

Aus dem Institut für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnmedizin und  
Funktionslehre  
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Zahnärztliche Übertragungsinstrumente  
aus hygienischer Sicht**

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät der Charité – Universitätsmedizin  
Berlin

von

Christian Paul

aus Hamburg

Gutachter: 1. Prof. Dr. W. B. Freesmeyer  
2. Prof. Dr. A. Kramer  
3. Prof. Dr. P.-G. Jost-Brinkmann

Datum der Promotion: 20.11.2009

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Problemstellung</b>	
1.1	Einleitung	4
1.2	Problemstellung	6
1.3	Untersuchungsmethoden	15
1.4	Fragestellung der Arbeit	20
<b>2</b>	<b>Material und Methode</b>	
2.1	Probekörper	22
2.2	Kontamination	23
2.3	SuperFloss	23
2.4	Chemikalien	24
2.5	Geräte	24
2.6	Vorversuche	25
2.7	Hauptversuche	26
2.7.1	Vorbereiten der Probekörper und Kontamination	28
2.7.2	Eluatgewinnung aus den Spraykanälen	29
2.7.3	Visuelle Beurteilung der Spraykanäle	31
2.7.4	Quantitative Proteinbestimmung	31
2.7.5	Qualitative Hämoglobinbestimmung	34
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	
3.1	Visuelle Beurteilung der Spraykanäle	35
3.2	Quantitative Proteinbestimmung	38
3.3	Qualitative Hämoglobinbestimmung	39
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	
4.1	Infektionsgefahr durch Übertragungsinstrumente in der zahnärztlichen Praxis	42
4.2	Rechtliche Rahmenbedingungen	44
4.3	Kritische Wertung der Untersuchungsmethoden	48
4.4	Probekörper	49
4.5	Kontamination der Probekörper	49
4.6	Diskussion der Ergebnisse	50
4.7	Schlussfolgerungen	52
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	56
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	57
	Danksagungen	63
	Lebenslauf	64

# **1 Einleitung und Problemstellung**

## **1.1 Einleitung**

Hygiene in der (Zahn-)Medizin ist heute ein viel diskutiertes Thema, welches nicht zuletzt durch die Einführung des Medizinproduktegesetzes (MPG) und die Veröffentlichung der neuen Empfehlungen des Robert Koch-Institutes (RKI) „Infektionsprävention in der Zahnheilkunde - Anforderungen an die Hygiene“ im April 2006 neue Aktualität erlangt hat [54,58].

Auch haben die in den letzten Jahren neu und vermehrt aufgetretenen Tierseuchen - wie BSE und Vogelgrippe - dazu geführt, dass gerade im Hinblick auf die mögliche Gefahr für den Menschen, die Frage nach Infektionswegen von Krankheiten immer dringender gestellt wird. Spielfilme wie Outbreak oder einschlägige TV-Serien (z.B. Emergency Room) tragen das Ihrige dazu bei, die Öffentlichkeit für das Thema von Kreuzinfektionen von einem Patienten auf den nächsten (über-)sensibel zu machen.

Prinzipiell ist es heute sicherlich unstrittig, dass zumindest eine theoretische Möglichkeit von Mikroorganismenübertragungen von Patient zu Patient möglich ist.

Als mögliche Übertragungswege kommen sowohl direkte als auch indirekte in Betracht. Hier ist zunächst einmal das Behandlungsteam selber zu sehen, welches sowohl als Infektionsquelle als auch als Überträger fungieren kann, ebenso können die Einrichtung und die Behandlungsräume an sich als Überträger dienen. Der häufigste Weg der Infektionsübertragung ist vermutlich der über die verwendeten Instrumente und Materialien [6,9,22,23,28,29,35,39,50].

In dieser Arbeit soll das Hauptaugenmerk auf die Infektionsgefahr durch die Instrumente und hierbei speziell auf die zahnärztlichen Übertragungsinstrumente, wie zum Beispiel Winkelstück, Handstück und Turbine, gerichtet werden. Diese Übertragungsinstrumente sind insofern für die Mikroorganismenübertragung von besonderem Interesse, da sie aufgrund ihres komplexen inneren und äußeren Aufbaues sowie eines konstruktionsbedingten Reaspirierens von Flüssigkeiten eine Vielzahl von Retentionsnischen für Verunreinigungen bieten. Daraus ergibt sich die Konsequenz, dass jedes benutzte Übertragungsinstrument einer suffizienten Aufbereitung zugeführt werden muss, um die Gefahr für den nächsten Patienten so gering wie möglich zu halten.

