exogen übertragbaren nosokomialen Infektionen über die Hände übertragen werden“ (AWMF, 2008). Endogene nosokomiale Infektionen werden meist durch ein Ungleichgewicht der körpereigenen Flora hervorgerufen, die zum Beispiel Folge einer therapeutisch induzierten Immunsuppression ist. Eine Prävalenzstudie ermittelte 1995 eine durchschnittliche Rate von 3,5 % nosokomialer Infektionen in den an der Studie teilnehmenden Krankenhäusern. Etwa ein Drittel dieser nosokomialen Infektionen galt als vermeidbar (Mitteilung des RKI, 2004). Auf gesundheitspolitischer

Ebene wurden den nosokomialen Infektionen ein hoher Stellenwert zugesprochen (Exner et al., 2008).

In Deutschland leidet etwa jedes zehnte Kind an einer chronischen Erkrankung (Steinhausen, 1996). Diese Tatsache berührt nicht nur den Handlungsbereich der Pädiatrie, sondern begründet ebenso die Auseinandersetzung der Hygiene mit dieser Thematik. Auf einer „Normalstation“ in der Kinderklinik findet man vor allem Virusinfektionen der Atemwege, Katheter-assoziierte Blutstrominfektionen, Gastroenteritiden durch Viren und postoperative Wundinfektionen als nosokomiale Infektionen (Gebel et al., 2008). Einem besonders hohem Risiko der Erwerbung einer nosokomialen Infektion sind „Früh- oder Mangelgeborene, pädiatrische Intensivpatienten, Patienten mit chronischen Erkrankungen wie der zystischen Fibrose oder Dialysepflicht und onkologisch-pädiatrische Patienten“ ausgesetzt (Wenzler-Röttle et al., 2007). Disponierende und exponierende Faktoren bestimmen die Infektionshäufigkeit. Zu den disponierenden Faktoren zählt eine gestörte Abwehrsituation der Kinder, also Kinder mit den oben aufgeführten Leiden. Folglich sollten diese Kinder Techniken der Infektionsprophylaxe erlernen, um ihr meist bereits geschwächtes Immunsystem zu schützen. Als exponierende Faktoren gelten u.a. invasive diagnostische Eingriffe sowie notwendige therapeutische Maßnahmen, wie z.B. Chemotherapie und Bestrahlung (Koletzko, 2007). Zusätzlich zeigen Studien, dass Patienten im Krankenhaus leicht Mikroorganismen auf ihre Hände aufnehmen und diese auf empfindlichere Patienten übertragen, bei denen sie eine Infektion auslösen können (Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention am RKI, 2000). Das Lebensalter des Patienten, seine Grunderkrankung, die Dauer seines Klinikaufenthaltes und die Infektionslokalisation haben ebenso Einfluss auf die Schwere und Häufigkeit von nosokomialen Infektionen im Kindesalter (Kramer et al., 2001). Milliken et al. belegten 1988, dass bei einer stationären Aufenthaltsdauer zwischen 1 und 6 Tagen die Infektionsrate auf einer Kinderintensivstation bei 1,2 %, zwischen 7 und 13 Tagen bei 3,4 %, zwischen 14 und 20 Tagen bei 10,9 %, zwischen 21 und 28 Tagen bei 27,3 %, zwischen 28 und 34 Tagen bei 48 % und bei mehr als 34 Tagen bei über 50 % liegt. Gebel et al. (2008) heben die besondere Risikobewertung von nosokomialen Infektionen speziell in Kinderkliniken hervor. Der häufige Hautkontakt zwischen Kindern und Eltern bzw. Angestellten sowie der Mangel an Hygieneerziehung und das fehlende

Bewusstsein unterstreichen die Wichtigkeit der Infektionsprävention. Zusätzlich erschwert die Berücksichtigung eines kindgerechten Umfeldes die Aufklärungsarbeit.

Das Robert Koch-Institut benennt 2010 als die zwei wichtigsten Säulen zur Vermeidung von nosokomialen Infektionen „ein Bewusstsein für das Problem sowie eine gut etablierte Standardhygiene mit der Händehygiene im Zentrum“. Eine exakt durchgeführte Händedesinfektion kombiniert mit einer verbesserten Compliance in der Händehygiene kann die Zahl der nosokomialen Infektionen bis zu 40 % reduzieren (Kampf et al., 2009).

1.4. Prävention durch Händehygiene

Die hygienische Händedesinfektion zählt zu den evidenzbasierten Maßnahmen der Infektionskontrolle, da Hände das wichtigste Übertragungsvehikel von Krankheitserregern darstellen (Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention am RKI, 2000). In Krankenhäusern gilt als empfohlene Maßnahme zur Eindämmung von Ausbrüchen eine Einweisung der Kontaktpersonen, zu denen auch Familien mit Kindern gehören, in die korrekte Händedesinfektion (RKI, 2007).

Durch eine Händewaschung wird die transiente Flora maximal um einen Faktor von 1000 verringert, die Händedesinfektion mit einem alkoholischen Präparat und einer Einwirkzeit von 30 Sekunden erreicht dagegen eine Reduktion um den Faktor 10.000 bis 100.000 (Koch, 2006). Dementsprechend erzielt die Händedesinfektion einen deutlich größeren Effekt auf die Keimreduktion als die Händewaschung. Zusätzlich wird durch eine erfolgreiche Keimreduktion die Verbreitung dieser in der Umgebung verhindert. Durch die Händedesinfektion wird die Haut geringer belastet, da häufiges Händewaschen zum Aufquellen der Hornhaut und somit zur Austrocknung der Hände führt (AWMF, 2008).

1.5. Hygieneverhalten von Kindern

Bergler (2008) belegt, dass die Hygieneerziehung von Kindern auf 4 Faktoren basiert. Demnach ist „die Entwicklung eines prophylaxeorientierten Lebensstils (...) begründet

(a) im Vorbildverhalten der Eltern, (b) der Vermittlung und Begründung einsichtiger Verhaltensregeln, (c) der kontinuierlichen Verhaltenskontrolle und (d) der angemessenen Sanktionierung bei wahrnehmbaren Defiziten“ (Bergler, 2008). Ebenso zeigt Bergler (2008), dass das Hygieneverhalten verstärkt Defizite aufweist. Sie verweist auf eine zunehmende Verhaltensgleichgültigkeit im Hinblick auf Hygienemaßnahmen und bedauert ein nicht ausreichendes Bewusstsein in der Bevölkerung. Gefährdend sind zusätzlich die weltweit steigende Zahl von Infektionskrankheiten, die Zunahme von Antibiotikaresistenzen sowie die Veränderung der Altersstruktur in der Bevölkerung. Das Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn veröffentlichte 2003 das Konzept „Hygiene-Tipps für Kids“, das seitdem ständig weiterentwickelt wird. Es beschäftigt sich mit der Hygieneerziehung und betont dabei die Bedeutung des Erlernens und Verinnerlichens von Verhaltensweisen im Kindesalter (Gebel et al., 2008).

1.6. Lernmotivation bei Kindern

Die Lernmotivation ist definiert als die Bereitschaft oder Absicht einer Person, sich in einer konkreten Situation mit einem Gegenstand lernend auseinander zu setzen, um so ein bestimmtes Ziel bzw. Zielzustände zu erreichen (Wild et al., 2009). Die Lernmotivation bei Kindern muss ausreichend gefördert werden, um eine zufriedenstellende Compliance der Kinder und somit eine erfolgreiche Ausführung der Händedesinfektion zu erreichen. Die Motivation von Kindern lässt sich mit Hilfe von intrinsischen und extrinsischen Motiven steuern (Stangl, 2010).

Die intrinsische Motivation ruht auf einer selbstbestimmten Grundlage, die Handlung des Lernens wird aufgrund einer persönlichen Bedeutung oder ihrer selbst Willen ausgeführt (Wittler, 2010). Dabei treten positive Erlebenszustände wie z.B. Kompetenzgefühle oder Anregung schon während der Handlung auf (Schiefele, 1996). Es werden unterschiedliche Motive der Lernmotivation der intrinsischen Natur postuliert. White stellt 1959 die Theorie der Wirksamkeitsmotivation auf, die die wirksame Bewältigung der Anforderungen der Umwelt als ein angeborenes psychologisches Bedürfnis des Menschen hinstellt. Dabei ist das Gefühl der Kompetenz in der Interaktion mit der Umwelt ausschlaggebend. Deci und Ryan ergänzen 1985 diese These mit dem Aspekt der Selbstbestimmung. Dementsprechend lässt sich die intrinsische Motivation nur

durch eine Befriedigung der Grundbedürfnisse, also der Autonomie und der Kompetenz, fördern. Handlungsbegleitende Emotionen sowie das Flow-Erlebnis unterstützen die Intention dabei. Die Flow-Theorie beschreibt dabei ein vollkommenes Aufgehen in der Tätigkeit (Csikszentmihalyi, 1985, 1990), welche mit einer Balance zwischen Fähigkeit und Handlungsanforderung einhergeht. Die Kinder dürfen weder unter- noch überfordert sein. Man differenziert weiterhin bei der intrinsischen Lernmotivation zwischen der tätigkeitszentrierten und der gegenstandszentrierten Form. Die tätigkeitszentrierte Form beschreibt die Freude am Lernen, die gegenstandszentrierte das Lernen aus Interesse und Neugier (Schiefele, 1996).

Die extrinsische Lernmotivation zielt auf die Folgen der Handlung ab. Eine Handlung kann aufgrund einer Herbeiführung positiver Konsequenzen (Belohnung) oder einer Vermeidung negativer Konsequenzen (Bestrafung) ausgeführt werden (Wittler, 2010). Anreize des Erbringens einer Leistung sind nach Heckhausen (1989) die Selbstbewertung (z.B. Stolz), die Fremdbewertung (z.B. Lob) und die Annäherung an Oberziele. Die Fremdbewertung nennt man auch soziale Lernmotivation. Ebenso existiert eine leistungsorientierte Form, die einerseits von den genannten Faktoren geprägt sein kann, andererseits aber auch unabhängig auftreten kann. Bei der leistungsorientierten Lernmotivation kann entweder die Überlegenheit im Vergleich zu anderen oder der individuelle Kompetenzgewinn im Vordergrund stehen (Wild et al., 2009).

1.7. Compliance bei Kindern

Compliance wird in der Medizin als Therapietreue, also als das kooperative Verhalten des Patienten, einschließlich des Befolgens pflegerischer und ärztlicher Anordnungen, im Rahmen einer Therapie definiert (Kulbe, 2009). Laut der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Wien (2008) umfasst die Compliance ein „kooperatives Arbeitsbündnis zwischen Arzt und Patient, die Eigenverantwortlichkeit und Autonomie des Patienten sowie die aktive Beteiligung des Patienten“. Sie wird beeinflusst durch patientenbezogene, krankheitsbezogene und soziale Faktoren. Für die Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Wien (2008) stellt die Compliance „keine stabile

Persönlichkeitseigenschaft des Patienten“ dar, sondern ist ein „komplexes, dynamisches und situationsabhängiges Phänomen“.

Um die Compliance bei Kindern fördern zu können, muss man mit dem Modell der psychosozialen Adaption bei chronischer Krankheit und Behinderung im Kindes- und Jugendalter vertraut sein. Der Begriff Adaption meint die psychosoziale Entwicklung von Kindern mit chronischen Krankheiten. Das Modell umfasst einerseits ein Zusammenspiel, andererseits eine Wechselwirkung mit der Person des Kindes, also Risikofaktoren versus Schutzfaktoren, der Familie, einschließlich Belastung versus Schutz, sowie der sozialen Umwelt, die Isolation versus Integration beinhaltet. Zusätzlich beeinflussen lebensgeschichtliche Ereignisse und Belastungen sowie die Krankheitsbedingungen die psychosoziale Adaption des Kindes (Steinhausen, 1996). Das Auseinandersetzen und die Verarbeitung einer chronischen Erkrankung, die in Abhängigkeit zu den oben genannten Faktoren steht, spielt eine große Rolle in der Lebensbewältigung. Dementsprechend geben Kinder, die ihre Erkrankung angenommen haben, der Händedesinfektion eine besondere Bedeutung und Aufmerksamkeit. Zusätzlich wird die Compliance durch eine „Verbesserung des Wissens, der Kompetenzen und der Motivation“ gefördert (Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Wien, 2008). Diese These unterstreicht die Wichtigkeit der Patientenschulung. Eine Untersuchungsreihe unter Ärzten und Pflegepersonal zeigt 2011, dass eine Schulung zur Verbesserung der Compliance führt. Bei dieser Studie konnte nach einer Unterweisung der Teilnehmer die Einwirkzeit des Desinfektionsmittels bei der hygienischen Händedesinfektion von durchschnittlich 7,9 sec auf durchschnittlich 19,5 sec im Alltag verlängert werden (Knoll et al., 2011).

Erschwert wird die Durchführung der Händedesinfektion durch Belastungsfaktoren, die durch den stationären Aufenthalt das Verhalten des Kindes beeinflussen. Schmidkonz (2009) beschreibt als Belastungsfaktoren die „Trennung von den Eltern, den Geschwistern sowie sonstigen Bezugspersonen, die fremde Umgebung, Bewegungseinschränkungen, Unkontrollierbarkeit und für die Kinder Unverständlichkeit medizinischer Maßnahmen und schmerzhafter, angstausslösende Prozeduren“. Selbstverständlich müssen die Stressfaktoren abhängig von dem Entwicklungsstand des Kindes differenziert betrachtet werden.

Gefördert wird die Compliance bei Kindern durch familiäre und soziale Unterstützung. Die Bezugspersonen, also in erster Linie die Eltern, müssen compliant sein, mit gutem Vorbild vorausgehen. Idealerweise sollte die Händehygiene ihrer Gesundheitsüberzeugung entsprechen. Sie sollten aktiv in das Projekt Infektionsprävention einbezogen werden, so dass sie sich gemeinsam mit ihren Kindern dem Kampf gegenüber schädlichen Keimen stellen.

Zusätzlich unterstützt die interne Kontrollüberzeugung die Compliance. Eine interne Kontrollüberzeugung liegt vor, wenn ein Ereignis vom eigenen Verhalten als abhängig wahrgenommen wird. Demnach wäre eine Veranschaulichung des Benetzungsverhaltens des Desinfektionsmittels mit Hilfe des UV-Koffers im Lernprozess empfehlenswert. Die Kinder nehmen dementsprechend eine erfolgreiche Händedesinfektion als positive Konsequenz des eigenen Verhaltens wahr. Die positive Rückkoppelung ist gewährleistet. Ebenso wird eine Förderung der Compliance durch eine Unterstützung des Autonomiebedürfnisses erzielt. Hierbei ist es wichtig, dass die Kinder sich nicht überfordert fühlen. Bei allen Kindern sollte mit Rücksicht auf die Altersstufe der Informationsbedarf gedeckt werden. Nur so können die Kinder die Wichtigkeit der Händehygiene verstehen und nachvollziehen. Zusätzlich sollte der Aufwand im Alltag niedrig gehalten werden, der Lebensrhythmus darf nicht gestört sein. Nach Kampf (2003) bestehen die Pfeiler der Förderung der Compliance aus Aufklärung bzw. Fortbildung, Motivation und Systemveränderungen. Die Strategien Aufklärung sowie Motivation wurden bereits beschrieben, Systemveränderungen stellen einen neuen Aspekt dar. Eine ausreichende Hautpflege sollte gewährleistet sein, so dass Hautreizungen vermieden werden. Essentiell ist ebenso ein problemloser Zugang zu den Desinfektionsmittelspendern. Diese sollten in Reichweite von Kindern vorhanden sein.

Eine Non-Compliance kann sich durch eine „totale Therapieverweigerung, Ablehnung bzw. Nichtanwendung von Therapieempfehlungen oder durch eine Modifikation der Verordnung oder der Therapiemaßnahmen“ (Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Wien, 2008) zeigen. Die Folgen einer Non-Compliance sind weitreichend (Schmidkonz, 2009). Zum einen ist die Behandlungseffektivität, also der Erfolg in der Keimreduktion, schwer zu beurteilen. Zum anderen kann ein Therapieversagen der Händedesinfektion mit der möglichen Folge einer nosokomialen

Infektion zu „Frustration, Ärger, Not, Ratlosigkeit bei allen Beteiligten“ (Schmidkonz, 2009) führen. Es resultiert daraus eine Beeinträchtigung der Arzt-Patienten-Beziehung. Ebenso kann eine nicht ausreichende Keimreduktion durch notwendige Zusatzuntersuchungen bzw. Behandlungen hohe Kosten verursachen und den Patienten eine Verlängerung ihres stationären Aufenthaltes bescheren (Schmidkonz, 2009). Dabei kann die gegebenenfalls erforderliche Maßnahme der Kontaktisolierung eine erhebliche Belastung für alle Beteiligten bedeuten (Simon et al., 2009). Zusätzlich ist zu betonen, dass eine Non-Compliance eine Erhöhung der Morbidität und der Mortalität zu verantworten haben kann (Schmidkonz, 2009).

1.8. Ziel der Arbeit

In dieser Arbeit soll der Schwerpunkt auf die Vermeidung speziell von nosokomialen Infektionen bei Kindern gelegt werden, da diese Transmission aktiv von den kleinen Patienten im stationären Aufenthalt durch die Händedesinfektion beeinflusst werden kann. Es existiert kein Verfahren der Händedesinfektion, das speziell auf die Bedürfnisse von Kindern ausgerichtet ist. Das Referenzverfahren der hygienischen Händedesinfektion entspricht in keinster Weise den kognitiven und motorischen Fähigkeiten sowie den verhaltenspsychologischen Besonderheiten von Kindern. Wenn selbst ein erheblicher Anteil erwachsener Anwender die Standardmethode als zu kompliziert beurteilt (Kampf et al., 2008), ist es leicht vorstellbar, dass das Erlernen und die exakte Umsetzung der Desinfektionstechnik für Kinder ein besonderes Problem darstellt. Die Standardmethode mit ihren sechs Verfahrensschritten, die 50 Einzelbewegungen in meist 30 sec Einreibzeit (laut Referenz 60 sec) umfasst, ist für jeden Menschen eine große Herausforderung. Bisher wurde kein Augenmerk auf Faktoren der Lernmotivation und Compliance zur Förderung der Händedesinfektion bei Kindern gelegt, obwohl die Notwendigkeit in der Infektionsprophylaxe besteht. Diese Arbeit versucht ein kindgerechtes modifiziertes Verfahren zu entwickeln und auf seine Wirksamkeit zu überprüfen. Es soll ein Einreibeverfahren geschaffen werden, das von Kindern leicht zu erlernen ist und trotzdem den effektiven Benetzungs- und Reduktionseffekt erzielt.

2. Material

2.1. Laborgeräte

Zur Durchführung der Versuchsreihen wurden folgende Laborgeräte verwendet:

| Geräte | Modell | Hersteller |
|--|------------------------------|-----------------------------|
| Brutschrank (20 °C) | BK-600 | Heraeus |
| Brutschrank (37 °C) | B 6420 | Heraeus |
| Eppendorf Easypet | EPP 4421 000.013 | Eppendorf |
| Magnetrührer/Heizgerät | MR2002 | Heidolph |
| Petrischalen-Drehtisch | Pertritum- E ^{plus} | Schütt |
| pH-Meter | InoLab pH Level 2 | WTW |
| Pipette Reference variabel blau, 100-1000ul | EPP 4910 000.069 | Eppendorf |
| Pipette Reference variabel gelb, 10-100ul | EPP 4910 000.042 | Eppendorf |
| Sterile Werkbank | Class II Type A/ B3 | SerilGard |
| Sterilisator | SFP 800 | Memmert |
| Varioklav- Dampfsterilisator | Typ 500 | H+P-Labortechnik München |
| Vortex | Vortexer Genie-2 | Scientific Industry |
| Waage | BP21005 | Sartorius |

2.2. UV-Koffer

Der UV-Koffer besitzt Ausmaße von 35 cm (Höhe) x 46 cm (Breite) x 20,5 cm (Tiefe) und eine integrierte Schwarzlichtröhre (TLUV 6W). Im vorderen Bereich befinden sich zwei Öffnungen zum Einführen der Hände und im oberen Bereich Sichtöffnungen (siehe

Abbildung 1). Hersteller ist das „Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit (IHPH)“ der Universität Bonn.



Abbildung 1: UV-Koffer

2.3. Geräte der Desinfektionsmittelapplikation

2.3.1. Multipette Plus

Um eine mengengenaue und kontaminationsfreie Anwendung zu gewährleisten, wurde als manueller Handdispenser die Multipette plus, Modell 4981 der Firma Eppendorf AG, ausgewählt. Sie sollte die herkömmlichen Desinfektionsmitteldispenser, die in Krankenhäusern zu finden sind, simulieren. Es wurde 3 ml Desinfektionsmittel mit Hilfe der Multipette auf die hohle, trockene, linke Hand pipettiert und anschließend das Referenzverfahren bzw. das modifizierte Verfahren der Händedesinfektion durchgeführt.

2.3.2. Steripower-Gerät

Das Steripower-Gerät ist ein berührungsloses Händedesinfektionsgerät der Firma Steripower GmbH & Co. KG, Starnberg. Beim Einführen der Hände löst ein Sensor einen Sprühstoß aus, der bei den durchgeführten Versuchen ein Volumen von 1,5 ml umfasst. Überschüssige Flüssigkeit wird aufgefangen (siehe Abbildung 2). Die technischen Daten betragen: 50,5 cm (Höhe) x 29,0 cm (Breite) x 20,0 cm (Tiefe), Gewicht 5 kg, Betriebsspannung 12 V, Motor-Sprühpumpe 12 V, max. Leistung 12 Watt, Sprühleistung 0,5–5,0 ml, Flüssigkeitsbehälter bis 1000 ml.

Mittels des Steripower-Gerätes wurden erst 1,5 ml Desinfektionsmittel auf die eingeführten Handrücken und dann 1,5 ml Desinfektionsmittel auf die eingeführten Handinnenflächen gesprüht. Anschließend wurde das Referenz- bzw. das modifizierte Verfahren der Händedesinfektion durchgeführt.



Abbildung 2: Steripower-Gerät (Quelle: Steripower GmbH & Co. KG)

2.4. Desinfektionsmittel

2.4.1. „Sensiva“

Zu Schulungszwecken wurde „Sensiva“ Desinfektionsmittel der Firma Schülke & Mayr GmbH, Norderstedt, verwendet. Das Produkt ist VAH-gelistet und kontrolliert in 30 sec als wirksam zertifiziert.

2.4.2. Fluoreszierendes Desinfektionsmittel

„Fluo-Rub, Hygienic Training EN 1500“ der Firma B. Braun Medical AG, CH-Sempach, fand als fluoreszierendes Desinfektionsmittel bei den Versuchsreihen mit dem UV-Koffer Verwendung.

2.4.3. 60 Vol.-% Propan-2-ol

Bei den Versuchsteilen in Anlehnung an die DGHM-Standardmethoden 2001 (Gebel et al., 2002) kam 60 Vol.-% Propan-2-ol zur Anwendung.

2.5. Verbrauchsmaterialien

2.5.1. Folgende Verbrauchsmaterialien wurden benutzt:

| Verbrauchsmaterial | Modelle | Hersteller |
|----------------------|-------------|-----------------|
| Becherglas | 50-1157 | Schott Duran |
| Erlenmeyerkolben | 11 21 22654 | Schott Duran |
| Impfeschlingen | 86.1567.010 | Sarstedt |
| Messpipetten | 27713 | Brand |
| Petrischalen | 633102 | Greiner Bio-One |
| Pipettenspitzen blau | MEG 124007 | Ratiomed |
| Pipettenspitzen gelb | MEG 124008 | Ratiomed |
| Reagenzgläser | diverse | diverse |

2.5.2. Kaliseife

Zusammensetzung (200g/L):

| | |
|----------------|-------------------|
| Leinöl | 50 Gewichtsteile |
| Kaliumhydroxid | 9,5 Gewichtsteile |
| Ethanol | 7 Gewichtsteile |
| A. bidest | Nach Bedarf |

2.6. Testorganismus

Escherichia coli K12, NCTC 10538

Bezugsquelle: DSMZ Braunschweig

2.7. Neutralisationsmittel

TSH-Thio, Zusammensetzung:

| | |
|-------------------|----------|
| Tween 80 | 30 g |
| Saponin | 30 g |
| L-Histidin | 1 g |
| Natriumthiosulfat | 5 g |
| CASO-Bouillon | 30 g |
| Osmosewasser | ad 1,0 l |

2.8. Nährmedien/Nährbouillon

2.8.1. CASO-Agar (Merck)

Caseinpepton-Sojamehlpepton-Agar ist ein Universalnährboden zur Anreicherung von Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen.

Zusammensetzung (pro Liter): pH $7,3 \pm 0,2$

| | |
|----------------|----------|
| Caseinpepton | 15 g |
| Sojamehlpepton | 5 g |
| Natriumchlorid | 5 g |
| Agar | 15 g |
| A. dest. | ad 1,0 l |

2.8.2. CASO-Bouillon (Merck)

CASO-Bouillon ist ein Flüssigmedium zur Anreicherung von Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen.

Zusammensetzung (pro Liter): pH $7,3 \pm 0,2$

| | |
|------------------|----------|
| Caseinpepton | 17 g |
| Sojamehlpepton | 3 g |
| Dextrose | 2,5 g |
| Natriumchlorid | 5g |
| Dikaliumphosphat | 2,5 g |
| A. dest. | ad 1,0 l |

2.8.3. Endo-Agar (Oxoid)

Endo-Agar ist ein Selektivnährboden zum Nachweis von coli- und coliformen Bakterien.