Durch die Komplexität im Aufbau werden hohe Anforderungen an die Aufbereitung gestellt, so dass das RKI die Übertragungsinstrumente den Kategorien semikritisch /

kritisch B zuordnet. Das bedeutet in der Praxis, dass bei der Aufbereitung spezielle, validierte Verfahren zur Anwendung kommen müssen, die eine Innen- und Außenreinigung sowie Desinfektion sicherstellen.

Die Industrie hat diese Forderung mit einer Vielzahl von Geräten beantwortet, welche diese Vorgaben laut Hersteller, zumeist maschinell, erfüllen sollen.

Es wurden zu dieser Problematik verschiedene Arbeiten durchgeführt, welche in Modellversuchen die Möglichkeiten von Kontaminationen der Übertragungsinstrumente einerseits und die Rückgewinnung infektiöser Mikroorganismen aus diesen Übertragungsinstrumenten und damit die Möglichkeit einer Mikroorganismenübertragung andererseits untersucht haben. Darüber hinaus gab es Untersuchungen, die bei experimentell angeschmutzten Übertragungsinstrumenten die Reinigungsleistung verschiedener Geräte überprüft haben. Zusätzlich haben andere Untersuchungen gezeigt, dass eine Mikroorganismenrückgewinnung und Übertragung prinzipiell möglich ist und dass auf der anderen Seite verschiedene Reinigungsgeräte die Vorgaben sehr gut erfüllen, andere jedoch nur teilweise oder aber auch gar nicht [4,11,17,18,38,41,46].

Hier will diese Arbeit ansetzen und klären, ob es im täglichen routinemäßigen Gebrauch tatsächlich zu einer nachweisbaren Kontamination der Übertragungsinstrumente, hier speziell der Luft- und Wasserspraykanäle kommt oder ob diese Gefahr in der Realität nicht relevant ist.

Dazu soll zunächst ein Überblick über die Konstruktionsmerkmale von zahnärztlichen Übertragungsinstrumenten, in erster Linie von Winkelstücken, gegeben werden, um die möglichen Gefahrenstellen aufzuzeigen. Anschließend werden die eigenen Untersuchungen vorgestellt. Zum Abschluss wird auf die speziellen Anforderungen bei der Aufbereitung der Übertragungsinstrumente eingegangen, um dann mögliche Lösungsansätze darzustellen und zu diskutieren.

## 1.2 Problemstellung

Zahnärztliche Übertragungsinstrumente dienen dazu, einen speziellen Schleif-, beziehungsweise Fräskopf, umgangssprachlich „Bohrer“ genannt, aufzunehmen und in entsprechende Drehung zu versetzen. Sie dienen dabei zugleich als Halterung und Überträger eines Drehmomentes, welches ihnen von außen zugeführt wird.

Man unterscheidet prinzipiell Turbinen, Winkelstücke und Handstücke (Abb. 1.1).

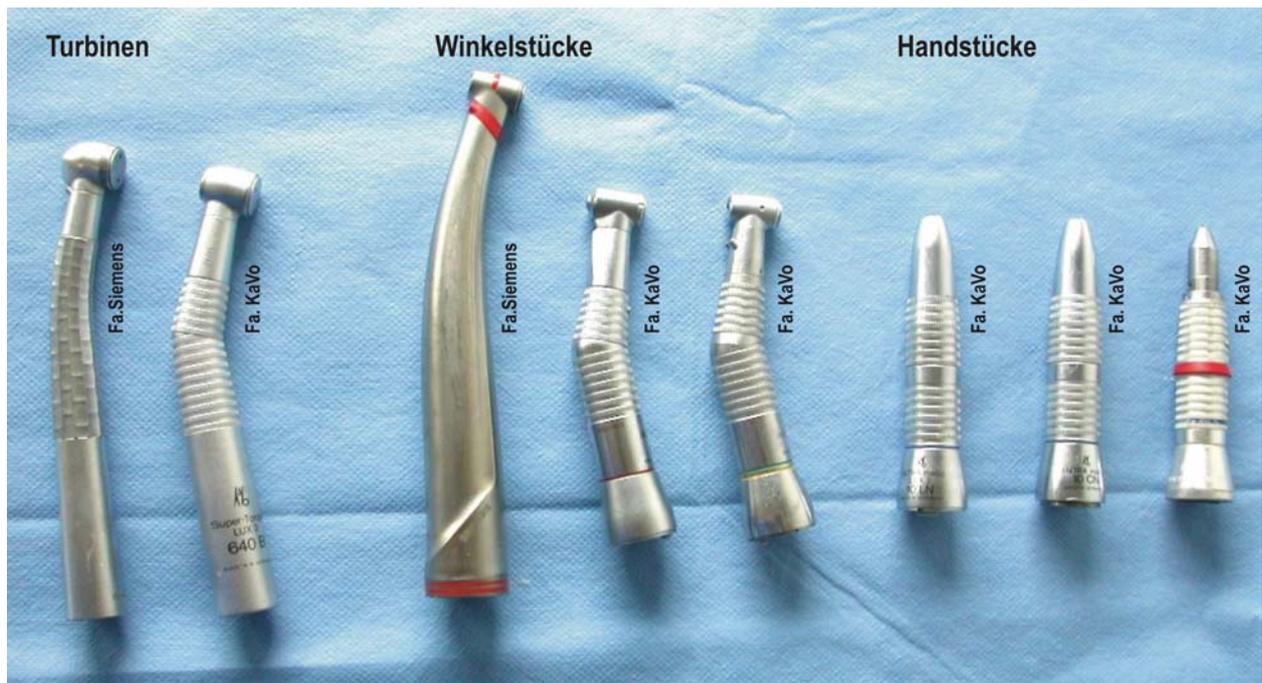


Abb. 1.1: Turbinen, Winkelstücke und Handstücke verschiedener Hersteller

Hand- und Winkelstücke besitzen je nach Verwendungszweck unterschiedliche Getriebe zur Über- bzw. Untersetzung des eingebrachten Drehmomentes und sind je nach Übersetzung von außen durch Farbmarkierungsringe und -punkte gekennzeichnet.

Grün markierte Winkelstücke werden zum Beispiel beim Excavieren von kariösem Dentin oder in der maschinellen Wurzelkanalaufbereitung eingesetzt, rot markierte Winkelstücke finden hauptsächlich ihre Anwendung beim Präparieren von Zähnen für Füllungen und Kronen, bei dem es relativ häufig zum Kontakt mit Speichel und Blut kommen kann. Die Abbildung 1.2 zeigt eine typische Behandlungssituation für ein rotes Winkelstück (hier: Präparation einer Krone).

In Abbildung 1.3 ist beispielhaft der Geräteträger einer zahnärztlichen Behandlungseinheit mit Turbine, Winkel- und Handstück (im Kreis von links nach rechts) gezeigt.



Abb. 1.2: Präparation mit einem Winkelstück



Abb. 1.3: Geräteträger einer Behandlungseinheit

Hand- und Winkelstücke mit blauen Ringen werden mit externen Spraykanälen hauptsächlich in der Chirurgie eingesetzt. Die Abbildungen 1.4. und 1.5 zeigen eine entsprechende chirurgische Behandlungseinheit und den Kopf eines chirurgischen Winkelstückes mit den externen Anschlüssen für außen- (blauer Pfeil) bzw. innengekühlte (roter Pfeil) Fräsen.



Abb. 1.4: Chirurgische Behandlungseinheit



Abb. 1.5: Kopf eines chirurgischen Winkelstückes; blauer Pfeil: externe Kühlung, roter Pfeil: interne Kühlung

Die Übertragungsinstrumente verschiedener Hersteller und unterschiedlicher Baureihen unterscheiden sich hauptsächlich im äußeren Aufbau. Man findet hier sowohl glatte (Abb. 1.6) als auch mehr oder weniger stark strukturierte Oberflächen (Abb. 1.7), wobei letztere die Retention von Kontaminationen begünstigen.



Abb. 1.6: Winkelstück mit glatter Oberfläche



Abb. 1.7: Winkelstück mit strukturierter Oberfläche

Weitere Unterschiede liegen in der Art des Hüllenaufbaues. Hier gibt es einteilige (Abb. 1.8) und mehrteilige Hüllen (Abb. 1.9). An den Kontaktstellen der Segmente mehrteiliger Hüllen bieten sich gleichfalls Retentionsnischen für Kontaminationen.