Zusammensetzung (pro Liter): pH $7,5 \pm 0,2$

| | |
|-------------------|----------|
| Pepton | 10 g |
| Laktose | 10 g |
| Potassiumphosphat | 3,5 g |
| Sodiumsulfid | 2,5 g |
| Agar | 10 g |
| A. dest. | ad 1,0 l |

2.8.4. NaCl Lösung 0,9%ig mit Trypton

Zusammensetzung: pH $7,0 \pm 0,2$

| | |
|----------------|----------|
| Natriumchlorit | 8,5 g |
| Trypton | 1 g |
| A. dest. | ad 1,0 l |

2.8.5. WSH (Wasser standardisierter Härte)

Herstellung des WSH nach Standardmethoden der DGHM von Gebel J. et al. (2002).

Lösung A:

| | |
|-------------------|----------|
| MgCl ₂ | 19,84 g |
| CaCl ₂ | 46,24 g |
| A. dest. | ad 1,0 l |

Lösung A wurde für 15 min. bei 121°C autoklaviert und für maximal 4 Wochen bei 4 bis 6°C aufbewahrt.

Lösung B:

| | |
|--------------------|----------|
| NaHCO ₃ | 32,02 g |
| A. dest. | ad 1,0 l |

Lösung B wurde durch einen Cellulosemischesterfilter (Porengröße 0,22 µm) steril filtriert und wöchentlich neu angesetzt.

WSH: pH 7,0±0,2

| | |
|----------|----------|
| Lösung A | 6 ml |
| Lösung B | 8 ml |
| A. dest. | ad 1,0 l |

WSH wurde frisch hergestellt, bei 4 bis 6°C gelagert und nicht länger als 24 h verwendet.

3. Methoden

3.1. Verfahren der hygienischen Händedesinfektion

3.1.1. Referenz-Händedesinfektion

Nach Applikation von 3 ml Desinfektionsmittel mit Hilfe der Multipette auf die linke Hand bzw. zweimal 1,5 ml Desinfektionsmittel auf beide Hände mittels des Steripower-Gerätes wurde das Referenzverfahren in Anlehnung an die DGHM-Standardmethoden (Gebel et al., 2002) wie folgt durchgeführt (Abbildung 3):

„Je 5 mal Handfläche auf Handfläche hin und her mit“ (Schritt 1) „und ohne“ (Schritt 2) „gespreizte Finger“ gleiten lassen, mit „rechte(r) Handfläche über linken Handrücken und umgekehrt“ fahren (Schritt 3), „mit verschränkten Fingern in der gegenüberliegenden Handfläche die Außenseite der Finger einreiben und umgekehrt“ (Schritt 4), „mit dem rechten Daumen kreisende Bewegungen in der linken geschlossenen Handfläche und umgekehrt“ machen (Schritt 5), sowie „kreisende Bewegungen der geschlossenen Fingerkuppen in der gegenüberliegenden Handfläche und umgekehrt“ vollziehen (Schritt 6). „Um eine Gesamt-Einreibzeit von 60 s ohne eine Austrocknung der Hände zu erlangen“, wurde dieser Vorgang nach 30 sec mit weiteren 3 ml bzw. zweimal 1,5 ml Desinfektionsmittel wiederholt (Gebel et al., 2002). Die 60 sec Einreibzeit sind angelehnt an das Referenzverfahren der hygienischen Händedesinfektion. Für handelsübliche Desinfektionsmittel gelten meist andere Empfehlungen hinsichtlich der Einwirkzeit – in der Regel 30 sec.

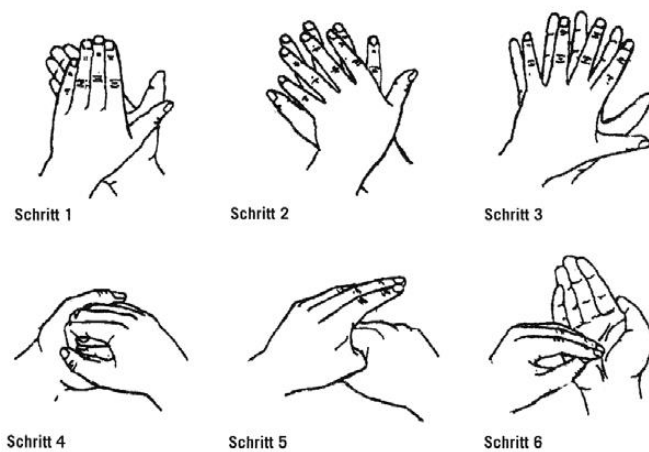


Abbildung 3: Schrittabfolge des Referenzverfahrens der hygienischen Händedesinfektion

3.1.2. Modifiziertes Verfahren

Nach Applikation von 3 ml Desinfektionsmittel mit Hilfe der Multipette auf die linke Hand bzw. zweimal 1,5 ml Desinfektionsmittel auf beide Hände mittels des Steripower-Gerätes wurde das modifizierte Händedesinfektionsverfahren wie folgt durchgeführt (Abbildung 4):

Je viermal abwechselnd (beginnend mit linker Handinnenfläche) Fingerkuppen auf Handinnenfläche setzen und durch die gespreizten Finger fahren (Schritt 1), rechte Handinnenfläche senkrecht auf linken Handrücken hin und her streichen und umgekehrt (Schritt 2), sowie einmal kreisende Bewegungen der geschlossenen rechten Hand um den linken Daumen beginnend am Daumengrundgelenk ausführen und umgekehrt (Schritt 3). Die Einreibzeit beim modifizierten Verfahren betrug 15 sec.



Abbildung 4: Schrittabfolge des modifizierten Verfahrens in drei Schritten

3.2. Versuchsreihe mit dem UV-Koffer

Dieser praxisnahe Versuch mit Probanden diente der vergleichenden Beurteilung von Benetzungslücken, die bei der Händedesinfektion nach der Referenzmethode der hygienischen Händedesinfektion bzw. dem modifizierten Verfahren aufgetreten sind.

3.2.1. Prinzip

Die Händedesinfektion nach dem Referenzverfahren der hygienischen Händedesinfektion bzw. dem modifizierten Verfahren erfolgte mit einem fluoreszierenden Desinfektionsmittel. Zur Bestimmung der Benetzungslücken auf den Händen wurde ein UV-Koffer verwendet, in welchen die Hände nach der Händedesinfektion durch zwei Öffnungen gesteckt wurden. Durch eine im Inneren des Koffers integrierte UV-Lampe wurde das fluoreszierende Desinfektionsmittel sichtbar gemacht und evtl. Benetzungslücken konnten bestimmt werden.

3.2.2. Probandenkollektiv

Um eine repräsentative Größe zu erreichen, wurde eine Stichprobengröße von 15 adulten Probanden ermittelt, die im Vorfeld einer freiwilligen Teilnahme an der Versuchsreihe schriftlich zugestimmt hatten. Es nahmen fünf weibliche und zehn männliche Probanden teil, die sich zwischen dem 23. und 29. Lebensjahr befanden. Zwölf von ihnen gaben die rechte Hand als dominante Hand an, drei von ihnen die linke Hand. Vor jeder Anwendung erfolgte eine Schulung der Probanden. Hierbei wurden ihnen die einzelnen Schritte des anzuwendenden Händedesinfektionsverfahrens gezeigt. Um Restfluoreszenzen auszuschließen, wurden die Hände vor der Applikation des fluoreszierenden Desinfektionsmittels mittels des UV-Koffers begutachtet.

Um das kindliche Verhalten bezüglich beider Verfahren zu untersuchen, wurde der Versuch auch in der 3. Klasse einer Grundschule durchgeführt. Es nahmen 23 Kinder zwischen acht und zehn Jahren teil, von denen zwölf Kinder Mädchen und elf Kinder Jungen waren. 22 Kinder bezeichneten sich als Rechtshänder, einer als Linkshänder.

3.2.3. Bestimmung der Benetzungslücken

Nach Zuteilung durch Zufallskriterien in zwei etwa gleich große Gruppen führte jeder Proband das Referenzverfahren sowie das modifizierte Verfahren der Händedesinfektion (bzw. in umgekehrter Reihenfolge) an zwei aufeinander folgenden Tagen durch. Zu Beginn erhielt jeder Proband eine Schulung zur jeweiligen Schrittabfolge mit herkömmlichem Desinfektionsmittel. Bei den adulten Probanden wurde anschließend das fluoreszierende Desinfektionsmittel mittels der Multipette appliziert, bei den Kindern wurde das fluoreszierende Desinfektionsmittel mit Hilfe des Steripower-Gerätes aufgesprüht. Nach Durchführung der jeweiligen Händedesinfektion wurden die Hände der Probanden in den UV-Koffer unter das UV-Licht gehalten, um die Lokalisation möglicher Benetzungslücken zu bestimmen. Flächen, die mit dem fluoreszierenden Desinfektionsmittel in Kontakt gekommen waren, leuchteten auf, Benetzungslücken blieben dunkel.

3.2.4. Auswertung

Die Hand wurde in 39 Flächen mit einer Nummerierung von 1 bis 39 aufgeteilt (Abbildung 5). Dabei befanden sich die Flächen 1-15 sowie 20-24 auf der Handinnenfläche, die Flächen 16-19 in den Zwischenräumen der Finger und die Flächen 25-39 auf dem Handrücken. Es folgte eine Zuordnung der zuvor ermittelten Benetzungslücken auf der Hand des Probanden zu den einzelnen Flächen. Daraus resultierte eine Basis zum Vergleich der Benetzungslücken bei den unterschiedlichen Probanden und hinsichtlich der beiden Verfahren zur Händedesinfektion. Bei der Testreihe unter den Kindern schloss sich eine Umfrage an, die die individuelle Einschätzung des motorischen und kognitiven Schweregrades, ihr Erinnerungsvermögen sowie den Spaßfaktor beider Verfahren umfasste.

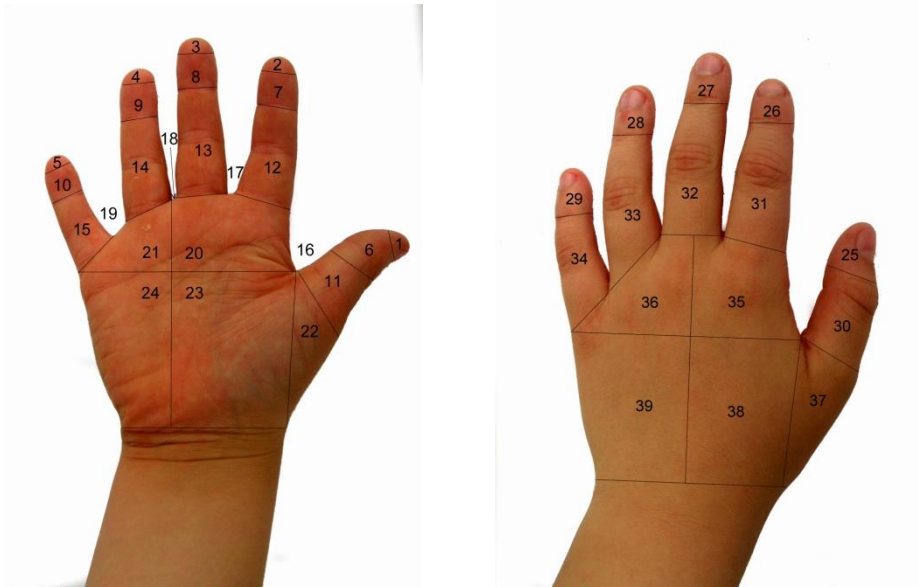


Abbildung 5: Einteilung der Hand in 39 Flächen als Basis zum Vergleich.

| Nummer des Feldes | Beschreibung des Feldes |
|-------------------|--|
| 1 | Daumenkuppe |
| 2 | Zeigefingerkuppe |
| 3 | Mittelfingerkuppe |
| 4 | Ringfingerkuppe |
| 5 | Kleinfingerkuppe |
| 6 | Daumenbeere |
| 7 | Zeigefingerbeere |
| 8 | Mittelfingerbeere |
| 9 | Ringfingerbeere |
| 10 | Kleinfingerbeere |
| 11 | Palmare Seite des ersten Fingergliedes des Daumens (Phalanx proximalis I) |
| 12 | Palmare Seite des ersten und zweiten Zeigefingergliedes (Phalanx proximalis et media II) |
| 13 | Palmare Seite des ersten und zweiten Mittelfingergliedes (Phalanx proximalis et media III) |
| 14 | Palmare Seite des ersten und zweiten Ringfingergliedes (Phalanx proximalis et media IV) |
| 15 | Palmare Seite des ersten und zweiten Kleinfingergliedes (Phalanx proximalis et media V) |
| 16 | Zwischenraum I und II |

| | |
|----|--|
| 17 | Zwischenraum II und III |
| 18 | Zwischenraum III und IV |
| 19 | Zwischenraum IV und V |
| 20 | Mediales distales Quadrat der palmaren Handfläche |
| 21 | Laterales distales Quadrat der palmaren Handfläche |
| 22 | Palmare Seite des Mittelhandknochens des Daumens (Os metacarpale I) |
| 23 | Mediales proximales Quadrat der palmaren Handfläche |
| 24 | Laterales proximales Quadrat der palmaren Handfläche |
| 25 | Plantare Seite des distalen Fingergliedes des Daumens (Phalanx distalis I) |
| 26 | Plantare Seite des distalen Zeigefingergliedes (Phalanx distalis II) |
| 27 | Plantare Seite des distalen Mittelfingergliedes (Phalanx distalis III) |
| 28 | Plantare Seite des distalen Ringfingergliedes (Phalanx distalis IV) |
| 29 | Plantare Seite des distalen Kleinfingergliedes (Phalanx distalis V) |
| 30 | Plantare Seite des ersten Fingergliedes des Daumens (Phalanx proximalis I) |
| 31 | Plantare Seite des ersten und zweiten Zeigefingergliedes (Phalanx proximalis et media II) |
| 32 | Plantare Seite des ersten und zweiten Mittelfingergliedes (Phalanx proximalis et media III) |
| 33 | Plantare Seite des ersten und zweiten Ringfingergliedes (Phalanx proximalis et media IV) |
| 34 | Plantare Seite des ersten und zweiten Kleinfingergliedes (Phalanx proximalis et media V) |
| 35 | Mediales distales Quadrat der plantaren Handfläche |
| 36 | Laterales distales Quadrat der plantaren Handfläche |
| 37 | Plantare Seite des Mittelhandknochens des Daumens (Os metacarpale I) |
| 38 | Mediales proximales Quadrat der plantaren Handfläche |
| 39 | Laterales proximales Quadrat der plantaren Handfläche |

Tabelle 1: Beschreibung der 39 Flächen der Handeinteilung

3.3. Versuchsreihe mit *Escherichia coli*

Die Durchführung dieser Versuchsreihe orientierte sich an den DGHM Standardmethoden 2001 – Hygienische Händedesinfektion, praxisnaher Versuch mit Probanden (Methode 11) von Gebel J. et al. (2002). Durch diese Versuchsreihe sollte

die Wirksamkeit des Händedesinfektionsverfahrens – Referenz oder modifiziert– sowie die jeweilige Applikationsform – Multipette oder Steripower-Gerät – überprüft werden.

3.3.1. Prinzip

Zur Beurteilung der Wirksamkeit des Verfahrens für die hygienische Händedesinfektion im praxisnahen Versuch wurden die Hände zunächst mit einem Testorganismus kontaminiert und anschließend eine Händedesinfektion nach der Referenzmethode bzw. dem modifizierten Verfahren durchgeführt. Die Wirksamkeit des jeweiligen Verfahrens wurde durch das Verhältnis zweier Werte herangezogen. „Der erste Wert, der „Vorwert“ [pro Milliliter in Nährbouillon], beinhaltete die Anzahl der Testorganismen von künstlich kontaminierten Fingerkuppen (Gebel et al., 2002). Der zweite Wert, der „Nachwert“ [pro Milliliter in Nährbouillon], wurde durch die Ermittlung der Anzahl von Testorganismen erhalten, die nach der hygienischen Händedesinfektion verblieben waren (Gebel et al., 2002).

3.3.2. Probandenkollektiv

Um die erforderliche Präzision zu erreichen, betrug die Stichprobengröße 15 adulte Probanden. Es handelte sich um dieselben Probanden, die auch an der Versuchsreihe mit dem UV-Koffer teilgenommen hatten. Aus diesem Grund konnte eine Vergleichbarkeit der beiden Versuchsteile gewährleistet werden. Alle Probanden versicherten, gesund zu sein, an den Fingern keine Verletzungen zu haben und über saubere, kurze Fingernägel zu verfügen. Sie bestätigten schriftlich eine Teilnahme auf freiwilliger Basis.

3.3.3. Kontaminationsflüssigkeit

„Es werden zwei je 5 ml CSL enthaltende Röhrchen mit dem Testorganismus“ *Escherichia coli* K12, NCTC 10538, „beimpft und bei $36\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ 18 h bis 24 h inkubiert. Mit je einer dieser Kulturen wird eine 1000 ml CSL enthaltende Flasche

beimpft, die wiederum bei $36\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ während 18 h bis 24 h inkubiert wird. Die danach vereinigten Prüfsuspensionen“ enthielten „zwischen 4×10^8 und 4×10^9 KBE pro ml“ (Gebel et al., 2002).

3.3.4. Kontamination der Hände und Bestimmung der Vorwerte

Die Probanden mussten „ihre Hände 1 min lang mit 5 ml Kaliseife waschen (...) und dann gründlich mit Papierhandtüchern abtrocknen“, um eine Reduzierung der normalen transienten Flora zu bewirken. Danach wurden „die Hände bis zur Mitte der Mittelhand 5 sec in das Behältnis mit der Kontaminationsflüssigkeit getaucht. (...) Mit gespreizten Fingern und langsamen Drehen“ wurden „die Hände in waagerechter Haltung 3 min an der Luft getrocknet“, wodurch auch eine Tropfenbildung verhindert werden sollte. Alle Probanden wurden innerhalb von 3 h mit derselben Charge Kontaminationsflüssigkeit behandelt. „Um den Vorwert zu ermitteln“, wurden „die Kuppen der Finger und des Daumens beider Hände in je eine Schale mit 10 ml CSL (ohne Neutralisationsmittel) getaucht und während 1 min ausgeknetet“. Aus diesen Sammelflüssigkeiten wurden innerhalb von 30 min \pm 3 Verdünnungen (10^{-4} und 10^{-5}) in CSL hergestellt und daraus je 0,1 ml auf CSA ausgespatelt. Die Inkubation erfolgte für 48 h bei $36\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ (Gebel et al., 2002).

3.3.5. Händedesinfektion und Bestimmung der Nachwerte

Die Probanden wurden nach Zufallskriterien in zwei etwa gleich große Gruppen aufgeteilt. Eine dieser Gruppen führte die Referenz-Händedesinfektion durch, während die andere Gruppe das zu prüfende modifizierte Verfahren benutzte. Danach wurden in einem zweiten Durchlauf die Referenz-Händedesinfektion und das modifizierte Verfahren in umgekehrter Zuordnung durchgeführt. Die Versuche erfolgten an denselben Probanden und unter gleichen Bedingungen, um die Verfahren vergleichbar machen zu können und äußere Einflüsse zu kompensieren. Bei der Testung wurden die genaue Durchführung der künstlichen Kontamination und die Ermittlung des Vorwertes beachtet. Insgesamt nahmen die Probanden an zwei Versuchsreihen teil, um die

Wirksamkeit des Händedesinfektionsverfahrens – Referenz oder modifiziert – und um die Wirksamkeit der Desinfektionsmittelapplikation – Multipette oder Steripower-Gerät – zu testen. Je nach zugeteilter Gruppe mussten sich die Probanden direkt nach der Ermittlung der Vorwerte ohne weitere Kontamination der Hände der Referenz-Händedesinfektion oder der zu prüfenden modifizierten Händedesinfektion unterziehen, wobei die Applikation des Desinfektionsmittels entweder mit der Multipette oder dem Steripower-Gerät erfolgte. Als Desinfektionsmittel wurde 60 Vol.-%iges Propan- 2-ol eingesetzt. Nach Durchführung der entsprechenden Schrittabfolge ließen die Probanden 5 sec lang Leitungswasser über die Fingerkuppen fließen und schüttelten überschüssiges Wasser ab. Sofort nach dem Trocknen der Handgelenke durch einen Helfer zur Verhinderung einer Kontamination durch Wassertropfen, wurden „die Fingerkuppen (einschließlich Daumenkuppe) jeder Hand 1 min lang in eine Petrischale mit 10 ml CSL + Neutralisationsmittel getaucht und ausgeknetet (für jede Hand gesondert)“. Aus der unverdünnten Sammelflüssigkeit wurden innerhalb von 30 min 1 ml und 0,1 ml sowie je 0,1 ml aus deren Verdünnungen (10^{-1} und 10^{-2}) „in CSL + Neutralisationsmittel auf CSA ausgespatelt“. Die Inkubation erfolgte für 48 h bei $36\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$. Im Vorfeld erfolgten Neutralisations- und Toxizitätskontrollen entsprechend den Vorgaben der DGHM-Standardmethoden (Gebel et al., 2002).

3.3.6. Auswertung

Es wurden vorrangig Nährböden ausgezählt, bei denen die Anzahl der KBE (Koloniebildende Einheiten) zwischen 14 und 330 lag. „Nachwerte mit weniger als“ 14 Kolonien „oder gar keinem Wachstum, auch wenn 1 ml unverdünnter Sammelflüssigkeit ausgespatelt worden“ waren, konnten berücksichtigt werden, da dies ein Hinweis auf ein sehr wirksames Verfahren sein kann. Lagen „die Koloniezahlen aus aufeinanderfolgenden Verdünnungen im o. a. Zählbereich“, wurde „hieraus das gewichtete Mittel nach folgender Formel berechnet: Die Keimzahlen pro ml Sammelflüssigkeit“ wurden „dekadisch logarithmiert, wobei aus rechnerischen Gründen die „0“-Werte ($\log_{10} 0 = \infty$) gleich „1“ ($\log_{10} 1 = 0$) gesetzt“ wurden. „Die logarithmierten Werte (Vor- und Nachwerte) der linken und der rechten Hand jedes Probanden“ wurden „gemittelt, wodurch sich durch diese doppelte Wichtung die Präzision erhöhte. Pro

Proband“ wurde „dann aus der Differenz zwischen dem kombinierten Vorwert und dem Nachwert der individuelle Reduktionsfaktor ermittelt ($\log_{10} RF = \log_{10} VW - \log_{10} NW$). Aus den arithmetischen Mittelwerten aller individuellen Reduktionsfaktoren“ ergaben sich die mittleren Keimreduktionen für das Standard- und das Prüfverfahren (Gebel et al., 2002).

3.3.7. Signifikanzprüfung

„Ist der Mittelwert des RF des zu prüfenden“ Verfahrens „kleiner als der durch das“ Referenz-Verfahren „erreichte, muss die Differenz auf statistische Signifikanz geprüft werden. Ist der Mittelwert für das“ modifizierte Verfahren „nicht signifikant kleiner als für das“ Referenzverfahren, „so ist die Desinfektionsleistung als gleichwertig einzustufen. Die Prüfung des Mittelwertes von RF“ von der modifizierten Methode gegen den von der Referenzmethode „wird mit dem parameterfreien Vorzeichen-Rangtest für Paardifferenzen nach Wilcoxon durchgeführt. Die Prüfung der Daten aus einem Lateinisches-Quadrat-Experiment wird mit dem Rangtest nach Wilcoxon-Wilcox vorgenommen. Dabei werden die Mittelwerte von mehr als einem Prüfverfahren mit denen des Referenzverfahrens paarweise verglichen. Auf Grund der vorwiegend confirmativen Natur der Prüfung bei dieser Anwendung wird das Signifikanzniveau mit $p = 0,1$ festgesetzt. Es ist eine einseitige Prüfung durchzuführen. Die Trennschärfe des beschriebenen Prüfverfahrens wird auf den Nachweis einer Differenz zwischen den beiden Mittelwerten der Reduktionsfaktoren von etwa $0,6 \log_{10}$ bei einer Teststärke von 95 % eingestellt“ (Gebel et al., 2002).

4. Ergebnisse

Um die Compliance bei Kindern und die Effektivität der Händedesinfektion zu erhöhen, wurde das Referenzverfahren der hygienischen Händedesinfektion von 6 auf 3 Schritte, von 60 sec auf 15 sec Einreibzeit und von zweimal 3 ml auf einmal 3 ml Desinfektionsmittel modifiziert. Die Wirksamkeit des Verfahrens sowie der Applikationsform des Händedesinfektionsmittels – Multipette bzw. Steripower-Gerät – wurde zum einen durch die Bestimmung der Benetzungslücken mit Hilfe des UV-Koffers überprüft und zum anderen mit einem Versuchsansatz mit *Escherichia coli*, der an die DGHM-Standardmethode 2001 der Hygienischen Händedesinfektion – praxisnaher Versuch – (Gebel et al., 2002) anlehnte.

4.1. Versuchsreihe mit dem UV-Koffer bei adulten Probanden

Zu Beginn wurde eine Versuchsreihe mit einem UV-Koffer durchgeführt, um die Benetzungslücken des modifizierten Verfahrens verglichen mit denen des Referenzverfahrens zu lokalisieren. Das Desinfektionsmittel wurde bei den adulten Probanden mittels der Multipette appliziert.

4.1.1. Vergleich der Ergebnisse hinsichtlich der Verfahren der Händedesinfektion

15 adulte Probanden nahmen teil, deren Hände in 39 vergleichbare Flächen eingeteilt wurden. Sowohl das Referenzverfahren als auch das modifizierte Verfahren zeigten ausnahmslos bei allen Probanden keine Benetzungslücken auf der Handinnenfläche und den Finger- und Daumenkuppen (Flächen 1 bis 24), welche im Alltag die Flächen mit dem größten Kontakt zu Keimen darstellen. Dennoch präsentierte kein einziger Proband weder beim Referenzverfahren noch beim modifizierten Verfahren vollständig benetzte Hände. Bezogen auf die Anzahl der Benetzungslücken waren beide Verfahren beinahe gleichwertig, das Referenzverfahren erzielte zusammengefasst für alle 15 Probanden sowie rechte und linke Hand summiert 120 Benetzungslücken, das modifizierte Verfahren erlangte 113 Benetzungslücken. Unterschiede existierten vor

allein in der Lokalisation der Benetzungslücken (siehe Abbildung 6). Das Referenzverfahren wies im Mittel mehr Benetzungslücken an der rechten Hand (57,14 %), die bei der Mehrheit der Bevölkerung als dominante Hand gilt, als an der linken Hand (42,86 %) auf. Im Gegensatz dazu zeigte das modifizierte Verfahren im Mittel eine höhere Anzahl von Benetzungslücken an der linken Hand (53,1 % zu 46,9 % an der rechten Hand).