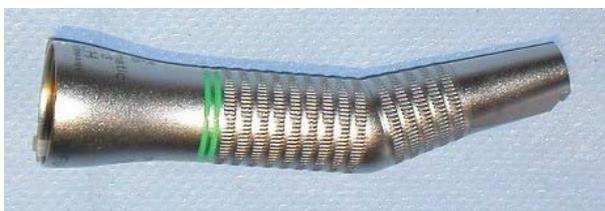


Abb. 1.8: Einteilige Hülle eines Winkelstückes



Abb. 1.9: Mehrteilige Hülle eines Winkelstückes

Auch in der Lage der Spraykanäle können sich die Übertragungsinstrumente unterscheiden. So gibt es welche mit innen (in Abb. 1.10 rot dargestellt), und welche mit außen liegenden Spraykanälen (Abb. 1.11).



Abb. 1.10: Rot: innen liegende Spraykanäle eines Winkelstückes



Abb. 1.11: Außen liegende Spraykanäle eines Winkelstückes

Bei letzteren wird die Zuleitung aus Kunststoff als Einmal-Artikel verwendet, der letzte metallene Teil des Spraykanals verbleibt am Instrument und muss mit aufbereitet werden. Diese Art findet überwiegend im chirurgischen Bereich und bei „Problempatienten“, die nicht mit möglicherweise im Spraywasser vorhandenen Mikroorganismen in Kontakt kommen dürfen, ihre Anwendung. Dabei wird steriles Wasser als Kühlmittel verwendet.

Im inneren Aufbau unterscheiden sich Übertragungsinstrumente innerhalb ihrer Art (Turbinen, Winkelstücke oder Handstücke) nicht wesentlich voneinander.

Turbinen werden über von außen zugeführte Druckluft angetrieben, welche ein Flügelrad im Turbinenkopf in Drehung versetzt (Abb. 1.12). Die Drehgeschwindigkeit wird hierbei über den Luftdruck geregelt.

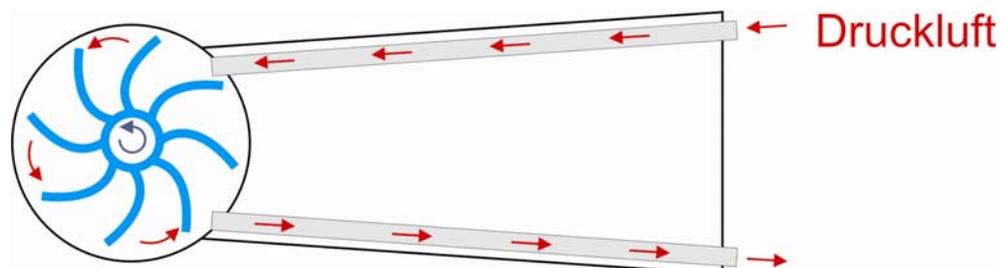


Abb. 1.12: Schematische Darstellung eines Turbinenantriebes

Aufgrund dieser Antriebsart sind nur wenige Bauteile nötig, wodurch der innere Aufbau relativ einfach ist.

Hand- und Winkelstücke erhalten dagegen ihr Drehmoment von einem externen Elektro(mikro)motor. Dieses Drehmoment wird im Hand- respektive Winkelstück über verschiedene Getriebearten über- oder untersetzt und beim Winkelstück zusätzlich noch mehrfach umgelenkt (Abb. 1.13).