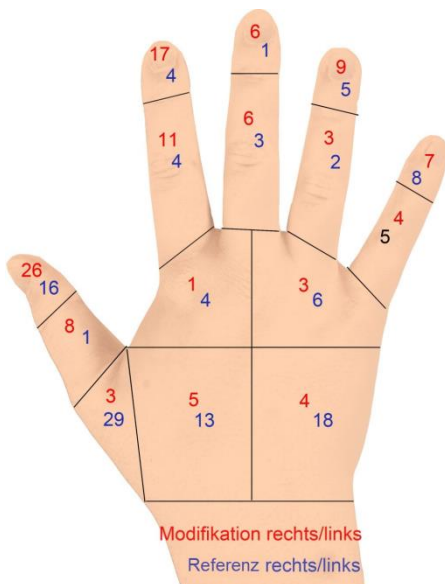


Abbildung 6: Benetzungslücken aller 15 adulten Probanden an der dorsalen Handfläche (Handrücken). In Blau ist die Anzahl der Benetzungslücken dargestellt, die beim Referenzverfahren der Händedesinfektion aufgetreten sind. In Rot ist die Anzahl der Benetzungslücken dargestellt, die beim modifizierten Verfahren aufgetreten sind. Die Zahlen präsentieren jeweils die Summe der Benetzungslücken von rechter und linker Hand. Die rechte Hand ist beispielhaft gewählt, um die Einteilung der Flächen auf der plantaren Handfläche zu verdeutlichen.

4.1.2. Ergebnisse des Referenzverfahrens

Das Referenzverfahren erzielte gehäuft Benetzungslücken sowohl an der proximalen Hälfte des Daumens als auch an der proximalen Hälfte der dorsalen Handfläche (Handrücken). Dabei war die Fläche 37, die die dorsale Seite des Mittelhandknochens des Daumens widerspiegelt, bei allen 15 Probanden an der rechten Hand und bei 14 Probanden an der linken Hand unzureichend benetzt. Ebenso waren die proximalen Quadrate der dorsalen Handfläche bei sechs (rechte Hand) bzw. sieben Probanden

(linke Hand) hinsichtlich der Fläche 38 sowie zwölf (rechte Hand) bzw. sechs Probanden (linke Hand) bezüglich der Fläche 39 eine Schwachstelle der Desinfektion. Zufriedenstellende Ergebnisse konnten an der dorsalen Fingerseite mit einer Benetzungslückenanzahl zwischen null (Flächen 27, 28 und 33 an der linken Hand) und fünf (Fläche 28 der rechten Hand) erzielt werden (siehe Abbildung 7).

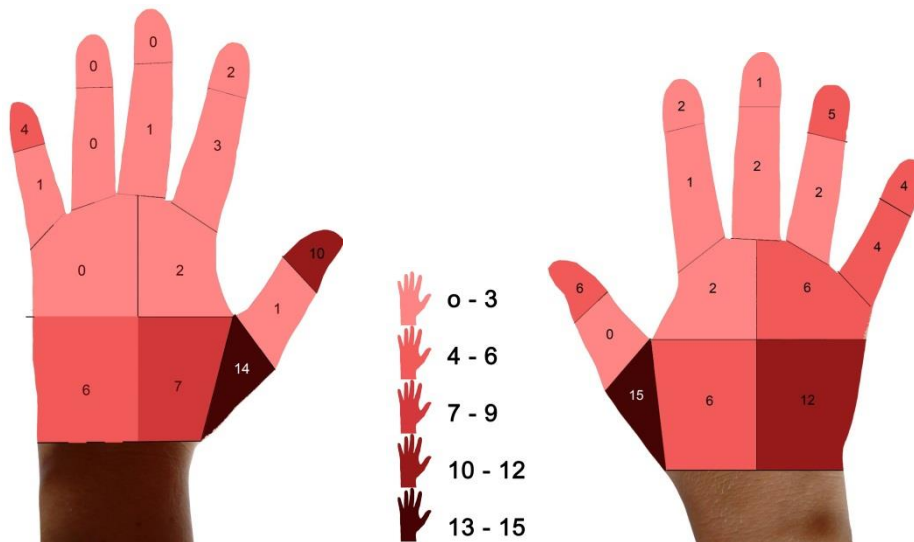


Abbildung 7: Benetzungslücken aller 15 Probanden an der dorsalen Handfläche (Handrücken) beim Referenzverfahren. Linke und rechte Hand zum Vergleich dargestellt. Die Abstufung der Rottöne zeigt die Anzahl der Benetzungslücken.

4.1.3. Ergebnisse des modifizierten Verfahrens

Das modifizierte Verfahren zeigte vermehrt Benetzungslücken an der dorsalen Seite des distalen Fingergliedes des Daumens (Fläche 25). Diese Fläche war bei zwölf Probanden an der rechten Hand, bei 14 Probanden an der linken Hand nicht vollständig benetzt. Ebenso präsentierte es Schwachstellen bei sechs Probanden an der rechten Hand, bei elf Probanden an der linken Hand hinsichtlich der dorsalen Seite des distalen Zeigefingergliedes (Fläche 26). Eine überwiegend erfolgreiche Desinfektion konnte das modifizierte Verfahren mit einer Anzahl von Benetzungslücken zwischen null (Fläche 35 und 36 der linken Hand) und vier (Fläche 38 der linken Hand) auf dem Handrücken verzeichnen. Zusätzlich präsentierte es nur eine (rechte Hand) bzw. zwei (linke Hand)

Benetzungslücken an der dorsalen Seite des Mittelhandknochens des Daumens (Fläche 37) (siehe Abbildung 8).

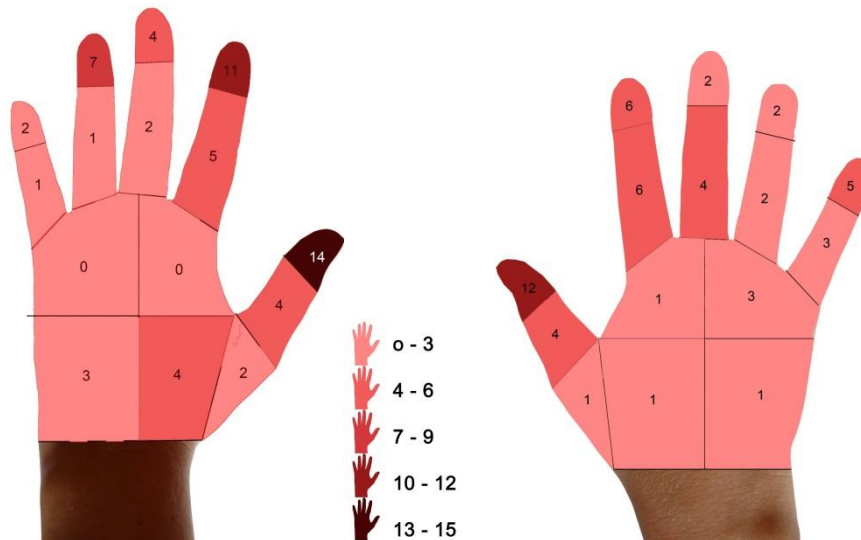


Abbildung 8: Benetzungslücken aller 15 Probanden an der dorsalen Handfläche (Handrücken) beim modifizierten Verfahren. Linke und rechte Hand zum Vergleich dargestellt. Die Abstufung der Rottöne zeigt die Anzahl der Benetzungslücken.

4.1.4. Vergleich der Geschlechter

Im Geschlechtervergleich schnitten die weiblichen Probanden besser als ihre männlichen Kollegen ab. Sie erreichten beim Referenzverfahren eine durchschnittliche Anzahl von Benetzungslücken von 6 auf beide Hände verteilt, beim modifizierten Verfahren von 5,6. Die männlichen Probanden wiesen im Durchschnitt auf beide Hände verteilt beim Referenzverfahren 9 Benetzungslücken, beim modifizierten Verfahren 8,5 Benetzungslücken vor.

4.2. Versuchsreihe mit dem UV-Koffer bei Kindern

Es folgte eine Testreihe mit dem UV-Koffer in der 3. Klasse einer Grundschule, um das kindliche Verhalten hinsichtlich der kognitiven und motorischen Umsetzungsfähigkeit der beiden Händedesinfektionsverfahren zu untersuchen. Das Steripower-Gerät diente als Desinfektionsmittelspender. Zusätzlich schloss sich eine Umfrage an, die die individuelle

Einschätzung beider Verfahren bezüglich des Schwierigkeitsgrades aus der Sicht von Kindern umfasste.

4.2.1. Vergleich der Ergebnisse bezüglich der Verfahren der Händedesinfektion

Die Testreihe mit dem UV-Koffer bei Grundschulkindern bestätigte die einwandfreie Benetzung der Handinnenfläche an beiden Händen und bei beiden Verfahren. Rechte und linke Hand aller Teilnehmer zusammengefasst, wies das Referenzverfahren 88 Benetzungslücken, das modifizierte Verfahren 52 Benetzungslücken auf (siehe Abbildung 9). Zwei Kinder erzielten durch das modifizierte Verfahren vollständig benetzte Hände, kein Kind konnte dies durch das Referenzverfahren erreichen. Beim Referenzverfahren erschienen 53,41 % der Benetzungslücken auf der rechten Hand, 46,59 % auf der linken Hand. Das modifizierte Verfahren zeigte eine gleichmäßigere Verteilung der Benetzungslücken auf beide Hände. Auf der rechten Hand befanden sich 51,92 % aller Benetzungslücken, auf der linken Hand 48,08 %.

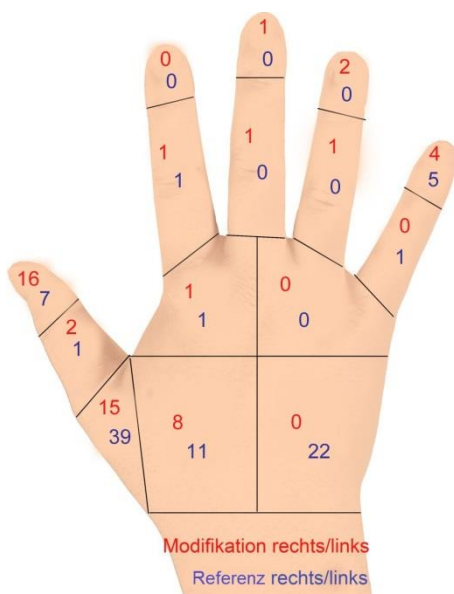


Abbildung 9: Benetzungslücken aller 23 Kinder an der dorsalen Handfläche (Handrücken). In Blau ist die Anzahl der Benetzungslücken dargestellt, die beim Referenzverfahren der Händedesinfektion aufgetreten sind. In Rot ist die Anzahl der Benetzungslücken dargestellt, die beim modifizierten Verfahren aufgetreten sind. Die Zahlen präsentieren jeweils die Summe der Benetzungslücken von rechter und linker Hand. Die rechte Hand ist beispielhaft gewählt, um die Einteilung der Flächen auf der plantaren Handfläche zu verdeutlichen.

4.2.2. Ergebnisse des Referenzverfahrens

Bei 20 von 23 Kindern zeigte das Referenzverfahren an der rechten Hand Benetzungslücken an der dorsalen Seite des Mittelhandknochens des Daumens (Fläche 37), sowie bei 19 Kindern in diesem Bereich an der linken Hand. Ebenso existierten Lücken in der Benetzung auf der proximalen Hälfte des Handrückens sowohl an der rechten (bei sechs Kindern auf der Fläche 38, bei zwölf Kindern auf der Fläche 39) als auch an der linken Hand (bei fünf Kindern auf der Fläche 38, bei zehn Kindern auf der Fläche 39). Das Referenzverfahren konnte eine überwiegend erfolgreiche Desinfektion der dorsalen Fingerseiten und der distalen Hälfte des Handrückens aufweisen. In diesen Bereichen lag die Anzahl der Benetzungslücken zwischen null (Flächen 26-28, 31-36 der linken Hand; Flächen 26-28, 32, 33, 36 der rechten Hand) und drei (Fläche 29 der rechten Hand) (siehe Abbildung 10).

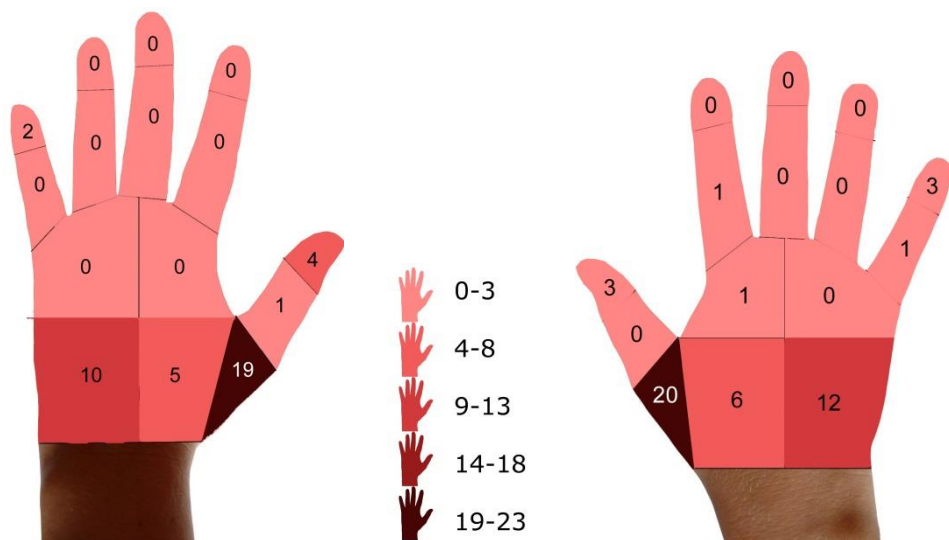


Abbildung 10: Benetzungslücken aller 23 Kinder an der dorsalen Handfläche (Handrücken) beim Referenzverfahren. Linke und rechte Hand zum Vergleich dargestellt. Die Abstufung der Rottöne zeigt die Anzahl der Benetzungslücken.

4.2.3. Ergebnisse des modifizierten Verfahrens

Das modifizierte Verfahren präsentierte vor allem Schwachstellen in der Desinfektion auf der dorsalen Daumenseite. Sieben Kinder hatten an der rechten Hand, neun Kinder an

der linken Hand Benetzungslücken im Bereich der dorsalen Seite des distalen Fingergliedes des Daumens (Fläche 25). Die dorsale Seite des Mittelhandknochens des Daumens (Fläche 37) war bei neun Kindern an der rechten Hand, bei sechs Kindern an der linken Hand nicht ausreichend benetzt. Zufriedenstellende Ergebnisse erzielte das modifizierte Verfahren an der dorsalen Fingerseite und auf der distalen Hälfte des Handrückens. Die Anzahl der Benetzungslücken pendelte in diesen Bereichen zwischen null (Fläche 26, 27, 31-36 der linken Hand; Fläche 26, 28, 36 der rechten Hand) und drei (Fläche 29 der linken Hand) (Abbildung 11).

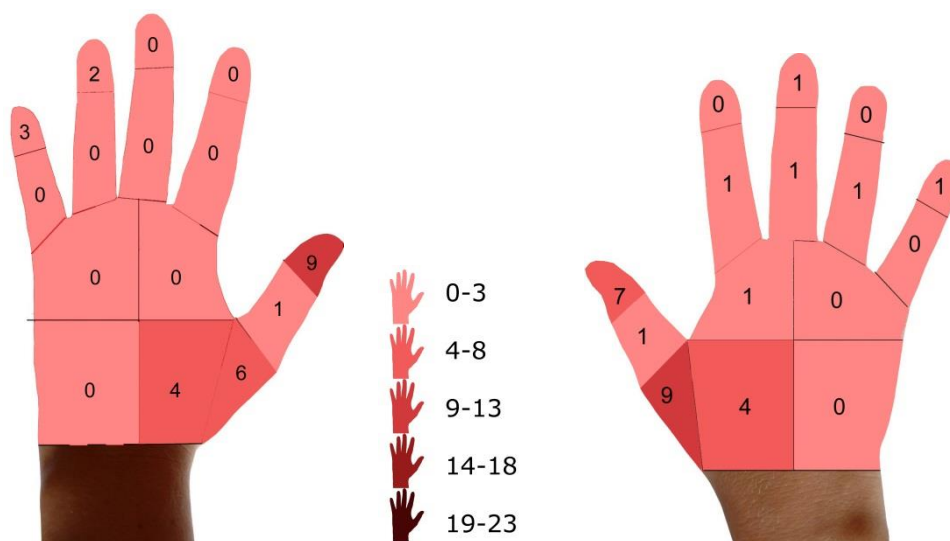


Abbildung 11: Benetzungslücken aller 23 Kinder an der dorsalen Handfläche (Handrücken) beim modifizierten Verfahren. Linke und rechte Hand zum Vergleich dargestellt. Die Abstufung der Rottöne zeigt die Anzahl der Benetzungslücken.

4.2.4. Vergleich der Geschlechter

In dieser Versuchsreihe konnten die Mädchen bessere Ergebnisse verzeichnen als die Jungen. Durchschnittlich zeigten sie beim Referenzverfahren 3,17 Benetzungslücken auf beide Hände verteilt, beim modifizierten Verfahren 2 Benetzungslücken. Die Jungen präsentierten im Durchschnitt 4,55 Benetzungslücken beim Referenzverfahren, 2,55 Benetzungslücken beim modifizierten Verfahren auf beide Hände verteilt.

4.2.5. Ergebnisse der Umfrage

Bei einer Umfrage im Anschluss an die Versuchsreihe mit dem UV-Koffer bewerteten das Referenzverfahren acht Kinder, das modifizierte Verfahren 14 Kinder bezüglich der Merkfähigkeit der einzelnen Schritte mit „sehr gut“. Acht Kinder entschieden sich bezüglich des Referenzverfahrens für ein „gut“, fünf Kinder für ein „befriedigend“ und zwei Kinder für ein „ausreichend“. Das modifizierte Verfahren bezeichneten acht Kinder hinsichtlich der Merkfähigkeit als „gut“, ein Kind als „befriedigend“ (siehe Tabelle 2).

| Merkfähigkeit | Referenzverfahren | Modifiziertes Verfahren |
|---------------|-------------------|-------------------------|
| Sehr gut | 8 Stimmen | 14 Stimmen |
| Gut | 8 Stimmen | 8 Stimmen |
| Befriedigend | 5 Stimmen | 1 Stimme |
| Ausreichend | 2 Stimmen | |

Tabelle 2: Umfrage unter den teilnehmenden 23 Kindern bezüglich der Merkfähigkeit beider Verfahren

Die Umsetzungsfähigkeit der einzelnen Schritte beschrieben elf Kinder hinsichtlich des Referenzverfahrens als „sehr gut“, zehn Kinder als „gut“ und zwei Kinder als „befriedigend“. 18 Kinder vergaben bezogen auf das modifizierte Verfahren ein „sehr gut“ und fünf Kinder ein „gut“ (siehe Tabelle 3).

| Umsetzungsfähigkeit | Referenzverfahren | Modifiziertes Verfahren |
|---------------------|-------------------|-------------------------|
| Sehr gut | 11 Stimmen | 18 Stimmen |
| Gut | 10 Stimmen | 5 Stimmen |
| Befriedigend | 2 Stimmen | |

Tabelle 3: Umfrage unter den teilnehmenden 23 Kindern bezüglich der Umsetzungsfähigkeit beider Verfahren

Am folgenden Tag nach Erlernen des jeweiligen Verfahrens erfolgte eine erneute Überprüfung, in wie weit sich die Kinder die einzelnen Schritte des Verfahrens merken konnten. Beim Referenzverfahren zeigte kein Kind sowohl die richtige Schrittzahl als

auch die korrekte Reihenfolge. Zwei Kinder präsentierten die sechs Schritte, jedoch in einer falschen Abfolge. Acht Kinder konnten sich noch an fünf Schritte, neun Kinder an vier Schritte, zwei Kinder an drei Schritte, ein Kind an zwei Schritte und ein Kind an keinen Schritt erinnern. Das modifizierte Verfahren stellten 13 Kinder in korrekter Schrittzahl und Abfolge dar. Vier Kinder zeigten die drei Schritte in falscher Reihenfolge, drei Kinder erinnerten sich noch an zwei Schritte und drei Kinder an einen Schritt.

Zwölf Kinder gaben an, dass das modifizierte Verfahren ihnen mehr Spaß bereiten würde, elf Kinder entschieden sich für das Referenzverfahren. Einige Kinder begründeten die Entscheidung für das Referenzverfahren mit dem Argument, dass sie dadurch länger aus dem Unterricht fern bleiben konnten. 19 Kinder konnten sich das modifizierte Verfahren besser merken, vier Kinder das Referenzverfahren. Das Referenzverfahren erhielt sieben Stimmen, das modifizierte Verfahren erhielt 16 Stimmen bei der Bewertung der leichteren motorischen Durchführbarkeit (siehe Tabelle 4).

| | Referenzverfahren | Modifiziertes Verfahren |
|--------------------------|-------------------|-------------------------|
| Größerer Spaßfaktor | 11 Stimmen | 12 Stimmen |
| Bessere Merkfähigkeit | 4 Stimmen | 19 Stimmen |
| Leichtere Ausführbarkeit | 7 Stimmen | 16 Stimmen |

Tabelle 4: Umfrage unter den teilnehmenden 23 Kindern bezüglich des Vergleiches beider Verfahren

4.3. Versuchsreihe mit *Escherichia coli*

Um die Wirksamkeit beider Verfahren der Händedesinfektion hinsichtlich der Keimreduktion beurteilen zu können, folgte mit denselben 15 adulten Probanden eine Versuchsreihe, die an die DGHM-Standardmethode 2001 der Hygienischen Händedesinfektion – praxisnaher Versuch - von Gebel J. et al. (2002) anlehnte. Als Testorganismus wurde *Escherichia coli* K12, NCTC 10538 eingesetzt.

4.3.1. Multipette als Applikationsform

Als Applikationsform wurde im ersten Schritt die Multipette gewählt, die die Desinfektionsmittelgabe über herkömmliche Spender simulieren sollte.

4.3.1.1. Ergebnisse des Referenzverfahrens

Die Auszählung der KBE ergab beim Referenzverfahren zusammenfassend für die linke und rechte Hand aller Probanden einen Mittelwert der Vorwerte von 7,48 \log_{10} -Stufen, der Nachwerte von 3,57 \log_{10} -Stufen und der Reduktionsfaktoren von 3,92 \log_{10} -Stufen (siehe Tabelle 5).

| Proband | Referenzverfahren | | | Modifiziertes Verfahren | | | Differenz RF(R)-RF(M) | Rang der Differenz | |
|---------|---|------|------|-------------------------|------|------|--------------------------|---|----------------|
| | VW | NW | RF | VW | NW | RF | | ohne Vorzeichen | mit Vorzeichen |
| 1 | 7,90 | 3,82 | 4,08 | 7,89 | 4,37 | 3,52 | 0,56 | 6 | + 6 |
| 2 | 7,67 | 3,44 | 4,23 | 7,50 | 4,68 | 2,82 | 1,41 | 13 | + 13 |
| 3 | 7,31 | 2,63 | 4,68 | 7,69 | 3,30 | 4,39 | 0,29 | 4 | + 4 |
| 4 | 7,15 | 2,33 | 4,82 | 7,15 | 3,99 | 3,16 | 1,66 | 15 | + 15 |
| 5 | 7,50 | 2,34 | 5,16 | 7,39 | 3,23 | 4,16 | 1,00 | 10 | + 10 |
| 6 | 7,65 | 3,98 | 3,67 | 7,18 | 4,32 | 2,86 | 0,81 | 7 | + 7 |
| 7 | 7,53 | 4,35 | 3,18 | 7,42 | 5,16 | 2,26 | 0,92 | 9 | + 9 |
| 8 | 7,28 | 4,27 | 3,01 | 7,37 | 5,43 | 1,94 | 1,07 | 11 | + 11 |
| 9 | 7,92 | 4,79 | 3,13 | 7,58 | 4,66 | 2,92 | 0,21 | 2 | + 2 |
| 10 | 7,71 | 4,00 | 3,71 | 7,96 | 4,25 | 3,71 | 0 | 1 | + 1 |
| 11 | 7,28 | 3,42 | 3,86 | 7,44 | 4,72 | 2,72 | 1,14 | 12 | + 12 |
| 12 | 7,21 | 2,28 | 4,93 | 7,39 | 2,68 | 4,71 | 0,22 | 3 | + 3 |
| 13 | 7,17 | 3,14 | 4,04 | 7,91 | 4,69 | 3,22 | 0,82 | 8 | + 8 |
| 14 | 7,83 | 4,02 | 3,81 | 7,96 | 5,65 | 2,31 | 1,5 | 14 | + 14 |
| 15 | 7,15 | 4,70 | 2,45 | 7,15 | 5,06 | 2,09 | 0,36 | 5 | + 5 |
| X | 7,48 | 3,57 | 3,92 | 7,53 | 4,41 | 3,12 | | | |
| s | 0,28 | 0,86 | 0,77 | 0,29 | 0,83 | 0,84 | | | |
| N | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | | | |
| VW: | Vorwert (\log_{10}) | | | | | | RF(R): | Reduktionsfaktor des Referenzverfahrens | |
| NW: | Nachwert (\log_{10}) | | | | | | RF(M): | Reduktionsfaktor des Modifizierten Verfahrens | |
| RF: | Reduktionsfaktor (\log_{10}) | | | | | | | | |
| X: | Arithmetischer Mittelwert von VW, NW und RF | | | | | | Rangsummen (+): | 120 | |
| S: | Standardabweichung | | | | | | Rangsummen (-): | 0 | |
| N: | Gesamtanzahl der Probanden | | | | | | | | |

Tabelle 5: Auswertung der Testreihe mit der Applikationsform Multipette

Die Reduktion der *E.coli*-Kontamination variierte zwischen 2,19 und 5,35 \log_{10} -Stufen. Es zeigte sich an der linken Hand im Mittel eine Keimreduktion um 4,12 \log_{10} -Stufen, an der rechten Hand im Mittel um 3,71 \log_{10} -Stufen (siehe Abbildung 12).