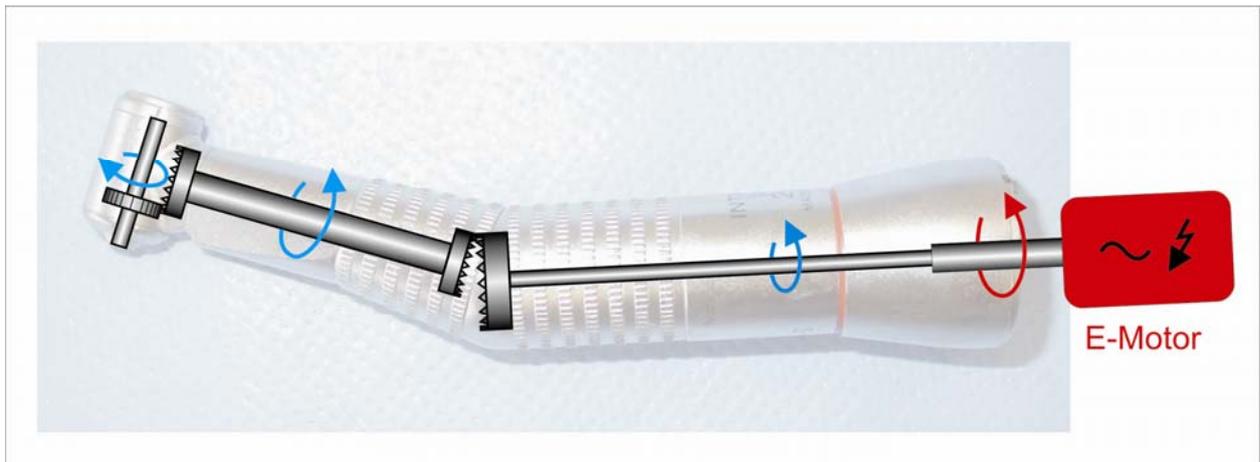


Abb. 1.13: Schematische Darstellung eines Winkelstückantriebes

Daraus resultiert ein komplexer innerer Aufbau (Abb. 1.14), welcher im Falle einer Innenkontamination, zum Beispiel über die Anschlussstellen der einzelnen Hüllenteile oder über das Bohrfutter, eine Vielzahl von Retentionsnischen bietet und eine suffiziente Aufbereitung praktisch unmöglich macht.



Abb. 1.14: Cut-away Darstellung eines Winkelstückes (Foto Fa. KaVo)

Dies konnte an einem mit 1:1 verdünnten Humanblut experimentell angeschmutzten Winkelstück bereits makroskopisch gezeigt werden. Die Abbildungen 1.15 bis 1.21 zeigen Problemstellen eines angeschmutzten Winkelstückes nach der Aufbereitung (!). Bei den Rückständen handelt es sich vermutlich um ein Gemisch von Blutbestandteilen, Pflegemittelrückständen und Abrieb.

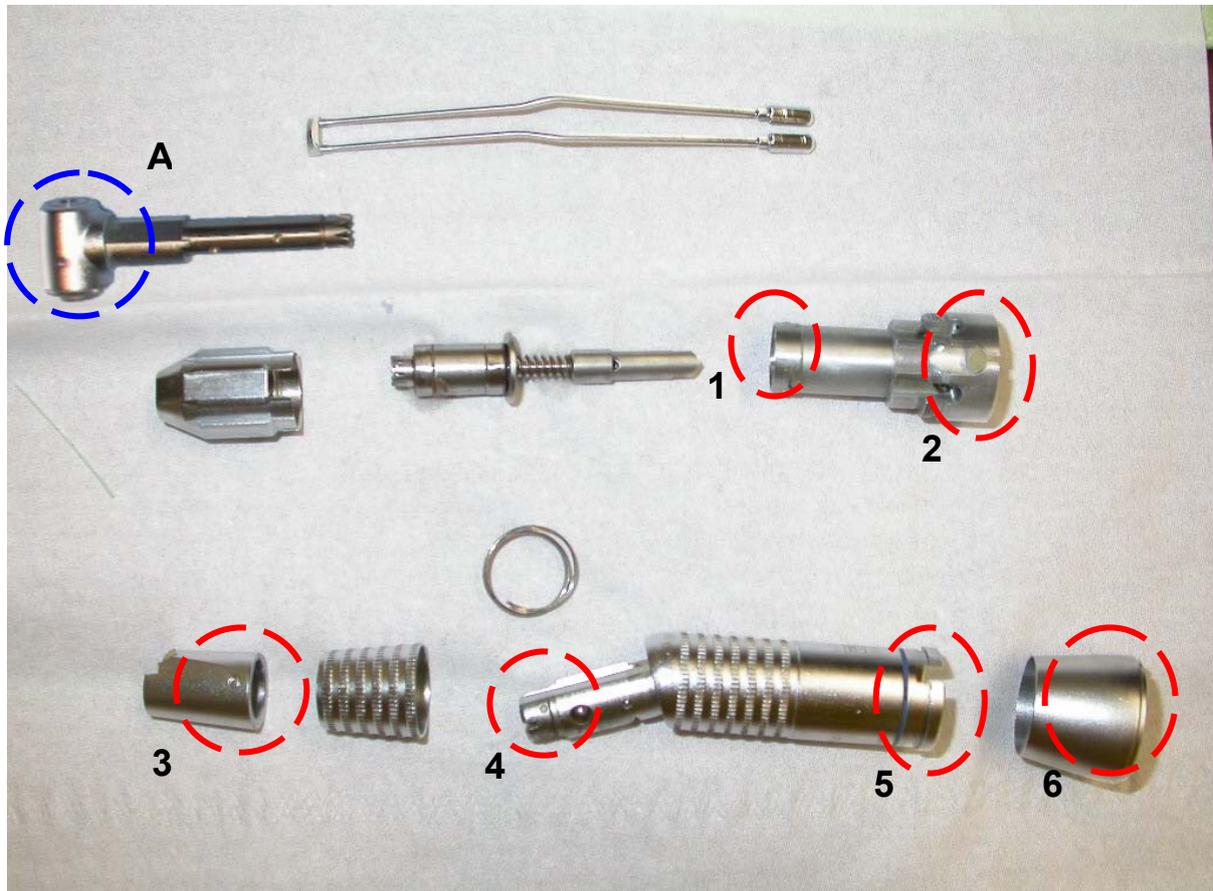


Abb.1.15: Zerlegtes Winkelstück nach der Aufbereitung

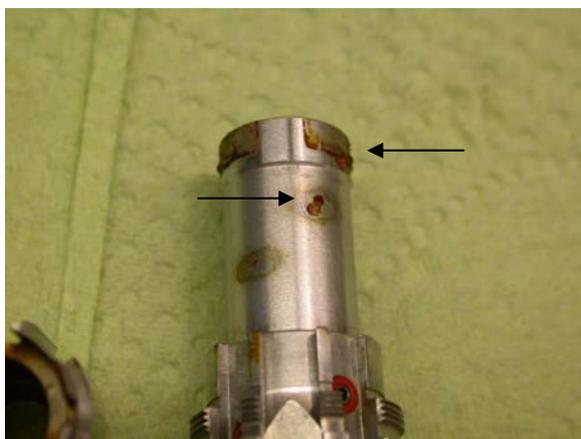


Abb.1.16: Zerlegtes Winkelstück, Bereich 1 aus Abb.1.15 in der Vergrößerung



Abb.1.17: Zerlegtes Winkelstück Bereich 2 aus Abb.1.15 in der Vergrößerung



Abb.1.18: Zerlegtes Winkelstück, Bereiche 3 und 4 aus Abb.1.15 in der Vergrößerung