Der erste Proband war weiblichen Geschlechtes, 23 Jahre alt und Rechtshänder. Sie präsentierte an der linken Hand eine Keimreduktion um 4,22 \log_{10} -Stufen, an der rechten Hand um 3,93 \log_{10} -Stufen. Der zweite Proband, männlich, Rechtshänder und 27 Jahre alt, zeigte ebenso eine Dominanz der Keimreduktion an der linken Hand mit

4,89 \log_{10} -Stufen verglichen mit der an der rechten Hand in Höhe von 3,56 \log_{10} -Stufen. Dagegen verzeichnete der dritte Proband, eine 24 Jahre alte Frau mit der rechten Hand als dominante Hand, eine Keimreduktion um 4,06 \log_{10} -Stufen an der linken Hand und um 5,29 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand. Der vierte Proband war weiblich, Rechtshänder und 24 Jahre alt. Sie erreichte an der linken Hand eine Reduktion der *E.coli*-Kontamination um 4,78 \log_{10} -Stufen sowie an der rechten Hand um 4,85 \log_{10} -Stufen. Der fünfte Proband, ein 25-jähriger männlicher Rechtshänder, erzielte eine Keimreduktion um 5,35 \log_{10} -Stufen an der linken Hand und um 4,97 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand. Eine deutliche Überlegenheit der Keimreduktion an der linken Hand mit einem Wert von 4,54 \log_{10} -Stufen verglichen mit 2,80 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand präsentierte der sechste Proband, ein 28-jähriger, männlicher Rechtshänder. Der siebte Proband, der männlich, Rechtshänder und 25 Jahre alt war, wies an der linken Hand eine Keimreduktion um 2,78 \log_{10} -Stufen und an der rechten Hand um 3,58 \log_{10} -Stufen vor. Dagegen zeigte der achte Proband, ein 24 Jahre alter männlicher Rechtshänder, an der linken Hand eine Keimreduktion um 3,34 \log_{10} -Stufen sowie an der rechten Hand um 2,67 \log_{10} -Stufen. Auch der neunte Proband war männlich, 24 Jahre alt und Rechtshänder. Er verzeichnete eine Reduktion der *E.coli*-Kontamination um 3,86 \log_{10} -Stufen an der linken Hand und um 2,40 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand. Der zehnte Proband war Linkshänder, männlich, 29 Jahre alt und erzielte an der linken Hand eine Keimreduktion um 4,25 \log_{10} -Stufen und an der rechten Hand um 3,15 \log_{10} -Stufen. Der elfte Proband war wiederum Rechtshänder, männlich und 25 Jahre alt. Er hatte eine Keimreduktion um 3,96 \log_{10} -Stufen an der linken Hand sowie um 3,75 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand. Der zwölfte Proband, eine 23-jährige Rechtshänderin, konnte eine bessere Reduktion an der linken Hand mit einem Ergebnis von 5,11 \log_{10} -Stufen erreichen verglichen mit dem der rechten Hand in Höhe von 4,73 \log_{10} -Stufen. Eine Keimreduktion um 4,38 \log_{10} -Stufen an der linken Hand und um 3,65 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand wies der 13. Proband, eine 25 Jahre alte weibliche Rechtshänderin, vor. Die letzten beiden Probanden, Proband 14 und 15, waren beide Linkshänder und männlich. Proband 14, 24 Jahre alt, zeigte eine Dominanz der Keimreduktion an der rechten Hand um 4,11 \log_{10} -Stufen verglichen mit der linken Hand von 3,50 \log_{10} -Stufen. Dagegen verzeichnete der 15. Proband, der 27 Jahre alt war, eine Keimreduktion um 2,71 \log_{10} -Stufen an der linken Hand und um 2,19 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand

(siehe Abbildung 12). Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass elf Probanden eine erfolgreichere Keimreduktion an der linken Hand und vier Probanden an der rechten Hand aufzeigten.

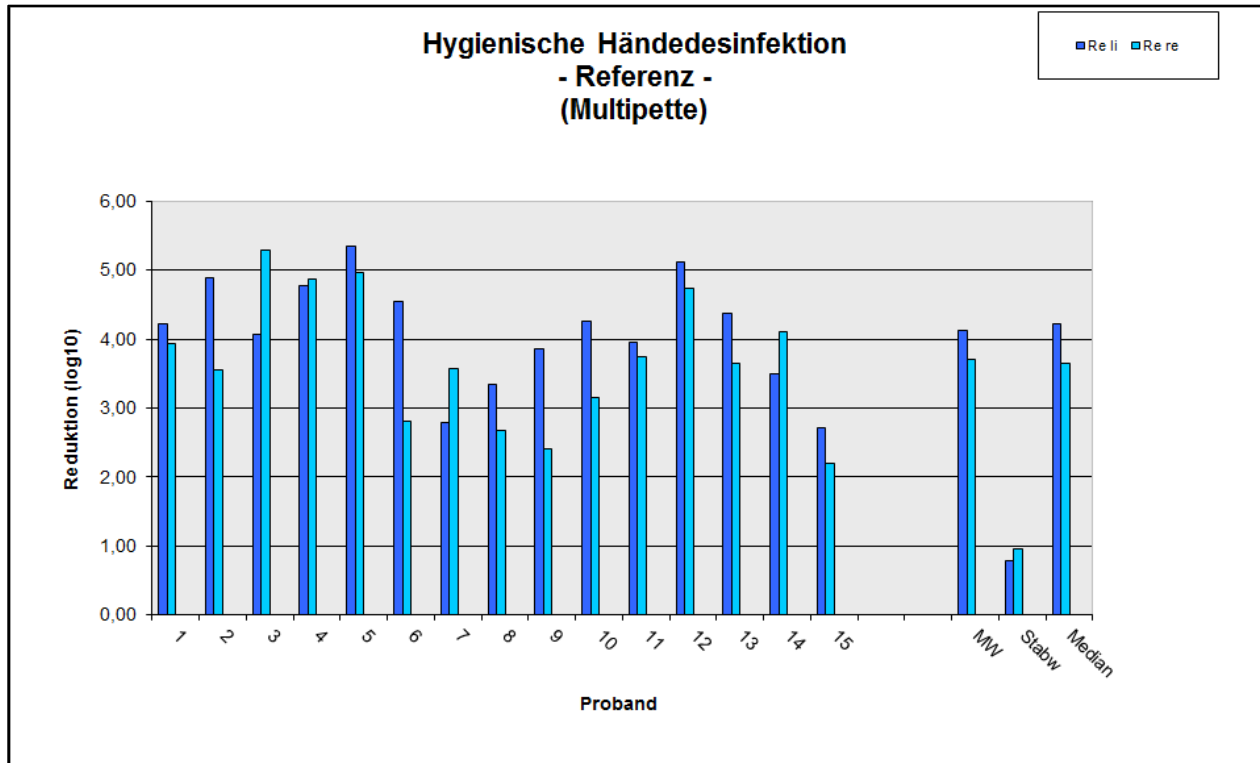


Abbildung 12: Ergebnisse der 15 Probanden bezüglich des Referenzverfahrens mit Hilfe der Multipette. In Dunkelblau ist die linke Hand, in Hellblau die rechte Hand der Probanden dargestellt.

4.3.1.2. Ergebnisse des modifizierten Verfahrens

Beim modifizierten Verfahren betrug der Mittelwert der Vorwerte 7,53 log₁₀-Stufen, der Nachwerte 4,41 log₁₀-Stufen und der von den Reduktionsfaktoren 3,12 log₁₀-Stufen (siehe Tabelle 5). Die Keimreduktion präsentierte eine Variation zwischen 1,87 und 4,79 log₁₀-Stufen. An der linken Hand wurde im Mittel eine Keimreduktion um 3,13 log₁₀-Stufen, an der rechten Hand im Mittel um 3,11 log₁₀-Stufen erreicht (siehe Abbildung 13).

Der erste Proband zeigte an der linken Hand eine Keimreduktion um 3,31 log₁₀-Stufen, an der rechten Hand um 3,75 log₁₀-Stufen. Der zweite Proband wies eine Keimreduktion an der linken Hand um 2,95 log₁₀-Stufen sowie an der rechten Hand um 2,68 log₁₀-

Stufen vor. Beim dritten Probanden betrug die Keimreduktion an der linken Hand 4,36 \log_{10} -Stufen, an der rechten Hand 4,41 \log_{10} -Stufen. Der vierte Proband präsentierte eine Überlegenheit der Keimreduktion an der rechten Hand mit einem Ergebnis von 3,46 \log_{10} -Stufen verglichen mit 2,85 \log_{10} -Stufen an der linken Hand. Der fünfte Proband erzielte eine Reduktion der *E.coli*-Kontamination um 4,12 \log_{10} -Stufen an der linken Hand und um 4,21 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand. Eine Keimreduktion um 2,77 \log_{10} -Stufen an der linken Hand und um 2,93 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand erreichte der sechste Proband. Proband Nummer sieben verzeichnete an der linken Hand eine Keimreduktion um 2,24 \log_{10} -Stufen, an der rechten Hand um 2,26 \log_{10} -Stufen. Beim achten Probanden betrug die Keimreduktion 1,87 \log_{10} -Stufen an der linken Hand sowie 2,02 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand. Eine Dominanz der Keimreduktion an der linken Hand zeigte der neunte Proband mit einem Wert von 3,31 \log_{10} -Stufen verglichen mit 2,53 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand. Der zehnte Proband wies eine Keimreduktion an der linken Hand um 3,73 \log_{10} -Stufen, an der rechten Hand um 3,69 \log_{10} -Stufen vor. Eine Keimreduktion um 2,68 \log_{10} -Stufen an der linken Hand und um 2,75 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand präsentierte der elfte Proband. Der zwölfte Proband konnte den Höchstwert in dieser Testreihe mit einem Ergebnis von 4,79 \log_{10} -Stufen an der linken Hand erreichen, die Keimreduktion an der rechten Hand betrug 4,61 \log_{10} -Stufen. Der 13. Proband wies eine Keimreduktion an der linken Hand um 3,28 \log_{10} -Stufen, an der rechten Hand um 3,17 \log_{10} -Stufen auf. Eine Keimreduktion um 2,43 \log_{10} -Stufen erzielte der 14. Proband an der linken Hand sowie um 2,19 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand. Der 15. Proband verzeichnete an der linken Hand eine Reduktion der *E.coli*-Kontamination um 2,24 \log_{10} -Stufen und an der rechten Hand um 1,93 \log_{10} -Stufen (siehe Abbildung 13). Es lässt sich zusammenfassen, dass neun Probanden bessere Ergebnisse der Keimreduktion an der rechten Hand und sechs Probanden an der linken Hand erzielen konnten.

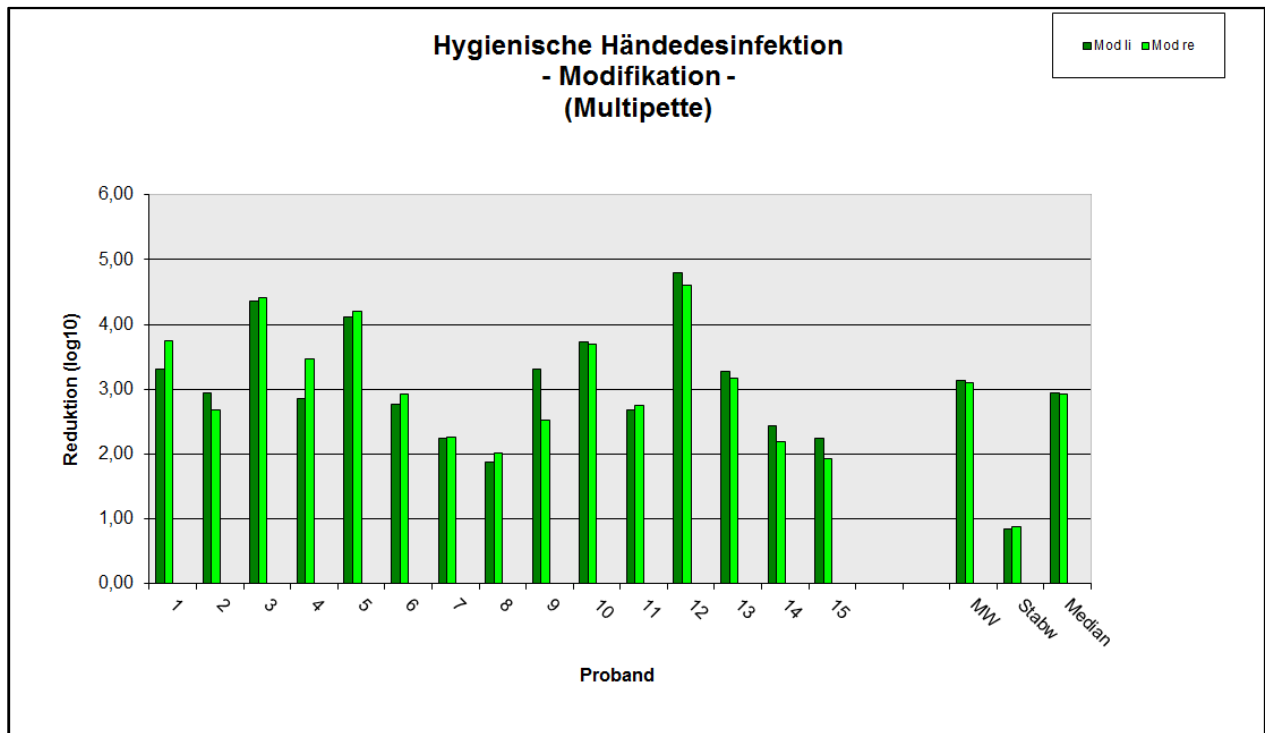


Abbildung 13: Ergebnisse der 15 Probanden bezüglich des modifizierten Verfahrens mit Hilfe der Multipette. In Dunkelgrün ist die linke Hand, in Hellgrün die rechte Hand der Probanden dargestellt.

4.3.1.3. Vergleich des Referenzverfahrens mit dem modifizierten Verfahren

Ein Vergleich der Mittelwerte der Reduktionsfaktoren beider Verfahren zeigte eine Überlegenheit des Referenzverfahrens mit einem Wert von 3,92 \log_{10} -Stufen verglichen mit 3,12 \log_{10} -Stufen beim modifizierten Verfahren (siehe Tabelle 5).

Zur Signifikanzprüfung wurde ein statistischer paariger Vergleich der beim Referenz- und modifizierten Verfahren erhobenen Werte durchgeführt. Die kleinere Rangsumme betrug hierbei 0. Diese wurde mit dem entsprechenden Wert aus der WILCOXON-Tabelle für $n = 15$ bei einem Signifikanzniveau $p = 0,1$ (= 36) verglichen. Da die berechnete kleinere Rangsumme (hier 0) < 36 ist, muss das modifizierte Verfahren als signifikant weniger wirksam beurteilt werden (siehe Tabelle 5).

Beim direkten Vergleich der Ergebnisse des Referenzverfahrens und des modifizierten Verfahrens wird deutlich, dass das Referenzverfahren eine größere Variationsbreite in der Keimreduktion aufweist (Abbildung 14).

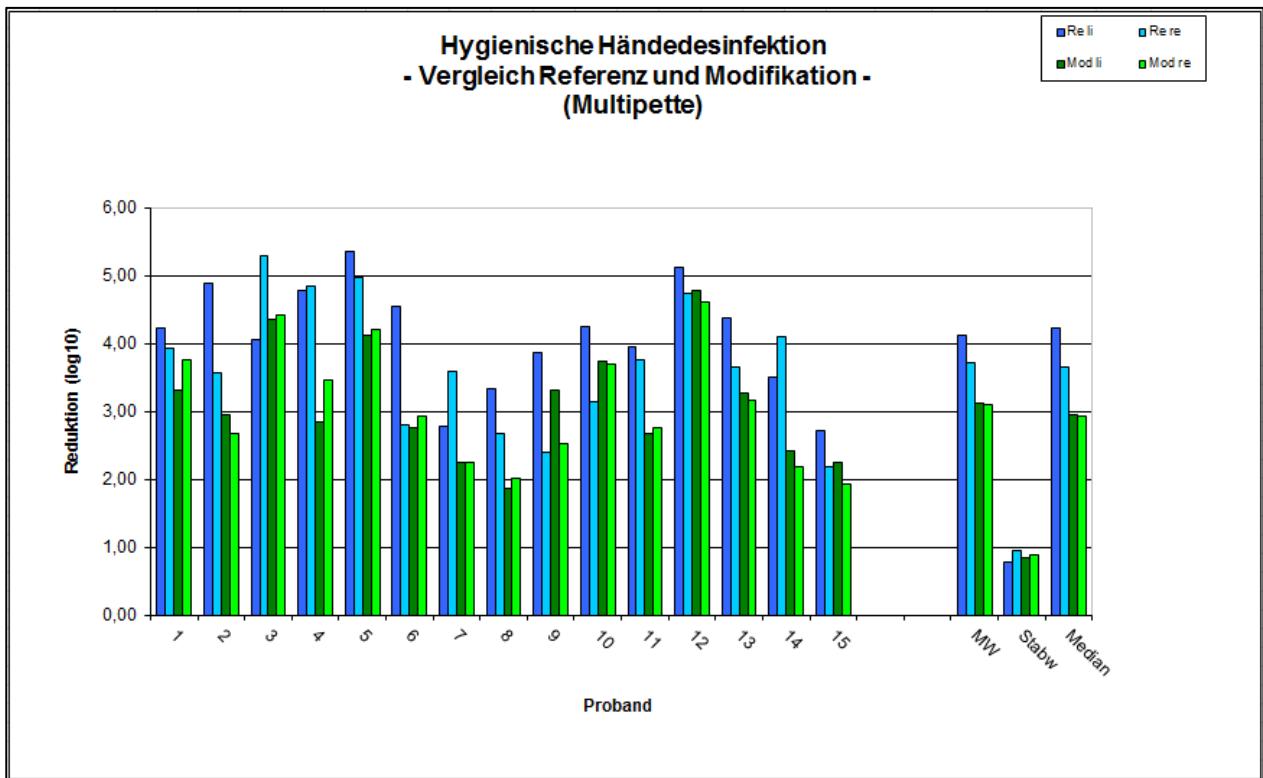


Abbildung 14: Vergleich des Referenzverfahrens (Dunkelblau = linke Hand; Hellblau = rechte Hand) mit dem modifizierten Verfahren (Dunkelgrün = linke Hand; Hellgrün = rechte Hand) mittels der Multipette als Applikationsform

4.3.1.4. Vergleich der Geschlechter

Die fünf weiblichen Probanden erreichten beim Referenzverfahren im Mittel eine Keimreduktion um 4,51 log₁₀-Stufen an der linken Hand und um 4,49 log₁₀-Stufen an der rechten Hand. Sie zeigten eine Variation der Keimreduktion zwischen 3,65 log₁₀-Stufen (Proband 13, rechte Hand) und 5,29 log₁₀-Stufen (Proband 3, rechte Hand). Die zehn männlichen Probanden verzeichneten an der linken Hand im Mittel eine Keimreduktion um 3,92 log₁₀-Stufen, an der rechten Hand um 3,32 log₁₀-Stufen. Die Größe der Keimreduktionen variierte zwischen 2,19 log₁₀-Stufen (Proband 15, rechte Hand) und 5,35 log₁₀-Stufen (Proband 5, linke Hand). Beim modifizierten Verfahren betrug die Keimreduktion bei den weiblichen Probanden im Mittel an der linken Hand 3,72 log₁₀-Stufen und an der rechten Hand 3,88 log₁₀-Stufen. Sie variierte zwischen 2,85 log₁₀-Stufen (Proband 4, linke Hand) und 4,79 log₁₀-Stufen (Proband 12, linke Hand). Die männlichen Probanden erzielten im Mittel eine Reduktion der *E.coli*-Kontamination an

der linken Hand um 2,83 \log_{10} -Stufen und an der rechten Hand um 2,72 \log_{10} -Stufen. Hierbei zeigte sich eine Varianz hinsichtlich der Keimreduktion zwischen 1,87 \log_{10} -Stufen (Proband 8, linke Hand) und 4,21 \log_{10} -Stufen (Proband 5, rechte Hand) (siehe Abbildung 15).

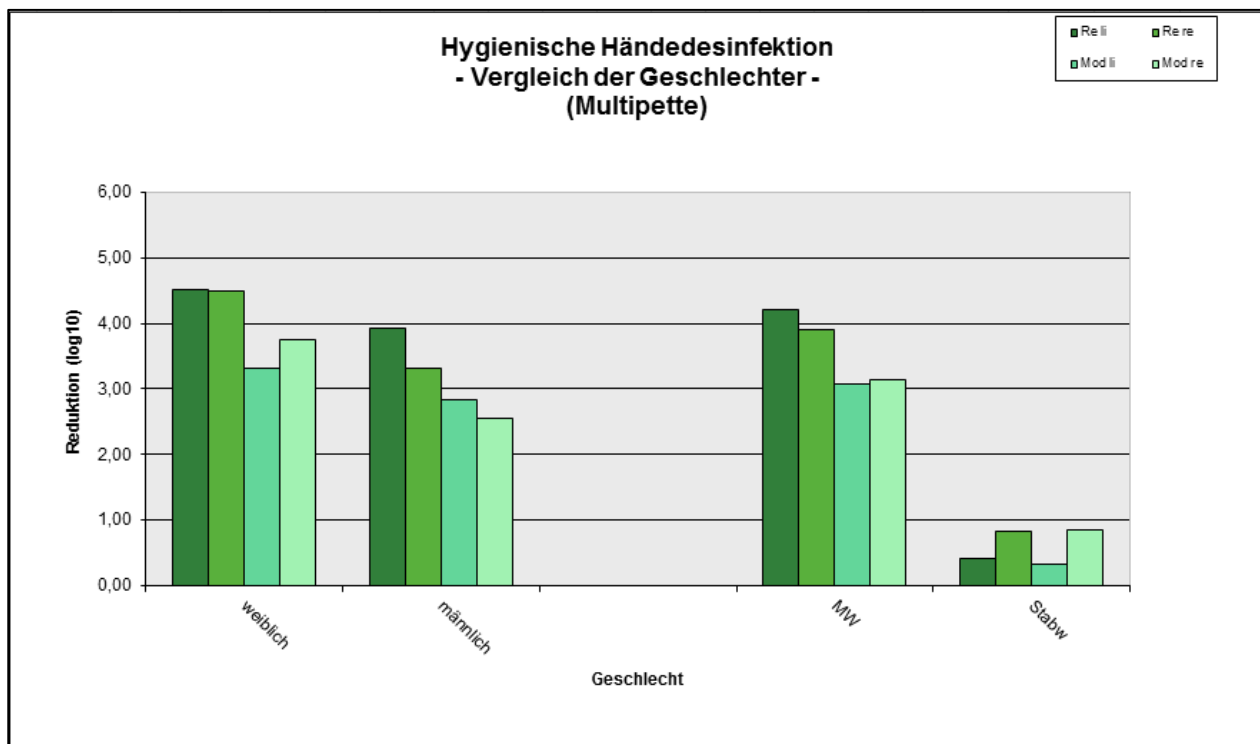


Abbildung 15: Vergleich der Geschlechter hinsichtlich des Referenzverfahrens und des modifizierten Verfahrens mit Hilfe der Multipette als Applikationsform. In Dunkelgrün sind die Ergebnisse des Referenzverfahrens an der linken Hand, in Hellgrün die des Referenzverfahrens der rechten Hand, in Dunkeltürkis die des modifizierten Verfahrens an der linken Hand und in Helltürkis die des modifizierten Verfahrens an der rechten Hand dargestellt.

4.3.1.5. Vergleich der dominanten Hände

Beim Referenzverfahren präsentierten von den zwölf Rechtshändern neun Probanden eine höhere Keimreduktion an der linken Hand, drei Probanden an der rechten Hand. Von den drei Linkshändern konnten zwei Probanden eine erfolgreichere Keimreduktion an der linken Hand vorweisen, einer an der rechten Hand. Beim modifizierten Verfahren zeigten von den zwölf Rechtshändern neun eine bessere Desinfektion der rechten

Hand, drei der linken Hand. Alle drei Linkshänder präsentierten eine erfolgreichere Keimreduktion an ihrer dominanten Hand, der Linken.

4.3.2. Steripower-Gerät als Applikationsform

In einer weiteren Testreihe wurde das Steripower-Gerät als alternative Applikationsform gewählt. Man findet es auf einigen Kinderstationen in Krankenhäusern, da der Spaßfaktor, der mit dem integrierten Sprühstoß einhergeht, vor allem bei Kindern einen zusätzlichen Reiz zur Anwendung der Händedesinfektion ausübt. Auch in dieser Testreihe wurde in Anlehnung an die DGHM-Standardmethode 2001 der Hygienischen Händedesinfektion – praxisnaher Versuch – von Gebel et al. (2002) gearbeitet und als Testorganismus *Escherichia coli* K12, NCTC 10538 verwendet. Dieselben 15 adulten Probanden, die sich schon für die Testreihe mit dem UV-Koffer sowie für die Versuchsreihe mit *E.coli* und der Multipette als Applikationsform bereit erklärten, nahmen teil.

4.3.2.1. Ergebnisse des Referenzverfahrens

Die Auswertung zeigte beim Referenzverfahren einen Mittelwert der Vorwerte von 7,48 \log_{10} -Stufen, der Nachwerte von 3,40 \log_{10} -Stufen und der Reduktionsfaktoren von 4,08 \log_{10} -Stufen (siehe Tabelle 6). Das Referenzverfahren erreichte eine Variationsbreite der Keimreduktion zwischen 2,31 \log_{10} -Stufen (Proband 4, rechte Hand) und 5,30 \log_{10} -Stufen (Proband 3, rechte Hand). Im Mittel betrug die Keimreduktion an der linken Hand 4,11 \log_{10} -Stufen und an der rechten Hand 4,05 \log_{10} -Stufen.

| Proband | Referenzverfahren | | | Modifiziertes Verfahren | | | Differenz RF(R)-RF(M) | Rang der Differenz | |
|---------|---|------|------|-------------------------|------|------|--------------------------|---|----------------|
| | VW | NW | RF | VW | NW | RF | | ohne Vorzeichen | mit Vorzeichen |
| 1 | 7,15 | 3,20 | 3,95 | 7,92 | 4,93 | 2,99 | 0,96 | 15 | + 15 |
| 2 | 7,51 | 3,39 | 4,12 | 7,27 | 4,01 | 3,26 | 0,86 | 14 | + 14 |
| 3 | 7,59 | 2,32 | 5,27 | 7,15 | 2,21 | 4,94 | 0,33 | 6 | + 6 |
| 4 | 7,44 | 3,77 | 3,67 | 7,51 | 3,75 | 3,76 | -0,09 | 2 | -2 |
| 5 | 7,24 | 2,54 | 4,70 | 7,57 | 3,12 | 4,45 | 0,25 | 4 | + 4 |
| 6 | 7,30 | 2,15 | 5,15 | 7,56 | 3,17 | 4,39 | 0,76 | 13 | + 13 |
| 7 | 7,80 | 4,79 | 3,01 | 7,78 | 4,94 | 2,84 | 0,17 | 3 | + 3 |
| 8 | 7,78 | 4,10 | 3,68 | 7,71 | 4,55 | 3,16 | 0,52 | 9 | + 9 |
| 9 | 7,97 | 4,44 | 3,53 | 7,93 | 4,97 | 2,96 | 0,57 | 11 | + 11 |
| 10 | 7,97 | 3,54 | 4,43 | 7,86 | 3,91 | 3,95 | 0,48 | 7 | + 7 |
| 11 | 7,15 | 3,73 | 3,42 | 7,22 | 3,86 | 3,36 | 0,06 | 1 | + 1 |
| 12 | 7,15 | 2,58 | 4,57 | 7,15 | 3,27 | 3,88 | 0,69 | 12 | + 12 |
| 13 | 7,25 | 3,23 | 4,02 | 7,74 | 4,28 | 3,46 | 0,56 | 10 | + 10 |
| 14 | 7,75 | 3,27 | 4,48 | 7,86 | 3,89 | 3,97 | 0,51 | 8 | + 8 |
| 15 | 7,15 | 3,89 | 3,26 | 7,15 | 4,17 | 2,98 | 0,28 | 5 | + 5 |
| X | 7,48 | 3,40 | 4,08 | 7,56 | 3,94 | 3,62 | | | |
| S | 0,31 | 0,77 | 0,67 | 0,30 | 0,77 | 0,63 | | | |
| N | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | | | |
| VW: | Vorwert (log10) | | | | | | RF(R): | Reduktionsfaktor des Referenzverfahrens | |
| NW: | Nachwert (log10) | | | | | | RF(M): | Reduktionsfaktor des Modifizierten Verfahrens | |
| RF: | Reduktionsfaktor (log10) | | | | | | | | |
| X: | Arithmetischer Mittelwert von VW, NW und RF | | | | | | | | |
| S: | Standardabweichung | | | | | | Rangsummen (+): | 118 | |
| N: | Gesamtanzahl der Probanden | | | | | | Rangsummen (-): | 2 | |

Tabelle 6: Auswertung der Testreihe mit der Applikationsform Steripower-Gerät

Der erste Proband erreichte an der linken Hand eine Reduktion der *E.coli*-Kontamination um 3,92 log₁₀-Stufen, an der rechten Hand um 3,97 log₁₀-Stufen. Eine Keimreduktion um 3,86 log₁₀-Stufen an der linken Hand und um 4,39 log₁₀-Stufen an der rechten Hand wies der zweite Proband vor. Der dritte Proband zeigte eine Keimreduktion um 5,24 log₁₀-Stufen an der linken Hand sowie um 5,30 log₁₀-Stufen an der rechten Hand. Der vierte Proband präsentierte eine deutliche Dominanz der Keimreduktion an der linken Hand mit 5,02 log₁₀-Stufen verglichen mit 2,31 log₁₀-Stufen an der rechten Hand. Der fünfte Proband erzielte eine Reduktion der *E.coli*-Kontamination an der linken Hand um 4,85 log₁₀-Stufen, an der rechten Hand um 4,54 log₁₀-Stufen. Eine Keimreduktion um 5,22 log₁₀-Stufen an der linken Hand und um 5,08 log₁₀-Stufen an der rechten Hand verzeichnete der sechste Proband. Beim siebten Probanden betrug die Keimreduktion 3,03 log₁₀-Stufen an der linken Hand und 2,98 log₁₀-Stufen an der rechten Hand. Der achte Proband erreichte eine Keimreduktion an der linken Hand um 3,64 log₁₀-Stufen, an der rechten Hand um 3,72 log₁₀-Stufen. Eine Keimreduktion um 3,76 log₁₀-Stufen an der linken Hand sowie um 3,29 log₁₀-Stufen an der rechten Hand erzielte der neunte Proband. Der zehnte Proband präsentierte an der linken Hand eine Keimreduktion um 4,37 log₁₀-Stufen, an der rechten Hand um 4,47 log₁₀-Stufen. Der elfte Proband wies eine Keimreduktion an der linken Hand um 3,45 log₁₀-Stufen und an der rechten Hand

um 3,39 \log_{10} -Stufen vor. Eine Überlegenheit der Desinfektion der rechten Hand zeigte der zwölfte Proband mit einer Keimreduktion um 5,00 \log_{10} -Stufen verglichen mit 4,14 \log_{10} -Stufen an der linken Hand. Beim 13. Probanden betrug die Reduktion der *E.coli*-Kontamination an der linken Hand 3,89 \log_{10} -Stufen sowie an der rechten Hand 4,15 \log_{10} -Stufen. Der 14. Proband verzeichnete an der linken Hand eine Keimreduktion um 4,59 \log_{10} -Stufen, an der rechten Hand um 4,36 \log_{10} -Stufen. Beim 15. Probanden dominierte die Keimreduktion an der rechten Hand mit einem Wert von 3,87 \log_{10} -Stufen verglichen mit 2,65 \log_{10} -Stufen an der linken Hand (siehe Abbildung 16). Überblickend lässt sich festhalten, dass neun Probanden eine erfolgreichere Desinfektion an der rechten Hand durchführten, sechs Probanden an der linken Hand.

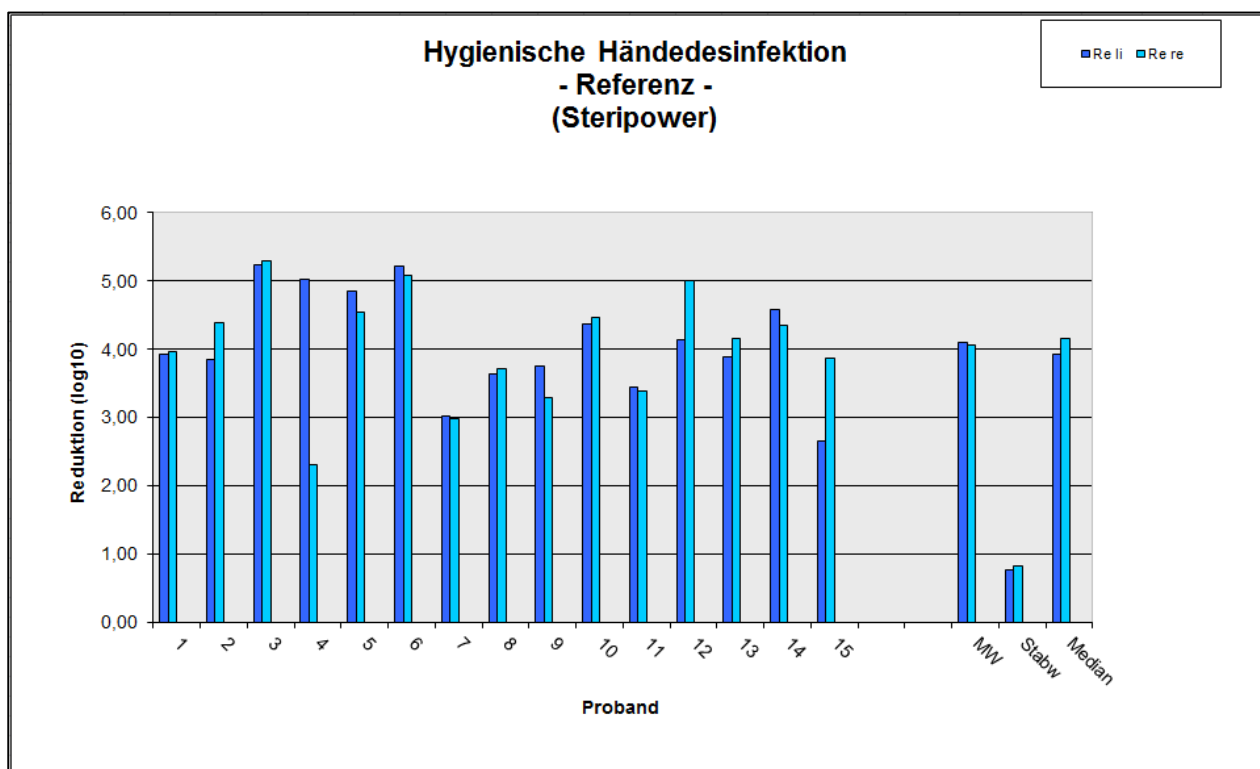


Abbildung 16: Ergebnisse der 15 Probanden bezüglich des Referenzverfahrens mit Hilfe des Steripower-Gerätes. In Dunkelblau ist die linke Hand, in Hellblau die rechte Hand der Probanden dargestellt.

4.3.2.2. Ergebnisse des modifizierten Verfahrens

Das modifizierte Verfahren lieferte einen Mittelwert der Vorwerte von 7,56 \log_{10} -Stufen, der Nachwerte von 3,94 \log_{10} -Stufen und der Reduktionsfaktoren von 3,62 \log_{10} -Stufen

(Tabelle 6). Die Reduktion der *E.coli*-Kontamination variierte zwischen 2,66 log₁₀-Stufen (Proband 9, rechte Hand) und 5,00 log₁₀-Stufen (Proband 3, rechte Hand). Im Mittel betrug die Keimreduktion an der linken Hand 3,65 log₁₀-Stufen, an der rechten Hand 3,60 log₁₀-Stufen (siehe Abbildung 17).

Der erste Proband verzeichnete an der linken Hand eine Keimreduktion um 2,97 log₁₀-Stufen, an der rechten Hand um 3,02 log₁₀-Stufen. Eine Keimreduktion um 3,40 log₁₀-Stufen an der linken Hand sowie um 3,10 log₁₀-Stufen an der rechten Hand erreichte der zweite Proband. Eine Reduktion der *E.coli*-Kontamination um 4,87 log₁₀-Stufen an der linken Hand und um 5,00 log₁₀-Stufen an der rechten Hand zeigte der dritte Proband. Der vierte Proband erzielte eine Keimreduktion an der linken Hand um 3,65 log₁₀-Stufen, an der rechten Hand um 3,87 log₁₀-Stufen. Beim fünften Probanden betrug die Keimreduktion an der linken Hand 4,33 log₁₀-Stufen, an der rechten Hand 4,57 log₁₀-Stufen. Der sechste Proband präsentierte an der linken Hand eine Keimreduktion um 4,33 log₁₀-Stufen und an der rechten Hand um 4,46 log₁₀-Stufen. Eine Keimreduktion um 2,93 log₁₀-Stufen an der linken Hand sowie um 2,75 log₁₀-Stufen an der rechten Hand wies der siebte Proband vor. Der achte Proband erreichte eine Reduktion der *E.coli*-Kontamination um 3,15 log₁₀-Stufen an der linken Hand und um 3,17 log₁₀-Stufen an der rechten Hand. Der neunte Proband verzeichnete an der linken Hand eine Keimreduktion um 3,26 log₁₀-Stufen, an der rechten Hand um 2,66 log₁₀-Stufen. Eine Keimreduktion um 4,10 log₁₀-Stufen an der linken Hand sowie um 3,79 log₁₀-Stufen an der rechten Hand präsentierte der zehnte Proband. Der elfte Proband erzielte an der linken Hand eine Keimreduktion um 3,64 log₁₀-Stufen, an der rechten Hand um 3,06 log₁₀-Stufen. Beim zwölften Probanden betrug die Keimreduktion 3,67 log₁₀-Stufen an der linken Hand und 4,08 log₁₀-Stufen an der rechten Hand. Der 13. Proband zeigte an der linken Hand eine Keimreduktion um 3,57 log₁₀-Stufen, an der rechten Hand um 3,36 log₁₀-Stufen. Der 14. Proband wies an der linken Hand eine Keimreduktion um 4,09 log₁₀-Stufen sowie an der rechten Hand um 3,87 log₁₀-Stufen vor. Die Reduktion der *E.coli*-Kontamination betrug beim 15. Probanden an der linken Hand 2,77 log₁₀-Stufen, an der rechten Hand 3,19 log₁₀-Stufen. Dementsprechend desinfizierten sich acht Probanden erfolgreicher die rechte Hand, sieben Probanden die linke Hand.

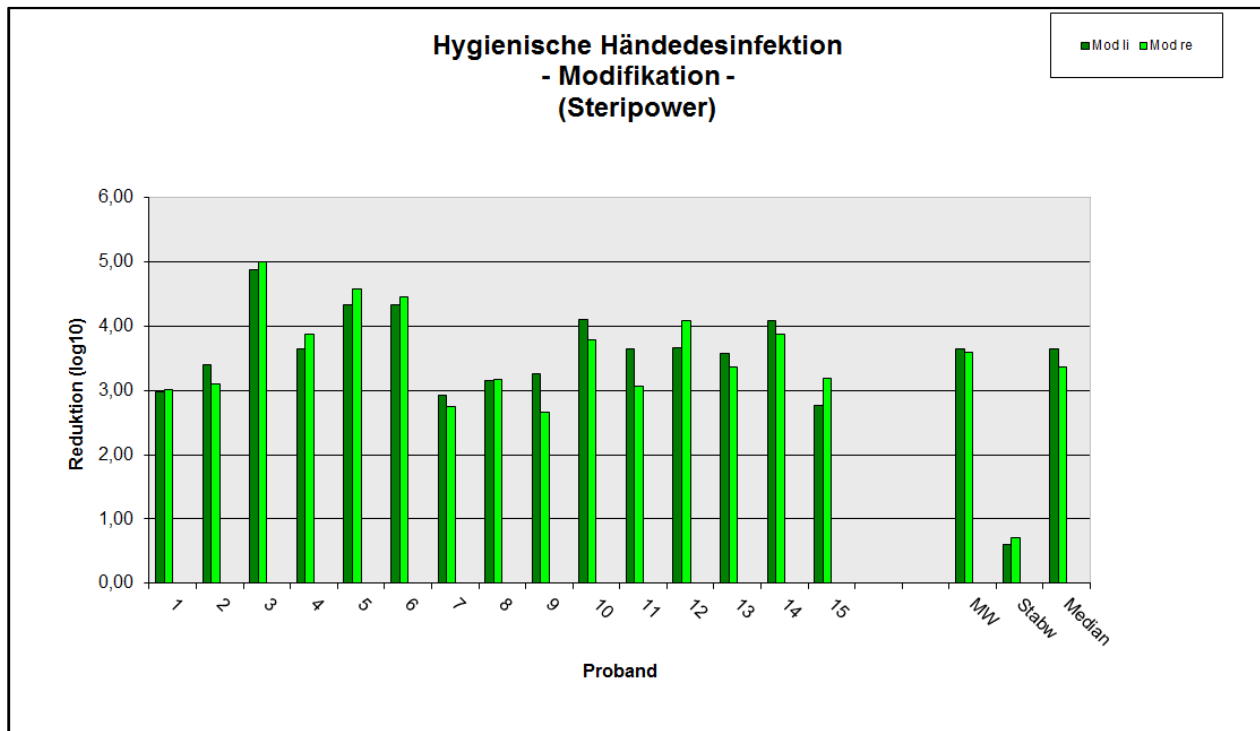


Abbildung 17: Ergebnisse der 15 Probanden bezüglich des modifizierten Verfahrens mit Hilfe des Steripower-Gerätes. In Dunkelgrün ist die linke Hand, in Hellgrün die rechte Hand der Probanden dargestellt.

4.3.2.3. Vergleich des Referenzverfahrens mit dem modifizierten Verfahren

Ein Vergleich der Mittelwerte der Reduktionsfaktoren beider Verfahren bewies eine Überlegenheit des Referenzverfahrens mit einem Wert von 4,08 \log_{10} -Stufen gegenüber 3,62 \log_{10} -Stufen bei dem modifizierten Verfahren bezüglich der Reduktion der *E.coli*-Kontamination (siehe Tabelle 6).

Verifiziert wurde dieses Ergebnis durch die statistische Signifikanzprüfung. Die Berechnung der Rangsummen ergab bei Auswertung von 15 Probanden die kleinere Rangsumme von 2. Vergleicht man diese kleinere Rangsumme mit dem Wert aus der WILCOXON-Tabelle für $n = 15$ bei einem Signifikanzniveau von $p = 0,1$ ($= 36$), ist die kleinere Rangsumme (hier 2) < 36 . Dies bedeutet, dass das modifizierte Verfahren signifikant weniger wirksam ist (siehe Tabelle 6). Bezüglich dieses Ergebnisses ist zu betonen, dass bei beiden Applikationsformen (Multipette und Steripower) die gleiche Menge an Desinfektionsmittel eingesetzt wurde. Das Referenzverfahren erzielte eine

Variationsbreite der Keimreduktion zwischen 2,31 und 5,30 \log_{10} -Stufen, das modifizierte Verfahren zwischen 2,66 und 5,00 \log_{10} -Stufen (siehe Abbildung 18).

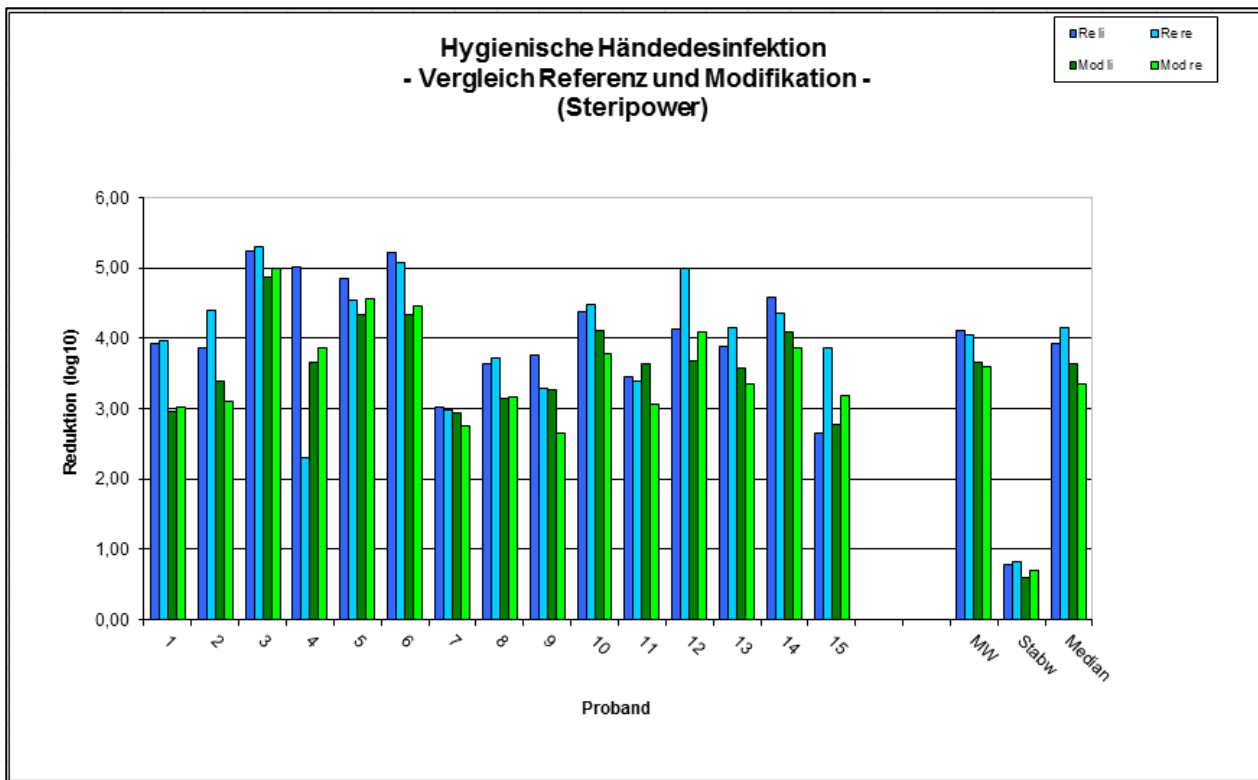


Abbildung 18: Vergleich des Referenzverfahrens (Dunkelblau = linke Hand; Hellblau = rechte Hand) mit dem modifizierten Verfahren (Dunkelgrün = linke Hand; Hellgrün = rechte Hand) mittels des Steripower-Gerätes als Applikationsform

4.3.2.4. Vergleich der Geschlechter

Die fünf weiblichen Probanden erzielten mit Hilfe des Steripower-Gerätes beim Referenzverfahren im Mittel eine Reduktion der *E.coli*-Kontamination an der linken Hand um 4,44 \log_{10} -Stufen sowie an der rechten Hand um 4,15 \log_{10} -Stufen. Die Keimreduktion variierte zwischen 2,31 \log_{10} -Stufen (Proband 4, rechte Hand) und 5,3 \log_{10} -Stufen (Proband 3, rechte Hand). Die zehn männlichen Probanden erreichten beim Referenzverfahren im Mittel eine Keimreduktion um 3,94 \log_{10} -Stufen an der linken Hand und um 4,01 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand. Hierbei zeigte sich eine Variation der Keimreduktion zwischen 2,65 \log_{10} -Stufen (Proband 15, linke Hand) und 5,22 \log_{10} -Stufen (Proband 6, linke Hand). Beim modifizierten Verfahren betrug bei den weiblichen Probanden die Keimreduktion im Mittel an der linken Hand 3,75 \log_{10} -Stufen und an der

rechten Hand 3,87 \log_{10} -Stufen. Die Reduktion der *E.coli*-Kontamination zeigte dabei Werte zwischen 2,97 \log_{10} -Stufen (Proband 1, linke Hand) und 5,00 \log_{10} -Stufen (Proband 3, rechte Hand). Die männlichen Probanden verzeichneten bezüglich des modifizierten Verfahrens im Mittel eine Keimreduktion um 3,60 \log_{10} -Stufen an der linken Hand sowie um 3,22 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand. Die Keimreduktion schwankte hierbei zwischen 2,66 \log_{10} -Stufen (Proband 9, rechte Hand) und 4,57 \log_{10} -Stufen (Proband 5, rechte Hand) (siehe Abbildung 19).

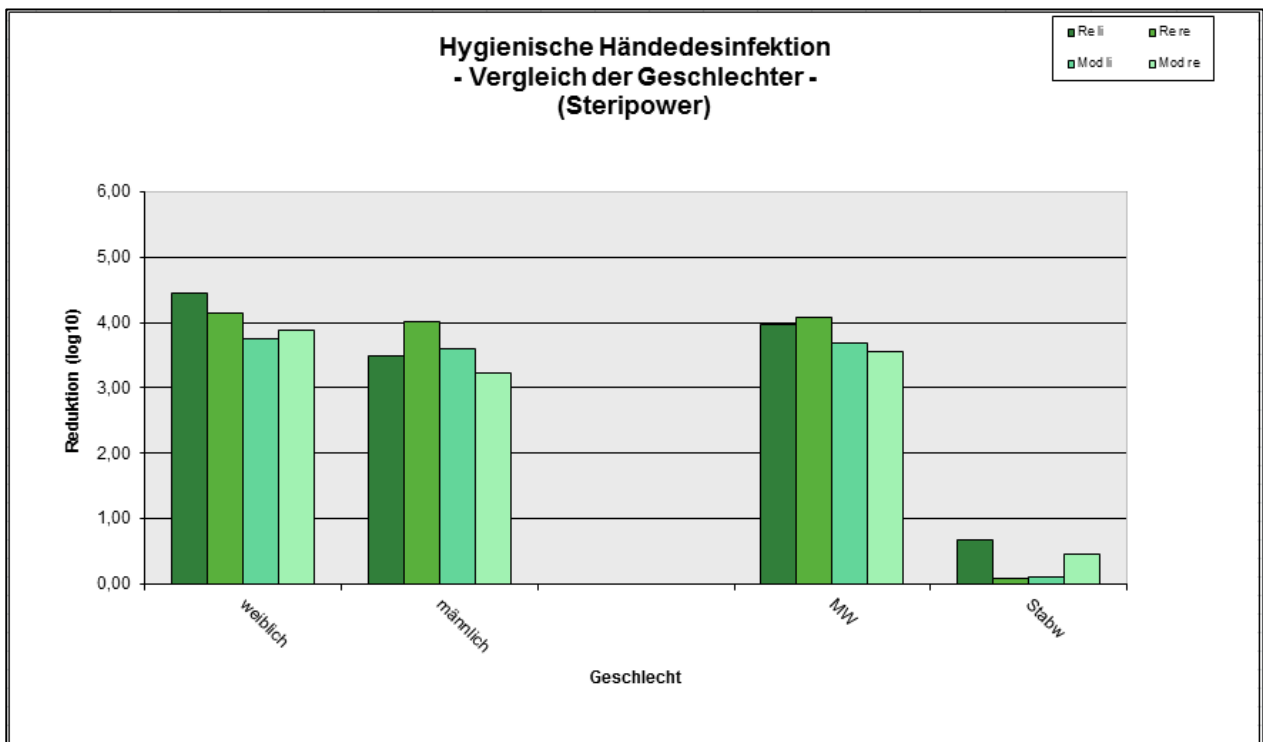


Abbildung 19: Vergleich der Geschlechter hinsichtlich des Referenzverfahrens und des modifizierten Verfahrens mit Hilfe des Steripower-Gerätes als Applikationsform. In Dunkelgrün sind die Ergebnisse des Referenzverfahrens an der linken Hand, in Hellgrün die des Referenzverfahrens der rechten Hand, in Dunkeltürkis die des modifizierten Verfahrens an der linken Hand und in Helltürkis die des modifizierten Verfahrens an der rechten Hand dargestellt.