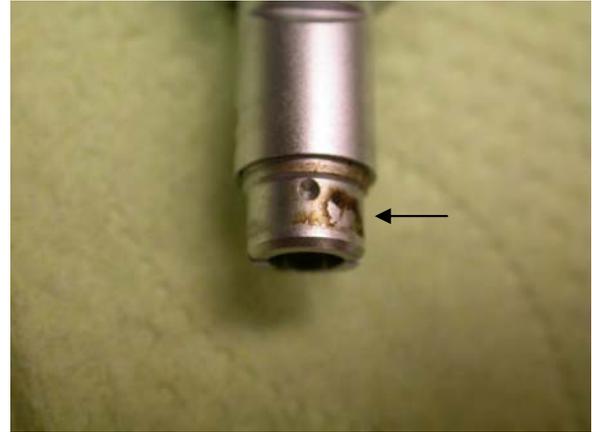


Abb.1.19: Zerlegtes Winkelstück, Bereich 4 aus Abb.1.15 in der Vergrößerung



Abb.1.20: Zerlegtes Winkelstück, Bereich 5 aus Abb.1.15 in der Vergrößerung



Abb.1.21: Zerlegtes Winkelstück, Bereich 6 aus Abb.1.15 in der Vergrößerung

Im Bezug auf das Bohrfutter (blauer Kreis (A) in Abb. 1.15) muss man davon ausgehen, dass diesem als mögliche Eintrittspforte, allein schon durch die räumliche Nähe zu potentiell kontaminierten Flüssigkeiten wie Speichel oder Blut während der Benutzung, eine besondere Bedeutung zukommt. An dieser Stelle schließen bewegte und unbewegte Teile miteinander ab (Abb.1.22 und 1.23), wodurch ein flüssigkeitsdichter Verschluss nahezu unmöglich ist. Auch an den Kontaktflächen zwischen Schleifkörper und der Einspannvorrichtung kann man von Undichtigkeiten ausgehen. Kommt es an diesen Stellen zu Verunreinigungen, sind diese vermutlich nur sehr aufwendig (Zerlegung des Bohrfutters) oder nur unzureichend zu reinigen. Untersuchungen speziell dazu sind zurzeit nicht veröffentlicht, wären aber auch im Hinblick auf die praktische Relevanz einer Kontamination über diesen Weg aufschlussreich.



Abb. 1.22: Bohrfutter eines Winkelstücks



Abb. 1.23: Bewegter Teil grün, fester Teil rot

Zusätzlich haben alle Übertragungsinstrumente ein konstruktionsbedingtes Reaspirieren von Flüssigkeit beim Abstoppen gemeinsam. Durch diesen sogenannten Reflux können potentiell kontaminierte Flüssigkeiten in das Lumen der einzelnen Spraykanäle gelangen und unter Umständen dort verbleiben. Abbildung 1.24 zeigt das Abstoppen eines laufenden chirurgischen Winkelstückes in gefärbtem Wasser. Der Pfeil in Abbildung 1.25 verdeutlicht, wie weit die Flüssigkeiten sichtbar in die Spraykanäle eingesaugt werden.

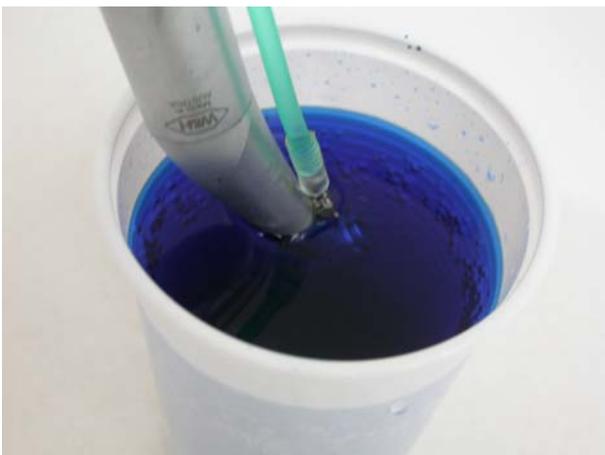


Abb. 1.24: Abstoppen in gefärbtem Wasser

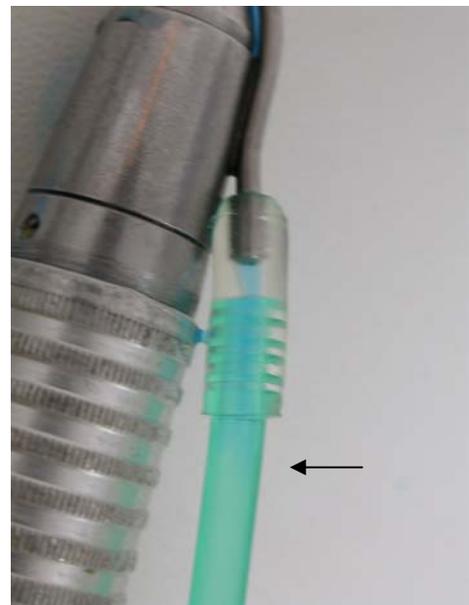


Abb. 1.25: Sichtbare Einsaugtiefe

Wenn man nun ein so verschmutztes Winkelstück ohne die erforderliche und vorgeschriebene Aufbereitung wieder startet, wird die eingesogene Flüssigkeit wieder

herausgepresst (Abb. 1.26) und würde in der Realität in die Mundhöhle des nächsten Patienten gelangen.



Abb. 1.26: Zuvor eingesogene Sprayflüssigkeit auf Filterpapier

Im täglichen Gebrauch können zahnärztliche Übertragungsinstrumente in der Mundhöhle prinzipiell mit allen humanpathogenen Mikroorganismen in Kontakt kommen. Aus diesem Grund besteht zumindest theoretisch die Möglichkeit einer Kontamination der Übertragungsinstrumente. Hauptsächlich Blut, welches mit diesen Mikroorganismen belastet ist, kann, zumeist mit Speichel vermischt, die oben beschriebenen Strukturen an bzw. in Übertragungsinstrumenten kontaminieren und bei unzureichender Aufbereitung auf den nächsten Patienten übertragen werden.