4.3.2.5. Vergleich der dominanten Hände

Sechs der zwölf Rechtshänder präsentierten beim Referenzverfahren ein besseres Ergebnis an der rechten Hand, die anderen sechs an der linken Hand. Von den drei Linkshändern zeigten zwei eine erfolgreichere Desinfektion an der rechten Hand und

einer an der linken Hand. Beim modifizierten Verfahren wiesen sieben der zwölf Rechtshänder eine höhere Keimreduktion an der rechten Hand vor, fünf an der linken Hand. Zwei Linkshänder erreichten bessere Desinfektionsergebnisse an der linken Hand und einer an der rechten Hand.

4.3.3. Vergleich der Applikationsformen Multipette und Steripower-Gerät

Hinsichtlich des Referenzverfahrens reduzierte das Steripower-Gerät die *E.coli*-Kontamination im Mittel an der rechten Hand um 0,34 \log_{10} -Stufen mehr als die Multipette, an der linken Hand erreicht die Multipette eine höhere Keimreduktion im Mittel um 0,01 \log_{10} -Stufen verglichen mit dem Steripower-Gerät (siehe Abbildung 20).

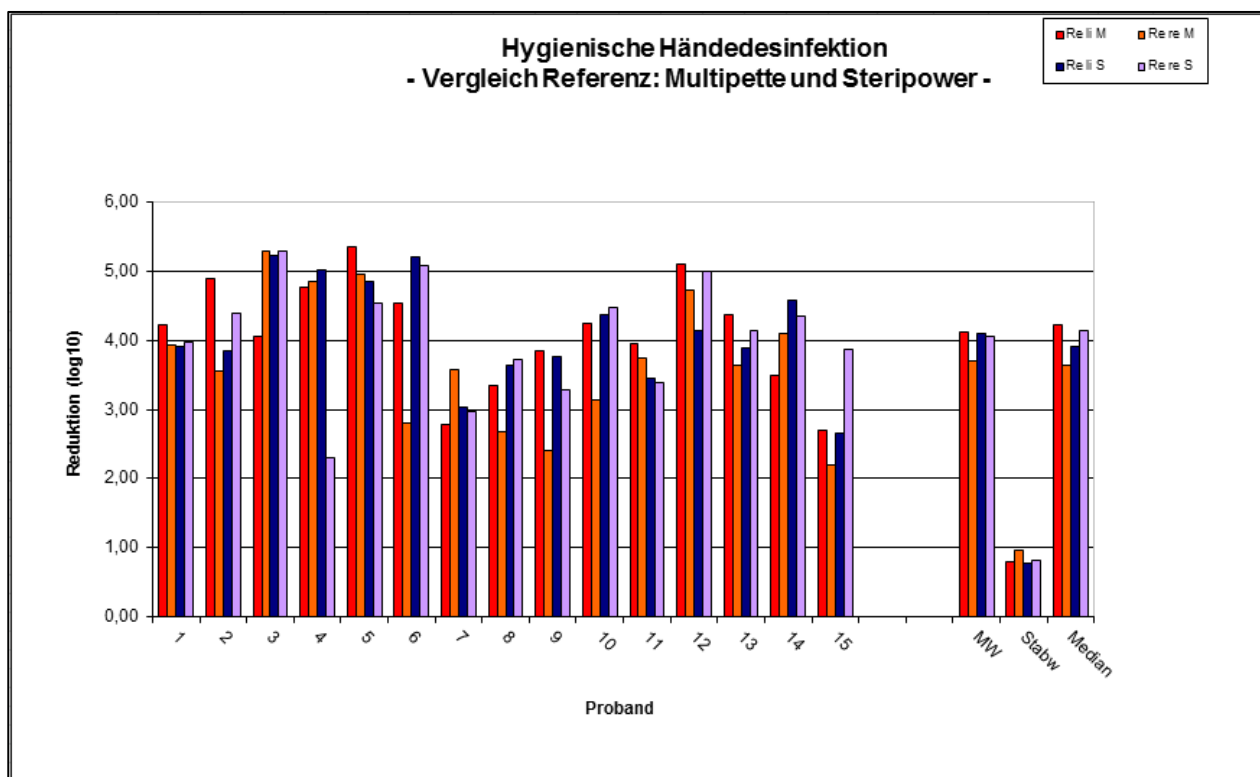


Abbildung 20: Vergleich der Ergebnisse des Referenzverfahrens mittels der Multipette (Dunkelrot = linke Hand; Hellrot = rechte Hand) sowie des Steripower-Gerätes (Dunkelblau = linke Hand; Hellblau = rechte Hand)

Beim Vergleich der Applikationsformen mit Hilfe des modifizierten Verfahrens präsentierte das Steripower-Gerät eine Dominanz an beiden Händen bezüglich der

Keimreduktion. Es reduzierte an der rechten Hand im Mittel um 0,49 log₁₀-Stufen, an der linken Hand um 0,52 log₁₀-Stufen mehr Keime als die Multipette (siehe Abbildung 21).

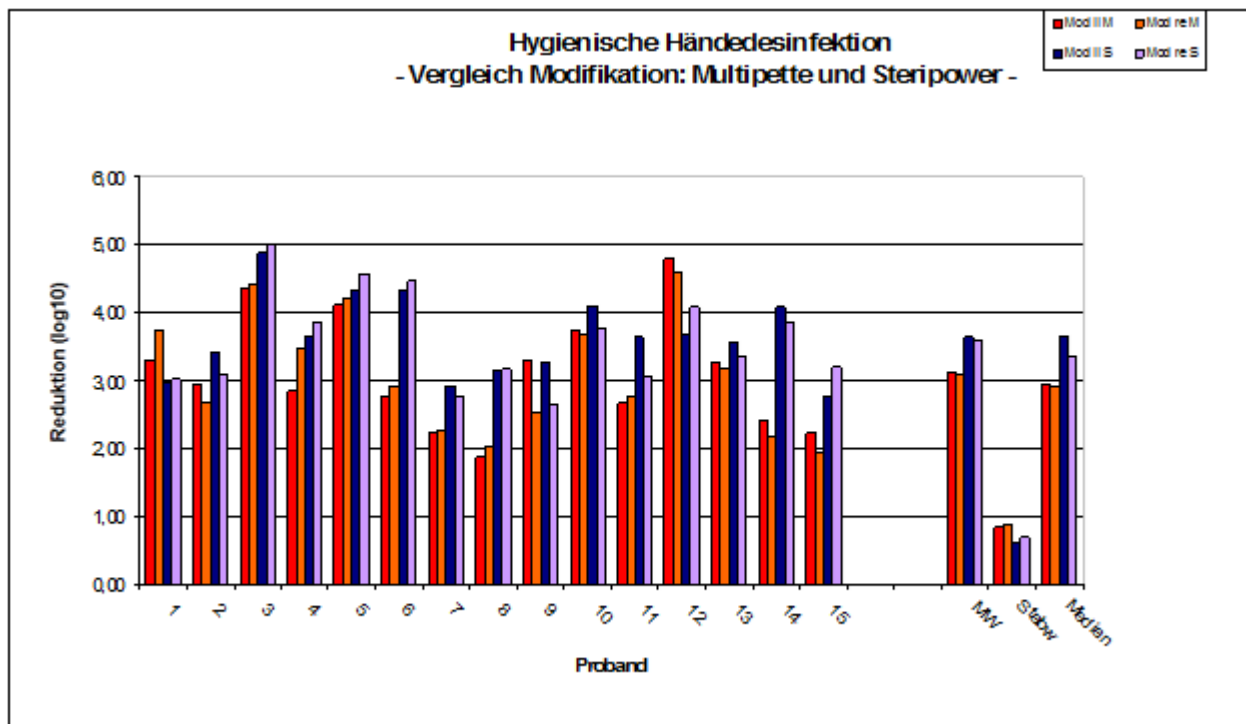


Abbildung 21: Vergleich der Ergebnisse des modifizierten Verfahrens mittels der Multipette (Dunkelrot = linke Hand; Hellrot = rechte Hand) sowie des Steripower-Gerätes (Dunkelblau = linke Hand; Hellblau = rechte Hand)

Die weiblichen Probanden erzielten im Mittel an der rechten Hand beim Referenzverfahren eine höhere Keimreduktion mit Hilfe der Multipette um 0,34 log₁₀-Stufen verglichen mit dem Steripower-Gerät, die männlichen Probanden schafften eine höhere Keimreduktion durch das Steripower-Gerät mit einer Überlegenheit von 0,17 log₁₀-Stufen. An der linken Hand zeigten beide Geschlechter eine höhere *E.coli*-Reduktion mittels der Multipette, die weiblichen Probanden um 0,07 log₁₀-Stufen, die männlichen Probanden um 0,43 log₁₀-Stufen (siehe Abbildung 22).

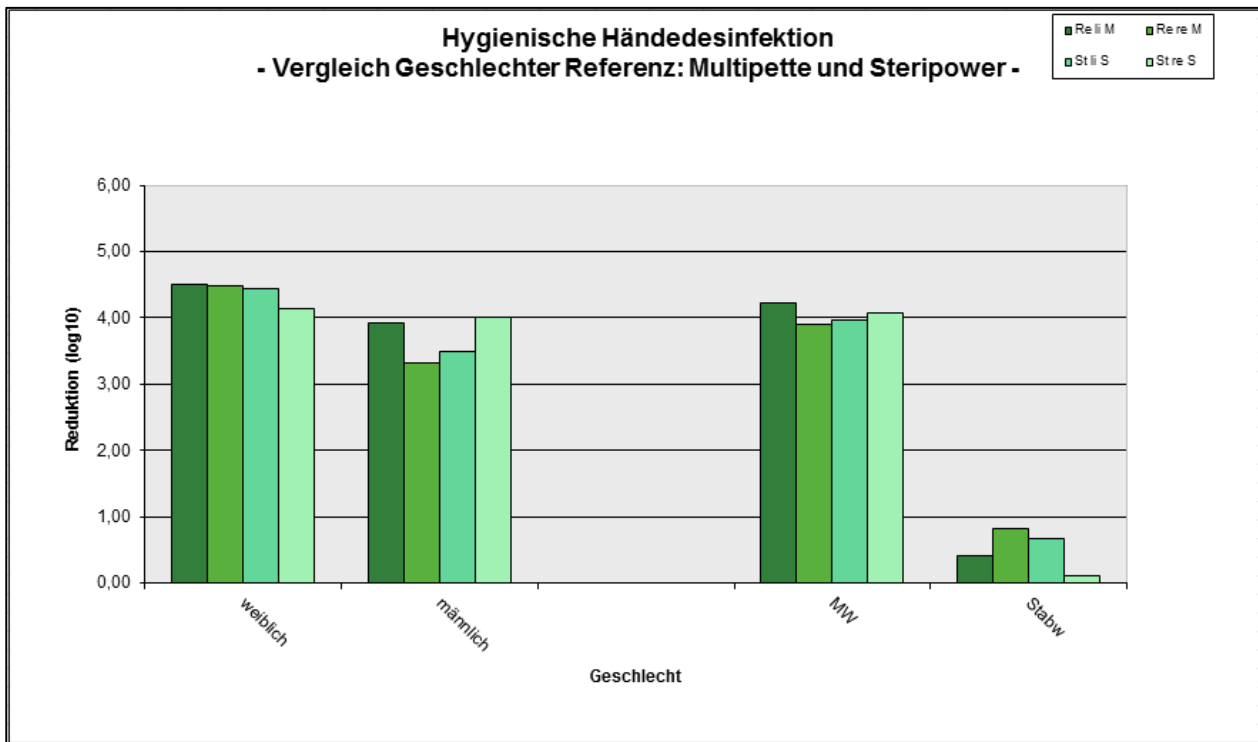


Abbildung 22: Vergleich der Geschlechter hinsichtlich der Applikationsformen Multipette und Steripower-Gerät mit Hilfe des Referenzverfahrens. In Dunkelgrün sind die Ergebnisse des Referenzverfahrens mit Hilfe der Multipette an der linken Hand, in Hellgrün an der rechten Hand, in Dunkeltürkis die des Referenzverfahrens mit Hilfe des Steripower-Gerätes an der linken Hand und in Helltürkis an der rechten Hand dargestellt.

Das Steripower-Gerät erzielte beim modifizierten Verfahren im Mittel an der rechten als auch an der linken Hand sowohl bei den weiblichen als auch bei den männlichen Probanden eine größere Keimreduktion verglichen mit der Multipette. Es wies an der rechten Hand im Mittel eine Reduktion um 0,12 \log_{10} -Stufen mehr Keime bei den weiblichen sowie um 0,67 \log_{10} -Stufen bei den männlichen Probanden auf. Bezüglich der Keimreduktion an der linken Hand erreichten die weiblichen Probanden mittels des Steripower-Gerätes eine Differenz von 0,61 \log_{10} -Stufen zur Multipette, die männlichen Probanden von 0,77 \log_{10} -Stufen (siehe Abbildung 23).

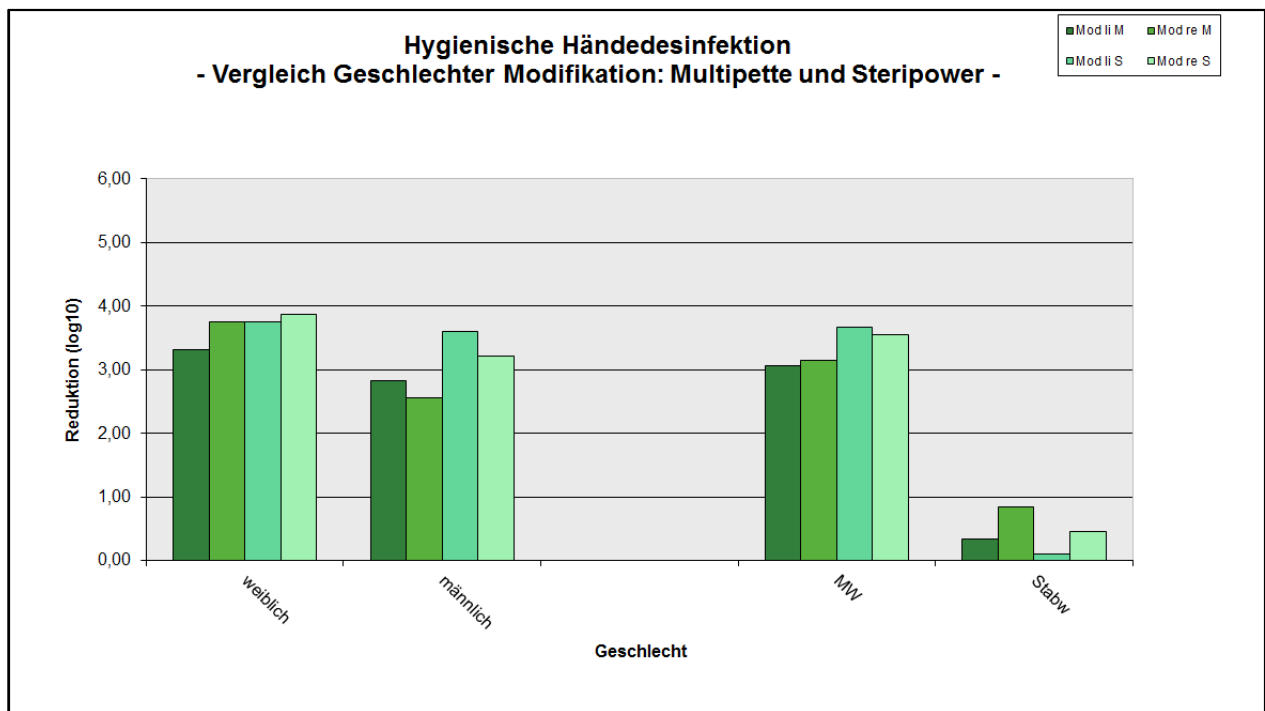


Abbildung 23: Vergleich der Geschlechter hinsichtlich der Applikationsformen Multipette und Steripower-Gerät mit Hilfe des modifizierten Verfahrens. In Dunkelgrün sind die Ergebnisse des modifizierten Verfahrens mit Hilfe der Multipette an der linken Hand, in Hellgrün an der rechten Hand, in Dunkeltürkis die des modifizierten Verfahrens mit Hilfe des Steripower-Gerätes an der linken Hand und in Helltürkis an der rechten Hand dargestellt.

5. Diskussion

Im Folgenden werden die Ergebnisse der oben beschriebenen Versuchsreihen diskutiert, um die Bedeutung des modifizierten Verfahrens im Hinblick auf die quantitative und qualitative Wirksamkeit der Händedesinfektion, die Compliance bei Kindern sowie den Vergleich mit der Referenzmethode zu beleuchten.

5.1. Versuchsreihe mit dem UV-Koffer bei adulten Probanden

Die Versuchsreihe mit dem UV-Koffer bei adulten Probanden übernimmt die Funktion der Darlegung des Vergleiches der quantitativen Wirksamkeit des modifizierten Verfahrens mit der des Referenzverfahrens der Händedesinfektion. Dementsprechend wird hierbei das Augenmerk auf die Anzahl und Lokalisation der Benetzungslücken der Desinfektion gelegt, jedoch kann keine Aussage zum Grad der Desinfektion in den entsprechenden Bereichen getroffen werden.

Das Referenzverfahren und das modifizierte Verfahren zeigten sich bezogen auf die Anzahl der Benetzungslücken beinahe gleichwertig, Unterschiede tauchten in der Lokalisation der Schwachstellen auf (siehe Abbildung 6). Kein einziger adulter Proband erzielte mittels eines der beiden Methoden vollständig benetzte Hände, so dass beide Verfahren einschließlich des Zusammenspiels aus Schrittabfolge, Einwirkzeit und Desinfektionsmittelmenge noch verbesserungsfähig sind. Beide Verfahren erreichten vollständig benetzte Handinnenflächen und Fingerkuppen sowohl an der rechten, als auch an der linken Hand. Dies ist als Erfolg zu verzeichnen, da diese Areale im Alltag den größten Kontakt zur Umwelt und dementsprechend auch zu Keimen vorweisen. Die Haut der palmaren Handseite gilt als eines der größten Sinnesorgane der Stereognosie, also der Form-, Raum- und Gestaltwahrnehmung durch das Betasten. Dabei weisen die Rezeptoren der Fingerspitzen ein besonders hohes Auflösungsvermögen auf (Schmidt et al., 2006). Das Erleben sowie das Er- bzw. Befassen der Umwelt mittels der palmaren Hand wird durch ihre Greiffunktion belegt. Die kindliche Entwicklung zeigt die Fähigkeit des Greifens in mehreren Schritten: vom palmaren Greifen über den Pinzettengriff bis hin zum Zangengriff (Rothgang, 2009). Im Mittelpunkt der Berührung steht immer die palmare Hand.

Gehäuft traten beim Referenzverfahren Schwachstellen der Desinfektion am proximalen Handrücken und auf der dorsalen Seite des Daumengrundgelenkes auf (siehe Abbildung 7). Das modifizierte Verfahren zeigte in diesem Bereich bessere Ergebnisse, erzielte dafür hingegen im Areal der dorsalen Seite der distalen Endglieder des Daumens und des Zeigefingers vermehrt Benetzungslücken (siehe Abbildung 8). Unterschiede zwischen den Händedesinfektionsmethoden existierten ebenso bei Betrachtung der rechten und linken Hand. Das Referenzverfahren wies im Mittel eine höhere Anzahl von Benetzungslücken an der rechten Hand, das modifizierte Verfahren an der linken Hand auf. Eine erfolgreiche Desinfektion der rechten Hand trägt besondere Bedeutung, da die rechte Hand bei 85-90 % der Bevölkerung die dominante Hand darstellt. Eine Sinistralität (Linkshändigkeit) kommt bei 5-15 % und eine Bilateralität (Beidhändigkeit) bei 5-10 % der Menschen vor (Wirth et al., 2000). Die dominante Hand ist die Gebrauchshand und steht so im engeren Kontakt zur Umwelt. Da bei dieser Testreihe die Multipette als Applikationsart gewählt wurde, ist zu berücksichtigen, dass bei beiden Verfahrensformen das fluoreszierende Desinfektionsmittel auf die linke Handinnenfläche des Probanden gegeben wurde. Ebenso wurde jeder Schritt bei beiden Verfahren an der linken Hand begonnen. Trotz dieser deutlichen Bevorzugung der linken Hand schaffte das modifizierte Verfahren ein besseres Abschneiden in der Benetzung an der rechten Hand.

In dieser Testreihe schnitten bei beiden Verfahren die weiblichen Probanden im Vergleich zu ihren männlichen Kollegen besser ab. Fraglich ist, ob dies an einer schnelleren motorischen Umsetzungsfähigkeit bei Frauen im Allgemeinen oder bzw. und an einer Korrelation zwischen Handgröße und Desinfektionsmittelmenge liegt. Es wird dem weiblichen Geschlecht in der Literatur ein Vorteil in der Lösung feinmotorischer Aufgaben zugeschrieben (Rohde et al., 2007). Es lässt sich sagen, dass die männlichen Probanden im Durchschnitt flächenmäßig größere Hände besitzen im Vergleich zu den weiblichen Probanden. Folglich benötigen sie dann auch mehr fluoreszierendes Desinfektionsmittel, um die Gesamtheit ihrer Handfläche zu benetzen. Bei dieser Versuchsreihe erhielten aber alle Probanden die gleiche Menge an Desinfektionsmittel, nämlich 1 x 3,0 ml (modifiziertes Verfahren) bzw. 2 x 3,0 ml (Referenzverfahren).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das modifizierte Verfahren keineswegs dem Referenzverfahren unterlegen ist, sondern vor allem Vorteile in Bezug auf die Desinfektion der rechten Hand als dominante Hand zeigt.

5.2. Versuchsreihe mit dem UV-Koffer bei Kindern

Die Versuchsreihe mit dem UV-Koffer in einer Grundschule untersucht das kindliche Verhalten sowie die kognitive und motorische Verarbeitung beider Verfahren im Vergleich. Hierbei liegt besonderer Stellenwert auf der Compliance, da nur eine ausreichende Motivation, einhergehend mit Lernerfolg, die tatsächliche Durchführung der Händedesinfektion in der Praxis unterstützt. Das Steripower-Gerät wurde als Applikationsform verwendet, da der integrierte Sprühstoß einen zusätzlichen Reiz zur Anwendung sowie eine Förderung des Spaßfaktors darstellen sollte. Die Kinder nahmen in dieser Testreihe das Steripower-Gerät mit großer Begeisterung und Freude an. Nach Absolvierung der Versuche kamen viele Kinder freiwillig erneut, um wiederholt ihre Hände in das Steripower-Gerät zu halten.

Die Versuchsreihe unter Kindern unterstrich das Ergebnis der einwandfreien Benetzung der Handinnenflächen und Fingerkuppen beider Verfahren des adulten Probandenkollektivs (siehe 4.2.1). Das modifizierte Verfahren dominierte bei allen Probanden durch eine geringere Gesamtanzahl der Benetzungslücken an der rechten und linken Hand (siehe Abbildung 9). Außerdem erreichte ein Kind durch das modifizierte Verfahren vollständig benetzte Hände, kein Kind schaffte dies mit Hilfe des Referenzverfahrens. Ebenso existierten Unterschiede hinsichtlich des Verteilungsmusters der Desinfektion der rechten und linken Hand. Beim Referenzverfahren wurden im Mittel mehr Benetzungslücken an der rechten Hand sichtbar, welches einen Nachteil der rechten Hand als bevorzugte Gebrauchshand zur Dekontamination im Alltag darstellt. Dieses Verhalten lässt sich nicht mit der Art der Applikationsform erklären. Durch das Steripower-Gerät werden beide Hände flächenhaft gleichmäßig besprüht. Im Gegensatz dazu kann in der Interpretation des Ergebnisses berücksichtigt werden, dass beim Referenzverfahren jeder Schritt an der linken Hand beginnt und so die linke Hand mengenmäßig mehr Desinfektionsmittel erhält. Die Benetzungslücken verteilten sich beim modifizierten Verfahren im Mittel gleichmäßiger

auf beide Hände, so dass die rechte Hand nicht vernachlässigt wurde. Dennoch ist eine stärkere Desinfektion der rechten Hand wünschenswert. Auch diese Testreihe bestärkt das Ergebnis der adulten Probanden hinsichtlich der Lokalisationen der Schwachstellen beider Verfahren. Das Referenzverfahren zeigte Schwachstellen im Mittel in der Desinfektion des proximalen Handrückens sowie der dorsalen Seite des Mittelhandknochens des Daumens, das modifizierte Verfahren konnte im Mittel nicht in der Desinfektion der dorsalen Daumenseite überzeugen. Ebenso erreichten die teilnehmenden Mädchen im Vergleich zu den Jungen durchschnittlich bessere Ergebnisse bei beiden Verfahren. Bei dieser Testreihe gilt das Argument der Korrelation zwischen Größe der Handoberfläche und Anzahl der Desinfektionsmittelmenge nicht, da die Unterschiede der Handgröße zwischen den Geschlechtern in diesem Alter noch nicht schwerwiegend sind. Dementsprechend erhält die Frage nach der kognitiven und motorischen Umsetzungsfähigkeit der Geschlechter besondere Gewichtung. Begriffe wie Auffassungsvermögen, Konzentrationsfähigkeit und Feinmotorik erhalten somit bei der Suche nach einer möglichst effizienten Methode der Händedesinfektion Bedeutung und müssen im Kontext der Geschlechterspezifität betrachtet werden. Die Konzentrationsfähigkeit bei Kindern variiert je nach Alter und ist zeitlich begrenzt (Petillon, 2007). Sie verändert sich im Laufe der Entwicklung „von einer passiven Außensteuerung durch Umweltreize zu einer aktiven Innensteuerung durch kognitive Prozesse“ (Langfeldt et al., 2008). Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Fein- und Grobmotorik kristallisieren sich meist erst im Schulalter (Hagemann-White, 1984). Mädchen machen häufiger von der Feinmotorik Gebrauch, Jungen eher von der Grobmotorik. Fraglich ist, ob diese Verteilung auf unterschiedlichen Fähigkeiten der Geschlechter oder auf Übung durch unterschiedliche Aktivitätsangebote basiert (Hagemann-White, 1984).

5.3. Umfrage unter den teilnehmenden Kindern

Es fand eine Umfrage unter den teilnehmenden Grundschulkindern statt, um das subjektive Empfinden von Kindern hinsichtlich des Schweregrades der kognitiven und motorischen Umsetzung der Schrittabfolgen beider Verfahren sowie ihre Motivation und ihren Antrieb zu untersuchen. Diese Parameter dienen der Beurteilung der Compliance

und bieten dementsprechend eine Einschätzung des kindlichen Verhaltens gegenüber der tatsächlichen Durchführung der Desinfektion im Alltag.

Am folgenden Tag nach Verfahrenserlernung erfolgte eine Überprüfung der Schritte. Dabei schnitt das modifizierte Verfahren im Vergleich zum Referenzverfahren besser ab. Vernachlässigt man die korrekte Schrittreihenfolge, konnten sich beim modifizierten Verfahren 17 von 23 Kindern noch an die drei Schritte erinnern, beim Referenzverfahren schafften lediglich zwei Kinder eine Wiederholung der erlernten sechs Schritte. Dieses Ergebnis beweist die Wichtigkeit einer Modifikation des Referenzverfahrens speziell für Kinder, da das Merken dieser sechs Schritte nicht kindlichen Fähigkeiten entspricht. Zusätzlich zeigt es, dass die neu entwickelten drei Schritte dem Praxistest standhalten. Außerdem bewertete ein Großteil der Kinder das modifizierte Verfahren im Vergleich zum Referenzverfahren als leichter durchführbar und besser zu merken. Diese Parameter fördern die Umsetzung im Alltag. Kinder, die an der kognitiven und motorischen Komplexität der Händedesinfektion scheitern, sind weder in der Lage die Schritte einwandfrei auszuführen noch besitzen sie die Motivation sich der Aufgabe der Desinfektion in der nächst geforderten Situation zu stellen. Bei der Frage nach dem größeren Spaßfaktor unter beiden Methoden waren die Kinder sich uneinig. Einige der Kinder, die mehr Freude bei der Durchführung des Referenzverfahrens empfanden, begründeten ihre Entscheidung mit dem Argument des längeren Fehlens aus dem Unterricht. Für die Grundschulkinder war die Versuchsreihe eine neue, interessante Erfahrung, die sie aus dem alltäglichen Unterricht befreite. Mit kindlicher Neugierde und Begeisterungsfähigkeit nahmen sie teil. In der Realität umfasst die Zielgruppe jedoch chronisch kranke, immunsupprimierte Kinder, die sich mehrmals täglich über Wochen hinweg ihre Hände desinfizieren müssen. Der Glanz des Außergewöhnlichen verblasst schnell, so dass die Desinfektion zum Alltagsgeschäft und vor allem zum Unabdingbaren, nicht Diskutablen wird. Nichtsdestotrotz stellt der Spaßfaktor einen wichtigen Reiz dar. Da aber der Spaßfaktor sich bei den kleinen Patienten nicht mehr über das Neue definieren lässt, müssen andere Wege gefunden werden. Die Schritte der Händedesinfektion könnten zum Beispiel mit Reimen, Versen oder Liedern unterlegt werden, so dass neben der Freude auch die Merkfähigkeit geschärft wird. Die Suggestopädie als Beispiel stellt eine Arbeits- und Unterrichtsmethode dar, die den Schülern eine Vielzahl von Lernangeboten darlegt (Grötzebach, 2008). Dabei steht ein

ganzheitliches Lernen im Mittelpunkt, zu dem u.a. auch der Einsatz von Musik, Liedern, Malen, Tänzten sowie Spiel und Spaß im Unterricht zählen (Giessen, 2009).

All diese Untersuchungen und Betrachtungen bezwecken das gleiche Ziel: Förderung eines Parameters, der in der Vergangenheit viel zu wenig Bedeutung erfahren hat, nämlich den der Compliance.

5.4. Versuchsreihe mit *Escherichia coli*

Die Versuchsreihe mit *Escherichia coli* dient der Beurteilung der qualitativen und quantitativen Wirksamkeit, also der Keimreduktion, der beiden Verfahren der Händedesinfektion. Hierbei können aus ethischen Gründen nur adulte Probanden teilnehmen, so dass man ihre Ergebnisse auf Kinder übertragen muss.

Bei der Testreihe mit der Multipette als Applikationsform reduzierte das Referenzverfahren im Mittel um 0,8 \log_{10} -Stufen mehr Testorganismen als das modifizierte Verfahren (siehe 4.3.1.3). Dieses Ergebnis unterstreicht die Daseinsberechtigung des Referenzverfahrens, in dem es in dem führenden Punkt - der qualitativen Wirksamkeit - überzeugte. Das Referenzverfahren zeigte eine Variation in der Keimreduktion von 3,16 \log_{10} -Stufen, das modifizierte Verfahren von 2,92 \log_{10} -Stufen. Es wird deutlich, dass das Referenzverfahren aufgrund der größeren Variation von der individuellen Umsetzungsfähigkeit des Anwenders abhängiger ist als das modifizierte Verfahren. Dies ist als ein Nachteil zu bewerten, da das herkömmliche Verfahren als Standard etabliert wurde und so möglichst frei von Störfaktoren jeder Art, die ein möglichst einheitliches Ergebnis behindern, sein sollte. Die Keimreduktion an der linken Hand war beim Referenzverfahren im Mittel um 0,41 \log_{10} -Stufen erfolgreicher als an der rechten Hand. Dieses Resultat unterstützt das Ergebnis der Testreihe mit dem UV-Koffer unter adulten Probanden. In beiden Versuchsreihen dominierte beim Referenzverfahren die linke Hand hinsichtlich der Dekontamination. Wie schon unter 5.1 erwähnt, stellt sich dies als ein Nachteil in der Praxis heraus, da beim Großteil der Bevölkerung die rechte Hand als Gebrauchshand und somit als Kontaktstelle zu Keimen gilt. Analysiert man genauer das Zusammenspiel von Gebrauchshand und besser desinfizierter Hand, wird sichtbar, dass von den zwölf Rechtshändern unter den Probanden nur drei die rechte Hand besser desinfizierten. Zwei der drei Linkshänder

wiesen eine erfolgreichere Keimreduktion an der linken Hand vor, einer an der rechten Hand. Bei der Versuchsreihe mit dem UV-Koffer bei adulten Probanden konnte das modifizierte Verfahren eine erfolgreichere Benetzung der rechten Hand vorweisen, bei der Testreihe mit *E.coli* und der Multipette war eine beinahe gleichwertige Keimreduktion an beiden Händen (linke Hand 3,13 \log_{10} -Stufen im Mittel, rechte Hand 3,11 \log_{10} -Stufen im Mittel) sichtbar. Neun der zwölf Rechtshänder zeigten eine bessere Keimreduktion an der rechten Hand, drei an der linken Hand. Außerdem wiesen alle drei Linkshänder eine erfolgreichere Desinfektion an ihrer Gebrauchshand, der Linken, vor. Dieses Ergebnis gibt einen Hinweis darauf, dass durch das modifizierte Verfahren mehr Rücksicht auf die Wichtigkeit der dominanten Hand des Anwenders als beim Referenzverfahren gelegt wird. Selbstverständlich muss man auch an dieser Stelle, wie bereits oben erklärt, die Aspekte der Verteilung des Desinfektionsmittels auf die linke Hand sowie den Beginn der Schrittabfolge linksseitig mit einbeziehen. Bei beiden Methoden zeigten die weiblichen Probanden eine höhere Keimreduktion im Mittel als ihre männlichen Kollegen (beim Referenzverfahren im Mittel um 0,59 \log_{10} -Stufen an der linken Hand, um 1,17 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand; beim modifizierten Verfahren im Mittel um 0,89 \log_{10} -Stufen an der linken Hand, um 1,16 \log_{10} -Stufen an der rechten Hand). Dieses Resultat unterstreicht das bessere Abschneiden der weiblichen Probanden in den Testreihen mit dem UV-Koffer bei adulten Probanden sowie unter Grundschulkindern. Ebenso erzielten die männlichen Teilnehmer eine größere Streuung der Keimreduktion, beim Referenzverfahren um 3,16 \log_{10} -Stufen, beim modifizierten Verfahren um 2,34 \log_{10} -Stufen. Dem gegenüber erreichten die weiblichen Teilnehmerinnen eine Streuung um 1,64 \log_{10} -Stufen beim Referenzverfahren sowie um 1,94 \log_{10} -Stufen beim modifizierten Verfahren. Es wird deutlich, dass das männliche Geschlecht empfindlicher auf Irritationsfaktoren reagierte. In diesem Fall handelt es sich um die individuelle Leistung des Erlernens und Umsetzens von Elerntem, die sich aus der kognitiven Verarbeitungsfähigkeit, der Konzentration sowie der motorischen Umsetzungsfähigkeit zusammensetzt. Das weibliche Geschlecht erschien einheitlicher, so dass es sich in seinen Fähigkeiten mehr auf einem Niveau befand. Neuropsychologische Untersuchungen ergaben, dass Frauen u.a. bessere Leistungen hinsichtlich der Wahrnehmungsgeschwindigkeit, des visuellen Objektgedächtnisses sowie der Feinmotorik zeigen (Groß, 2009). All das sind Funktionen, die die Frauen bei einem

schnellen Begreifen und Umsetzen der Schritte unterstützen. Zusätzlich muss, wie bereits unter 5.1 beschrieben, die Korrelation zwischen Handgröße und Desinfektionsmittelmenge in Betracht gezogen werden. Männer, die durchschnittlich größere Hände als Frauen haben, haben es schwerer, die im Bezug zu ihrer Handoberfläche kleinere Desinfektionsmittelmenge gleichmäßig zu verteilen. So unterstehen die Männer schwereren Rahmenbedingungen als die Frauen.

Auch mit Hilfe des Steripower-Gerätes zeigte das Referenzverfahren eine höhere Keimreduktion, im Mittel um $0,46 \log_{10}$ -Stufen mehr als beim modifizierten Verfahren. Dennoch war dies eine geringere Differenz als in der Testreihe mit der Multipette, bei der die Differenz der beiden Verfahren $0,8 \log_{10}$ -Stufen betrug. Folglich wirft sich die Frage auf, warum das Steripower-Gerät dem modifizierten Verfahren einen Vorteil verschafft. Der Unterschied zwischen den beiden Applikationsarten liegt in der Verteilung des Desinfektionsmittels. Die Multipette spritzt das Desinfektionsmittel in eine hohle Handfläche (hier bei beiden Verfahren in die linke Handfläche), simuliert also die Funktion der Desinfektionsmittelspender in den meisten Krankenhäusern. Das Steripower-Gerät sprüht das Desinfektionsmittel erst auf beide Handrücken, dann auf beide Handinnenflächen (bei beiden Verfahren). Durch die Reduktion der Schrittzahl sowie der Einwirkzeit verliert das modifizierte Verfahren an Genauigkeit in der Ausführung der Schritte. So profitiert es vom Steripower-Gerät, welches durch die flächenhafte Verteilung des Desinfektionsmittels schon Vorarbeit leistet. Beim Referenzverfahren hat man trotz der eingeschränkten Leistung der Multipette genügend Zeit, das Desinfektionsmittel mit Hilfe der sechs Schritte, die wiederholt werden, auf die gesamte Hand zu verteilen. Ebenso wie in der Versuchsreihe mit der Multipette als Applikationsart wies das Referenzverfahren auch mit Hilfe des Steripower-Gerätes eine größere Varianz in der Keimreduktion vor (Referenzverfahren: $2,99 \log_{10}$ -Stufen; modifiziertes Verfahren: $2,34 \log_{10}$ -Stufen). Dieses Ergebnis unterstützt die oben geäußerte These, dass das Referenzverfahren mehr als das modifizierte Verfahren der individuellen Umsetzungsfähigkeit des Anwenders unterliegt. Dementsprechend ändert auch die Wahl einer anderen Applikationsart nichts an der Variationsbreite. Im Vergleich beider Hände zeigte die Keimreduktion im Mittel beim Referenzverfahren nur eine geringe Differenz von $0,06 \log_{10}$ -Stufen zum Vorteil der linken Hand. Ebenso betrug die Differenz beim modifizierten Verfahren auch nur $0,05 \log_{10}$ -Stufen zum Vorteil der linken

Hand. Mit Hilfe des Steripower-Gerätes gewann das Referenzverfahren an Gleichberechtigung beider Hände verglichen mit der Multipette als Applikationsform, das modifizierte Verfahren bestätigt seine gleichwertige Desinfektion beider Hände. Da sechs der zwölf Rechtshänder bessere Ergebnisse an der linken Hand erzielten, konnte das Referenzverfahren bei der Betrachtung der Wichtigkeit der erfolgreicheren Desinfektion der dominanten Hand wie schon in der Versuchsreihe mit der Multipette nicht überzeugen. Zusätzlich präsentierten zwei der drei Linkshänder eine bessere Desinfektion der rechten Hand. Es wird deutlich, dass das Referenzverfahren im Allgemeinen nicht die Bedeutung der Desinfektion der Gebrauchshand berücksichtigte. Das modifizierte Verfahren schnitt mit Hilfe des Steripower-Gerätes schlechter ab als mittels der Multipette als Applikationsform: Nur sieben der zwölf Rechtshänder schafften eine erfolgreichere Desinfektion der rechten Hand, zwei der drei Linkshänder eine der linken Hand. Es scheint, dass die flächendeckende Verteilung des Desinfektionsmittels mittels des Steripower-Gerätes die Schrittfolge und damit die Betonung der Gebrauchshand des modifizierten Verfahrens in den Hintergrund stellt. Die geschlechterspezifische Betrachtung ergibt erneut ein besseres Abschneiden der weiblichen Probanden bei beiden Verfahren der Händedesinfektion mit Hilfe des Steripower-Gerätes. Beim Referenzverfahren führten die weiblichen Teilnehmerinnen vor allem in der Desinfektion der linken Hand mit einem Vorsprung im Mittel von $0,5 \log_{10}$ -Stufen vor ihren männlichen Kollegen (die rechte Hand desinfizierten die Frauen im Mittel um $0,14 \log_{10}$ -Stufen erfolgreicher als die Männer). Dieses Ergebnis demonstriert zum wiederholten Mal, dass der Schwerpunkt beim Referenzverfahren auf der Desinfektion der linken Hand liegt, welchen die weiblichen Teilnehmer scheinbar stärker ausnutzen. Beim modifizierten Verfahren punkteten die weiblichen Probanden vor allem bei der Desinfektion der rechten Hand mit einer Dominanz im Mittel von $0,65 \log_{10}$ -Stufen gegenüber den männlichen Teilnehmern (linke Hand: Frauen erreichten im Mittel eine höhere Keimreduktion von $0,15 \log_{10}$ -Stufen im Vergleich zu den Männern). Beim modifizierten Verfahren schafften es die weiblichen Teilnehmer hingegen, sich aufgrund der flächenhaften Verteilung des Desinfektionsmittels mehr auf die Dekontamination der rechten Hand zu konzentrieren. Bei beiden Verfahren präsentierten die weiblichen Probanden eine größere Varianz in der Keimreduktion (beim Referenzverfahren im Mittel um $0,42 \log_{10}$ -Stufen, beim modifizierten Verfahren im

Mittel um $0,12 \log_{10}$ -Stufen mehr als die männlichen Teilnehmer). Erstmalig wiesen die Frauen in der Ausführung Defizite auf, da dieses uneinheitliche Ergebnis aus einer stärkeren individuell variablen Umsetzungsfähigkeit resultierte. Das Verteilungsmuster des Desinfektionsmittels des Steripower-Gerätes beleuchtet genauer die Sauberkeit in der Schrittausführung, da die Grundlage der flächendeckenden Verteilung bereits gegeben ist. Im Allgemeinen lässt sich das erfolgreichere Abschneiden des weiblichen Probandenkollektivs mit den bereits oben erwähnten Punkten der geschlechterspezifischen Überlegenheit in der Umsetzung sowie der Handoberflächengröße begründen.

Vergleicht man nun beide Applikationsarten, erzielte das Steripower-Gerät beim Referenzverfahren bessere Ergebnisse an der rechten Hand, im Mittel um $0,34 \log_{10}$ -Stufen mehr als die Multipette. An der linken Hand präsentierten beide Applikationsformen nahezu gleiche Werte. Demnach zeigte das Referenzverfahren Vorteile der exakteren Desinfektion der rechten Hand durch das Steripower-Gerät auf, da dabei das Desinfektionsmittel gleichmäßiger auf beide Hände verteilt wurde und so den Vorteil des Beginns der Schrittabfolge an der linken Hand gutmachte. Das Steripower-Gerät zeigte beim modifizierten Verfahren an beiden Händen eine gleichwertige Überlegenheit in der Keimreduktion mit Werten um $0,52 \log_{10}$ -Stufen (linke Hand) sowie $0,49 \log_{10}$ -Stufen (rechte Hand) mehr als mittels der Multipette. Hierbei hilft das Steripower dem modifizierten Verfahren samt seiner reduzierten und vereinfachten Durchführungsweise, in dem es Vorarbeit aufgrund der flächendeckenden Besprühung leistet. In Anbetracht einer zusammenfassenden Analyse erreichte das Referenzverfahren bei den männlichen Teilnehmern an der linken Hand eine höhere Keimreduktion durch die Multipette im Vergleich zum Steripower-Gerät, bei den weiblichen Probanden erzielte es sogar an beiden Händen bessere Ergebnisse durch die Multipette. Es ist ersichtlich, dass das Referenzverfahren mehr Nutzen aus einer selbstständigen Verteilung des Desinfektionsmittels gewinnt. Es ist nicht auf Vorarbeit angewiesen, sondern besitzt scheinbar genügend Zeit und Desinfektionsmittel die sechs Schritte erfolgreich auszuführen. Das modifizierte Verfahren zeigte bessere Werte hinsichtlich der Keimreduktion bei beiden Geschlechtern und an beiden Händen mit Hilfe des Steripower-Gerätes als mittels der Multipette als Applikationsform. Abermals wird

dadurch die These unterstützt, dass das Steripower-Gerät durch die geleistete Vorarbeit dem modifizierten Verfahren nutzt.

Beide Testreihen, die mit der Multipette sowie die mit dem Steripower-Gerät als Applikationsform, zeigten eine Überlegenheit des Referenzverfahrens hinsichtlich der qualitativen Wirksamkeit gegenüber dem modifizierten Verfahren. Zum Versuch einer Erklärung dieses Ergebnisses muss man drei Aspekte betrachten: die Schrittzahl, die Einwirkzeit und die Desinfektionsmittelmenge. Aufgrund der Reduktion der Schrittzahl von sechs auf drei Schritte leidet das modifizierte Verfahren unter einem Verlust einer Wiederholung bzw. Intensivierung der exakten Desinfektion jedes noch so kleinen Areals auf der Handoberfläche. Dementsprechend reagiert die vereinfachte Methode anfälliger auf Umweltfaktoren jeglicher Art, wie zum Beispiel Ungenauigkeit sowie Unsauberkeit in der Ausführung der Schritte, die Hautbeschaffenheit des Anwenders oder unachtsames Auftragen des Desinfektionsmittels. Solche Störfaktoren können leichter durch eine höhere Schrittzahl und damit verbundene detailtreuere Desinfektion überwunden werden. Ebenso umfasst das modifizierte Verfahren zehn Einzelbewegungen bei der Schrittabfolge, das Referenzverfahren jedoch insgesamt 100. Demnach besitzt das Referenzverfahren theoretisch die Möglichkeit, eine zehnfach höhere Desinfektion zu leisten. Das bedeutet eine Steigerung der Einzelbewegungen um 900 % mittels des Referenzverfahrens im Vergleich zum modifizierten Verfahren. Dem entgegen gesetzt findet aber im Mittel nur eine Steigerung der Keimreduktion um 25,6 % bei Anwendung der Multipette zu Gunsten des Referenzverfahrens statt (Mittelwerte der Reduktionsfaktoren: Referenzverfahren 3,92 \log_{10} -Stufen; modifiziertes Verfahren 3,12 \log_{10} -Stufen). Beim Referenzverfahren werden die sechs Schritte nachfolgend wiederholt, das modifizierte Verfahren sieht keine Schrittwiederholung vor. So kann der Proband durch die Wiederholung viel intensiver und geübter die Schritte durchleben. Für diese Wiederholung hat der Proband beim Referenzverfahren insgesamt 60 Sekunden Zeit, beim modifizierten Verfahren durchrennt der Anwender die Desinfektion in 15 Sekunden. Die 60 Sekunden werden beim Referenzverfahren auch benötigt, da ansonsten 100 Einzelbewegungen nicht ausführbar wären. Diese lange Anwendungszeit lässt die Frage aufkommen, wie praxisnah eine solch hohe Desinfektionsdauer ist. Es ist zweifelhaft, ob Kinder, die täglich mehrmals gezwungen sind ihre Hände zu desinfizieren, die Ausdauer, Konzentration und den Spaß besitzen,

sich einer solchen Leistung zu stellen, ohne dass das Ergebnis leidet. Diskussionswürdig ist ebenfalls der Aspekt der, mit der Dauer der Schritte gegebenen, Einwirkzeit des Desinfektionsmittels. Kontrovers wird diskutiert, ob eine Einwirkzeit von unter 30 Sekunden den gewünschten Erfolg mit sich bringt. So muss man überdenken, ob das schlechtere Abschneiden der modifizierten Methode aus der Reduktion der Einwirkzeit auf 15 Sekunden resultiert. Einen weiteren Punkt in der Beurteilung beider Verfahren stellt die Desinfektionsmittelmenge dar. Beim Referenzverfahren erhält der Proband zur Händehygiene zweimal 3 ml Desinfektionsmittel, so dass dieser zur Wiederholung der Schritte erneut Desinfektionsmittel erhält. Die modifizierte Methode kommt mit einmal 3 ml Desinfektionsmittel aus. Dies ist eine Menge, die eher der Realität entspricht und bei den meisten Standardverfahren empfohlen wird. Nach eigenen Beobachtungen zu Folge, bleibt der Anwender in der Praxis auch nicht vor dem Desinfektionsspender stehen, desinfiziert sich einmal 30 Sekunden lang die Hände, um sich dann erneut Desinfektionsmittel zu nehmen und den Vorgang zu wiederholen. Realitätstreuer ist ein Verhalten, dass die Desinfektionsmittelspende im Gehen umfasst. Wenige Anwender nehmen sich die Zeit sich nach jedem Patientenkontakt 60 Sekunden lang an einem Fleck die Hände zu desinfizieren. Eine Studie überprüfte das Verhalten ärztlicher Mitarbeiter hinsichtlich der hygienischen Händedesinfektion mittels Selbsteinschätzung. Dabei wurde ein Mittelwert von 27 Situationen ermittelt, die eine hygienische Händedesinfektion erfordern (Dohna-Schwake et al., 2011). In der Praxis würde das bedeuten, dass diese Ärzte unter Anwendung des Referenzverfahrens 27 min am Tag benötigen, um ihre Hände zu desinfizieren. Bei Durchführung der meisten Standardverfahren brauchen die Ärzte 13,5 min zur Händedesinfektion, bei Anwendung des modifizierten Verfahrens würden diesen Ärzten nur 6 min und 45 sec im Patientenkontakt fehlen. Pittet und Mitarbeiter vom Universitätskrankenhaus Genf zeigten 2004 durch eine Studie die traurige Realität. Trotz des Wissens der Beobachtung führten die teilnehmenden Ärzte nur in 57 % der Fälle eine vorschriftsmäßige Händedesinfektion durch.

5.5. Zusammenfassende Beurteilung aller Versuchsreihen

Betrachtet man die drei Versuchsreihen in ihrer Beziehung zueinander, erkennt man verschiedene Punkte, die die Beurteilung bzw. Bewertung der beiden Händedesinfektionsverfahren beeinflussen.

Die Testreihe mit dem UV-Koffer unter adulten Probanden zeigt eine mindestens gleichwertige Desinfektionsleistung des modifizierten Verfahrens im Vergleich zum Referenzverfahren. Das modifizierte Verfahren demonstriert sogar bessere Ergebnisse hinsichtlich der Desinfektion der rechten Hand.

In der Versuchsreihe mit dem UV-Koffer in der Grundschule ist das modifizierte Verfahren dem Referenzverfahren überlegen, es weist im Mittel weniger Benetzungslücken als das Referenzverfahren auf. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass eine Reduktion der Schrittzahl von sechs auf drei möglich, wenn nicht sogar empfehlenswert ist. Das modifizierte Verfahren kann sich mühelos gegenüber dem Referenzverfahren behaupten. Unterstrichen wird diese These zudem durch die Umfrage unter den teilnehmenden Kindern. Die Umfrage manifestiert die Forderung nach einem kindgerechten Verfahren der Händedesinfektion. Das modifizierte Verfahren schneidet hinsichtlich der motorischen Durchführbarkeit und der kognitiven Umsetzungsfähigkeit, einerseits erfasst durch standardisierte, objektivierbare Analysemethoden, andererseits eingeschätzt durch die subjektive Wahrnehmung der Kinder, besser als das Referenzverfahren ab. Dieser Aspekt führt zu einem maßgebenden Punkt in der Begutachtung, dem in der Vergangenheit viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde: der Compliance. Der Einfluss der Compliance kann im Hinblick auf die Keimreduktion in dieser Arbeit nicht erfasst werden, da aus ethischen Gründen Kinder nicht als Probanden bei der Versuchsreihe mit *E.coli* vertretbar sind. Es ist zu spekulieren, in wie weit der Faktor Compliance das schlechtere Abschneiden des modifizierten Verfahrens im Vergleich zum Referenzverfahren ausgleichen kann. Dennoch ist zu unterstreichen, dass Kinder eine Methode der Händedesinfektion benötigen, die sie gerne ausüben. Der Grundbaustein dafür besteht in der Zuversicht, dass sie mit Hilfe ihrer kindlichen Fähigkeiten es schaffen, die vorgegebenen Schritte exakt und erfolgsbringend auszuführen. Nur so gewinnen sie Motivation und scheitern nicht aufgrund ihrer niedrigen Frustrationstoleranzgrenze. Kinder brauchen Spaß,

Motivation und Erfolg, um konstant über Wochen, die einigen kleinen Patienten im Krankenhaus bevorstehen, gute Leistungen zu bringen und die Notwendigkeit der Desinfektion nicht zu vernachlässigen. Emotionen spielen beim Lernen eine besondere Rolle. Die Freude am Lernen führt zu einer erhöhten Aufmerksamkeit und folglich zu einer gesteigerten Lernmotivation (Mienert et al., 2011). Kinder sollten altersgerecht über die Bedeutung der Händehygiene aufgeklärt werden. Die Information über diese Infektionsprophylaxe sollte für die Kinder einsichtig sowie spielerisch vermittelt werden. Ein Anreiz für das Erlernen der Technik kann durch die Verbindung mit Liedern, Versen, Reimen oder Geschichten geschaffen werden. Ebenso sollten die Eltern und weitere Bezugspersonen aktiv mit eingebunden werden, da sie als Vorbild das Hygieneverhalten ihres Kindes prägen. Den Eltern muss bewusst gemacht werden, dass sie eine mögliche Infektionsquelle für ihr Kind durch den Kontakt mit der Umwelt darstellen und so auch sie durch die Händedesinfektion die Ansteckungsgefahr ihres Kindes verringern. Demnach müssen neben den kleinen Patienten auch die in der Pflege einbezogenen Familienangehörigen aktiv mit in die Prävention integriert werden (Exner et al., 2010). Neben der kindgerechten Vermittlung der Lerninhalte durch Patientenschulung besteht die Aufgabe des Pflegepersonals sowie der Ärzte in einer kontinuierlichen Kontrolle der Durchführung der Händedesinfektion. Die intrinsische Lernmotivation der Kinder sollte durch ein Kompetenz- sowie Autonomiegefühl verstärkt werden. Kinder dürfen nicht überfordert werden. Das Referenzverfahren kann diesem Anspruch definitiv nicht gerecht werden. Ebenso sollten die Kinder durch die Freude am Lernen bzw. durch das Erlernte motiviert werden. Dabei dienen die Untermalung der Schrittabfolge mit Reimen, Liedern etc. und die Patientenschulung durch den UV-Koffer der Motivation. Dieser bewirkt neben dem Spaßfaktor auch eine deutliche Verstärkung des Lernerfolgs. Die Förderung der extrinsischen Lernmotivation lässt sich durch ein erfolgreiches Abschneiden mit Hilfe des UV-Koffers sowie lobenden Worten und soziale Anerkennung realisieren. Zusätzlich müssten organisatorische Maßnahmen gesichert sein. Desinfektionsmittelpender müssten in Höhe der Kinder angebracht werden, kindgerechte Poster sollten die kleinen Patienten immer wieder an die Wichtigkeit der Desinfektion erinnern. In Anbetracht dieser Forderungen ist die Grundlage dürftig, die das Referenzverfahren versucht zu schaffen. In der Versuchsreihe sind die Kinder komplett mit den sechs Verfahrensschritten überfordert, sie scheitern an ihrer

Komplexität. Es wird dabei deutlich, dass das Referenzverfahren sich in keinsten Weise den kindlichen Fähigkeiten unterwirft. Eine Modifikation einschließlich einer Vereinfachung ist in jedem Fall notwendig. Dementsprechend ist eine Reduktion der Schrittzahl auf drei hilfreich und sinnvoll. Unabdingbar erscheint zusätzlich eine zukünftige Konzentrierung auf den Aspekt der Compliance bei Kindern.

Die Versuchsreihe mit *E.coli* kann jedoch die modifizierte Methode als Lösung des Problems nur eingeschränkt unterstützen. Zu schwer wiegt das bessere Abschneiden des Referenzverfahrens hinsichtlich der Keimreduktion. Wünschenswert wäre ein mindestens gleichwertiges Ergebnis gewesen, um die Einführung des modifizierten Verfahrens zu legitimieren. Dennoch scheint im ersten Augenblick eine Diskrepanz zu den oben beschriebenen Beobachtungen in den Testreihen mit dem UV-Koffer zu bestehen. Diese ist zu falsifizieren, wenn man die Einwirkzeit und die Desinfektionsmittelmenge mit in die Überlegungen einbezieht. Die Zeit von 15 Sekunden reicht, um das Desinfektionsmittel auf der gesamten Handfläche zu verteilen, doch fraglich ist, ob sie als Zeit, die das Desinfektionsmittel braucht um seine Wirkung zu entfalten, genügt. Nicht außer Acht zu lassen ist dabei die Tatsache, dass unser Patientengut die Händedesinfektion hauptsächlich zum eigenen Schutz durchführen soll. Rotter et al. zeigten 2009, dass bei einer Anwendungsdauer von 15 Sekunden kombiniert mit einer Halbierung des Desinfektionsmittelvolumens die Wirkung der hygienischen Händedesinfektion gegenüber der Referenz um eine Zehnerpotenz schwächer war. Zusätzlich ist zu diskutieren, ob einmal 3 ml Desinfektionsmittel ausreichen. Hilfreich dabei wären Studien, die den Rahmen der erforderlichen Desinfektionsmittelmenge vor allem bei Kindern untersuchen. Dementsprechend ist als Ausblick für die Zukunft eine Modifikation der Parameter Einreibzeit sowie Desinfektionsmittelmenge wünschenswert.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Reduktion der Schrittzahl auf drei sinnvoll ist, jedoch die Reduktion der Einwirkzeit und bzw. oder der Desinfektionsmittelmenge verbesserungsfähig ist.

6. Zusammenfassung

Die Händedesinfektion ist ein wichtiger Bestandteil der Infektionsprävention. Im Rahmen der stationären Aufenthalte von Kindern im Krankenhaus müssen auch die kleinen Patienten dazu angeleitet werden, das Standardverfahren der hygienischen Händedesinfektion anzuwenden. Das Standardverfahren berücksichtigt jedoch nicht die kognitiven und motorischen Fähigkeiten sowie die verhaltenspsychologischen Besonderheiten von Kindern. Demnach bestand das Ziel dieser Arbeit in der Entwicklung einer kindgerechten Modifikation der Händedesinfektion sowie der Überprüfung seiner Wirksamkeit. Mit Hilfe des modifizierten Verfahrens wurde die Schrittzahl von sechs auf drei Schritte, die Desinfektionsmittelmenge von 2 x 3,0 ml auf 1 x 3,0 ml und die Einreibzeit von 60 sec auf 15 sec im Vergleich zum Referenzverfahren reduziert. Zu Beginn wurde eine Versuchsreihe mit einem UV-Koffer bei erwachsenen Probanden sowie bei Kindern durchgeführt, um Benetzungslücken an den Händen zu visualisieren. Anschließend fand eine Umfrage unter den teilnehmenden Kindern statt, um Vor- und Nachteile aus kindlicher Sicht zu erheben. Es folgte eine praxisnahe Versuchsreihe mit *E.coli* an erwachsenen Teilnehmern in Anlehnung an die DGHM-Standardmethode, um die qualitative und quantitative Wirksamkeit hinsichtlich der Keimreduktion beider Verfahren zu untersuchen. Als Applikationsform wurde sowohl die Multipette als auch das Steripower-Gerät verwendet. Die Versuchsreihe mit dem UV-Koffer zeigte, dass sich beide Verfahren kaum in der Anzahl der Benetzungslücken unterschieden, sondern eher in der Lokalisation der Schwachstellen. Beide Methoden wiesen einwandfrei benetzte Handinnenflächen und Fingerkuppen vor. Diese Areale haben eine besondere Bedeutung, da sie den meisten Umweltkontakt bieten. Kein Teilnehmer konnte mittels eines der beiden Verfahren eine vollständige Benetzung seiner Hände erreichen. Die Testreihe unter Kindern demonstrierte weniger Benetzungslücken beim modifizierten Verfahren. Zwei Kinder erzielten vollständig benetzte Hände mit Hilfe des modifizierten Verfahrens, kein Kind schaffte dies durch Anwendung des Referenzverfahrens. Bei der Beurteilung aus Kindersicht war das modifizierte Verfahren dem Referenzverfahren hinsichtlich der besseren Merkfähigkeit und der leichteren Ausführbarkeit überlegen. Die Überprüfung der Schritte beider Verfahren am Folgetag zeigte unter den Kindern eindeutig bessere Ergebnisse auf

Seiten des modifizierten Verfahrens. Bei der Testreihe mit *E.coli* in Anlehnung an die DGHM-Standardmethode erreichte das Referenzverfahren bei beiden Applikationsformen signifikant höhere Keimreduktionen (im Mittel eine Keimreduktion von 3,92 log₁₀-Stufen mit der Multipette sowie von 4,08 log₁₀-Stufen mit dem Steripower-Gerät) als das modifizierte Verfahren (im Mittel eine Keimreduktion von 3,12 log₁₀-Stufen mit der Multipette sowie von 3,62 log₁₀-Stufen mit dem Steripower-Gerät). In allen Testungen schnitt das weibliche Geschlecht besser ab als das männliche. Das modifizierte Verfahren erzielte eine höhere Keimreduktion mit Hilfe des Steripower-Gerätes. Ebenso präsentierte es eine geringere Variationsbreite in der Keimreduktion. Das Steripower-Gerät leistete eine beinahe vergleichbare Keimreduktion an beiden Händen beim Referenzverfahren. Durch die Multipette wurde hingegen beim Referenzverfahren stärker die linke Hand vieler Probanden dekontaminiert, woraus in der Realität ein Nachteil der meist dominanten rechten Hand resultiert. Die Ergebnisse der Versuchsreihe mit dem UV-Koffer unterstützen eine Reduktion der Schrittzahl von sechs auf drei. Neben der Dominanz des modifizierten Verfahrens hinsichtlich der Anzahl der Benetzungslücken überzeugt diese Methode durch eine kindgerechte Anpassung der Schritte. Dagegen zeigte das Referenzverfahren in der Testreihe mit *E.coli* eine Überlegenheit in der Keimreduktion. Folglich ist zu schließen, dass eine Reduktion der Desinfektionsmenge von 2 x 3,0 ml auf 1x 3,0 ml und/oder eine Verkürzung der Einreibzeit von 60 sec auf 15 sec nicht ausreichend sind. Das Steripower-Gerät spiegelt eine sinnvolle Alternative zur Desinfektionsmittelapplikation wider. Bei all den Untersuchungen darf ein Parameter nicht außer Acht gelassen werden: die Compliance. Dieser Faktor fand in der Vergangenheit viel zu wenig Bedeutung, obwohl er eine tragende Rolle in der tatsächlichen Umsetzung der Händedesinfektion vor allem bei Kindern hat. Es sollte nach neuen Lern- und Motivationsstrategien gesucht werden, denn Freude beim Lernen unterstützt die Compliance der Händedesinfektion. Kinder dürfen an der Komplexität der Händedesinfektion nicht scheitern, ihre kognitiven und motorischen Fähigkeiten dürfen nicht überschritten werden. Eine erfolgreiche Händedesinfektion kann nur durch eine kindgerechte Anpassung der hygienischen Händedesinfektion gesichert werden, welches einen großen Schritt in Richtung Infektionsprophylaxe bei Kindern gewährleisten würde.

Literaturverzeichnis

AWMF. Händedesinfektion und Händehygiene. Empfehlung des Arbeitskreises „Krankenhaus- und Praxishygiene“ der AWMF für Einrichtungen des Gesundheitswesens zur Formulierung von Regeln zur Händehygiene – AWMF-Register-Nr. 029/027. Hyg Med 2008; 33: 300-313

Bergler R. Psychologie der Alltagshygiene. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2008; 51: 1264-1272

Blech J. Leben auf dem Menschen, Die Geschichte unserer Besiedler. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag, 2000

Braun-Falco O, Plewig G, Wolff HH, Burgdorf WHC, Landthaler M. Dermatologie und Venerologie. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2005

Csikszentmihalyi M. Das Flow-Erlebnis. Stuttgart: Klett-Cotta, 1985

Csikszentmihalyi M. Flow – The psychology of optimal experience. New York: Harper & Row, 1990

Deci EL, Ryan RM. Intrinsic motivation and self-determination in human behavior. New York: Plenum Press, 1985

Dohna-Schwake C, Felderhoff-Müser U, 2011: Hygienische Händedesinfektion – Selbsteinschätzung der ärztlichen Mitarbeiter in einer Universitäts-Kinderklinik. <http://reg.mcon-mannheim.de/onlineprogramm-mmv/render.aspx?kongressID=39&t=a&n=17626&speech=GER> (Zugriffsdatum: 21.05.2011)

Exner M, Gebel J, Heudorf U, Fischnaller E, Engelhart S. Infektionsrisiken im häuslichen Umfeld. Plädoyer für eine neue Risikobewertung. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2008; 51: 1247-1257

Exner M, Maschmeier G, Christiansen B, Engelhart S, Hornei B, Wischnewski N, Simon A. Anforderungen an die Hygiene bei der Versorgung immunsupprimierter Patienten. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2010; 53: 357-388

Fritsch P. Dermatologie und Venerologie für das Studium. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2009

Gebel J, Simon A, Ilschner C, Exner M, 2008: Hygiene-Tipps für Kids im Krankenhaus. <http://www.ihph.de/hygiene-kids/cmsmadesimple/cmsmadesimple/uploads/PDF/ProjektskizzeHTKK.pdf> (Zugriffsdatum: 07.11.2010)

Gebel J, Teichert-Barthel U, Hornbach-Beckers S, Vogt A, Kehr B, Littmann M, Kupfernagel F, Ilschner C, Simon A, Exner M. Hygiene-Tipps für Kids. Konzept und Umsetzungsbeispiele. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2008; 51: 1304-1313

Gebel J, Werner H-P, Kirsch-Altena A, Bansemir K. Standardmethoden der DGHM zur Prüfung chemischer Desinfektionsverfahren. Wiesbaden: mhp-Verlag, 2002

Giessen H. Emotionale Intelligenz in der Schule – Unterrichten mit Geschichten. Weinheim und Basel: Beltz Verlag, 2009

Grötzebach C. Spiele und Methoden für ein Training mit Herz und Verstand – 70 Methoden für ein aktivierendes Training. Offenbach: Gabal Verlag GmbH, 2008

Groß D. Gender schafft Wissen, Wissenschaft Gender? Geschlechtsspezifische Unterscheidungen und Rollenzuschreibungen im Wandel der Zeit. Kassel: kassel university press GmbH, 2009

Groß U. Kurzlehrbuch Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2006

Hagemann-White C. Sozialisation: weiblich – männlich? Leverkusen: Leske Verlag + Budrich GmbH, 1984

Hahn H, Kaufmann SHE, Schulz TF, Suerbaum S. Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2009

Kampf G. Hände-Hygiene im Gesundheitswesen. Heidelberg: Springer Verlag, 2003

Kampf G, Löffler H, Gastmeier P. Hand Hygiene for the Prevention of Nosocomial Infections. Dtsch Arztebl Int 2009; 106: 649-655

Kampf G, Reichel M, Feil Y, Eggerstedt S, Kaulfers PM. Influence of the rub-in-technique on required time and hand coverage in hygienic hand disinfection. BMC Infect Dis. 2008; 8: 149

Klischies R, Panther U, Singbeil-Grischkat V. Hygiene und medizinische Mikrobiologie, Lehrbuch für Pflegeberufe. Stuttgart: Schattauer GmbH, 2008

Knoll M, Wienke A. Untersuchung zur Verbesserung der Compliance bezüglich der hygienischen Händedesinfektion. Hyg Med 2011; 36: 76-80

Koch HU. Die grundsätzliche Bedeutung der Händehygiene. Ärzteblatt Rheinland-Pfalz 2006; Ausgabe 9: 14-18

Koletzko B. Kinder- und Jugendmedizin. Berlin: Springer Verlag, 2007

Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention am Robert Koch-Institut. Händehygiene. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2000; 43: 230-233

Kramer A, Heeg P, Botzenhart K. Krankenhaus- und Praxishygiene. München – Jena: Urban & Fischer Verlag, 2001

Kulbe A. Grundwissen Psychologie, Soziologie und Pädagogik. Stuttgart: Kohlhammer GmbH, 2009

Langfeldt HP, Büttner G. Trainingsprogramme zur Förderung von Kindern und Jugendlichen – Kompendium für die Praxis. Weinheim und Basel: Beltz Verlag, 2008

Mienert M, Pitcher S. Pädagogische Psychologie – Theorie und Praxis des Lebenslangen Lernens. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2011

Milliken J, Tait GA, Ford-Jones EL, Mindorff CM, Gold R, Mullins G. Nosocomial infections in a pediatric intensiv care unit. Crit. Care Med. 1988; 16: 233-237

Mitteilung des Robert Koch-Institutes. Vorwort und Einleitung der Kommission zur Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2004; 47: 409-411

Petillon H. 1000 Spiele für die Grundschule – Von Adlauge bis Zauberbaum. Weinheim und Basel: Beltz Verlag, 2007

Pittet D, Simon A, Hugonnet S, Pessoa-Silva C, Sauvan V, Permegeer TV. Hand hygiene among physicians: performance, beliefs, and perceptions. Ann Intern Med 2004; 141: 1-8

Pschyrembel W. Klinisches Wörterbuch. Berlin – New York: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, 2001

Robert Koch-Institut, 2010: Gemeinsam gegen nosokomiale Infektionen: 2. Internationaler Tag der Händehygiene in Einrichtungen des Gesundheitswesens. Epidemiologisches Bulletin Nr. 17

Robert Koch-Institut. Norovirus-Infektionen: Gegenwärtig starke Ausbreitung in Deutschland. Epid Bull 2007; 05/2007

Rohde A, Marneros A. Geschlechtsspezifische Psychiatrie und Psychotherapie – Ein Handbuch. Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH, 2007

Rothgang G-W. Entwicklungspsychologie. Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH, 2009

Rotter M, Suchomel M, Weinlich M, Kundi M. Auswirkungen einer Verkürzung der Anwendungsdauer und der standardisierten Bewegungsabfolge sowie Verringerung des Desinfektionsmittelvolumens bei der hygienischen Händedesinfektion mit 2-Propanol (60 % V/V). Hyg Med 2009; 34: 19-23

Schiefele U. Motivation und Lernen mit Texten. Göttingen: Hogrefe Verlag, 1996

Schmidkonz S, Oktober 2009: Mit Zauberkraft und Löwenmut klappt's auch beim Onkel Doktor gut – Medizinische Maßnahmen an Kindern im Krankenhaus und in der Arztpraxis optimal vorbereiten und durchführen. <http://kindertagung.de/handout/content/html/PDF/Handouts/D-011-schmidkonz.pdf> (Zugriffsdatum: 26.06.2010)

Schmidt F, Schaible HG. Neuro- und Sinnesphysiologie. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2006

Simon A, Müller A, Franz A, Bruns R, Günther G, von Müller L, Zimmermann T, Schirmer-Zimmermann H, Pöschl J, Meng-Hentschel J. Erfassung nosokomialer und Gesundheitssystem-assoziiertes Infektionen in der Pädiatrie. Gemeinsame Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Infektiologie (DGPI) und der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH). Monatsschr Kinderheilkd. 2009; 157: 166-172

Stangl W, 2010: Lernmotive und Lernmotivation. <http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/MOTIVATION/Lernmotivation.shtml> (Zugriffsdatum: 12.11.2010)

Steinhausen HC. Psychosoziale Aspekte bei chronischen Krankheiten im Kindes- und Jugendalter. Dt Ärztebl 1996; 93: A-2553-2555

Steripower GmbH & Co. KG, 2010: Steripower. <http://www.steripower.com/de/produkte/steripower.php> (Zugriffsdatum: 12.12.2010)

Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Wien, 01.12.2008: Klinische Psychologie des Kindes- und Jugendalters. Chronische Erkrankungen I: Einführung, Diabetes, Dialyse, Nierentransplantation. http://www.kinderpsychologie.info/publikationen/vortraege/klinischepsychologie01_12_08.pdf (Zugriffsdatum: 23.10.2010)

Universitätsklinikum Heidelberg, Department für Infektiologie: Glossar. <http://www.klinikum.uni-heidelberg.de/Glossar.103979.0.html> (Zugriffsdatum: 07.11.2010)

Wenzler-Röttele S, Hauer T, Dettenkofer M. Epidemiologie und Prävention von nosokomialen Infektionen. In: Lentze MJ, Schaub J, Schulte FJ, Spranger J. Pädiatrie, Grundlagen und Praxis. Berlin – Heidelberg: Springer Verlag, 2007; 720-739

White R W. Motivation reconsidered: The concept of competence. Psychological review 1959; 66: 297-333

Wild E, Möller J. Pädagogische Psychologie. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2009

Wirth G, Ptok M, Schönweiler R. Sprachstörungen, Sprechstörungen, Kindliche Hörstörungen – Lehrbuch für Ärzte, Logopäden und Sprachheilpädagogen. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag, 2000

Wittler C. Lernlust statt Lernfrust... ein Elterntraining zum häuslichen Lernen. Universität Bielefeld, 2010. <http://www.uni-bielefeld.de/psychologie/ae/AE09/Lernlust%20statt%20Lernfrust,%20Elterntraining.pps> (Zugriffsdatum: 12.11.2010)

Danksagung

Zuerst möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Exner, meinem Doktorvater, bedanken. Vielen Dank, dass Sie mir das Vertrauen geschenkt haben mich dem aktuellen, äußerst wichtigen Thema der Händedesinfektion widmen zu dürfen.

Ich möchte außerdem ganz herzlich meinem Betreuer Herrn Dr. Jürgen Gebel danken. Du gabst mir ab dem ersten Zusammentreffen das Gefühl, jederzeit ansprechbar zu sein und hast mich bei der Lösung auftretender Fragen und Probleme geduldig unterstützt. Es war eine Freude mit dir arbeiten zu dürfen.

Zudem möchte ich mich bei allen Mitarbeitern der Abteilung für Desinfektionsmittel-Testung des Instituts für Hygiene und Öffentliche Gesundheit Bonn bedanken. Liebe Sylvia, vielen Dank für deine unermessliche Geduld, deine tollen Ideen und deine tatkräftige Unterstützung. Steffi (Biebersdorf), du hast aus meinen Fragen Lösungen geschaffen - ich danke dir! Liebe Steffi (Gemein), herzlichen Dank für deine wertvollen Tipps und dein offenes Ohr. Ebenso gilt mein Dank Johannes und Stefan, ihr habt euch vor keiner noch so zeitraubenden Aufgabe gescheut, auf euch war immer Verlass.

Ein großes Dankeschön möchte ich auch an Herrn PD Dr. Simon richten. Sie gaben meiner Arbeit den Praxisbezug, vielen Dank für die anregende, informationsreiche Kommunikation. Bedanken möchte ich mich außerdem bei Frau Carola Ilschner, die mir besonders in der Literaturrecherche eine große Hilfe war.

Mein Dank gilt ebenso allen großen und kleinen Probanden der Versuchsreihen. Es hat mir sehr viel Spaß bereitet mit meinen Freunden, Kommilitonen und Mitarbeitern des Instituts gemeinsam die Testreihen durchzuführen. Noch immer bin ich begeistert von dem Engagement meiner kleinen Probanden, den Kindern der Klasse 3b der Altstadtschule Gütersloh sowie ihrer Klassenlehrerin Sylvia Käter.

Ich möchte mich auch bei der Firma Steripower GmbH & Co. KG, insbesondere bei Herrn Henke, für die Bereitstellung des Steripower-Gerätes und den freundlichen Kontakt bedanken.

Enden möchte ich meine Danksagung mit ganz besonderen Menschen, die mich nicht nur in den vergangenen 3 Jahren unterstützt haben, sondern dies bedingungslos seit meiner Geburt tun. Mama und Papa, ihr seid die besten Eltern der Welt! Eva und Jonas, schön, dass es euch gibt!