Blut gehört zu den häufigsten und problematischsten Kontaminationen von Instrumenten. Dieses gilt im besonderen Maße natürlich bei chirurgisch eingesetzten Instrumenten. Die besondere Problematik bei einer Kontamination mit Blut liegt darin, dass sich durch die Gerinnung ein wasserunlösliches, faseriges Fibringerüst bildet, welches zusätzlich noch andere Kontaminationen fixieren kann. Es bedarf also bei der Aufbereitung eines speziellen Reinigers (hauptsächlich enzymatisch oder alkalisch), der die vorhandenen Proteine an ihren Peptidbindungen spaltet, um sie danach ablösen zu können [31,40].

### **1.3 Untersuchungsmethoden**

Gemäß den bisherigen Vorschriften wurde die Effektivität von Aufbereitungsverfahren für Instrumente mit Hilfe von Bioindikatoren, wie zum Beispiel Griesbrei und *Enterococcus faecium* als Testanschmutzung bei Reinigungs- und Desinfektionsgeräten, überprüft. Dazu werden diese Testkörper den Chargen während der Aufbereitung beigegeben. Mit diesen Verfahren sind allerdings nur eine rein visuelle Kontrolle der Reinigungsleistung und eine mikrobiologische Kontrolle der Desinfektion durch Bebrüten der Testkörper möglich.

Die aktuellen Bestimmungen zur Aufbereitung von Medizinprodukten (s. 4.2) [54-58] fordern allerdings die Anwendung von validierten Verfahren, die auch im täglichen Praxisgebrauch jederzeit nachvollziehbar sind. Dies bedeutet konkret, dass ein Testverfahren zum Einsatz kommen muss, welches differenziert die Aufbereitung am besten direkt am aufzubereitenden Medizinprodukt überprüft.

Als Testverfahren zur Erfassung von Restkontaminationen und damit zur Überprüfung eines Aufbereitungserfolges, sind zurzeit sechs verschiedene Methoden mit ihren verschiedenen Modifikationen etabliert.

#### **1.) Test Object Surgical Instruments (TOSI)**

Bei dieser weitverbreiteten Untersuchungsmethode wird ein transparenter Träger mit einem standardisierten Prüfkörper (Metallplättchen), welcher mit einer ebenfalls standardisierten Testanschmutzung beschickt wurde, einer Aufbereitungscharge beigegeben. Mit dem transparenten Träger lassen sich verschiedene aufbereitungstechnisch problematische Objekte simulieren, wie zum Beispiel Gelenke, Hohlkörper etc. Die Testanschmutzung besteht aus den Gerinnungsfaktoren Fibrinogen und Thrombin, die nach der Umwandlung in den sehr festen Verbund von Fibrin, welches Albumin und Hämoglobin bindet, eine „worst-case“ Kontamination des Prüfkörpers simuliert, die sehr gut mit dem Verhalten von Humanblut korreliert [40]. Nach Durchlaufen des Aufbereitungsprozesses zusammen mit einer normalen Aufbereitungscharge wird der Prüfkörper visuell überprüft und der Aufbereitungserfolg anhand einer sechsstufigen Skala qualitativ bewertet [17,18].

0 = keine sichtbaren Rückstände

1 = leichte weiße Schleier oder Ränder: lösliche Bestandteile sind ausgespült, wenige Fibrinreste noch vorhanden

2 = deutliche weiße Schleier: lösliche Bestandteile sind ausgespült, Fibrin vollständig erhalten

3 = keine weißen Fibrinablagerungen, aber gleichzeitig noch rote Hämoglobinreste

4 = leichte rote Hämoglobinreste und Fibrinablagerungen

5 = Testanschmutzung weitestgehend / komplett erhalten.

Vorteile: Die Vorteile dieser Methode sind die leichte Handhabung des Testes, die von jedem ohne besondere Schulung erfolgen kann und dessen Ergebnis sofort abgelesen werden kann.

Nachteile: Hauptnachteil ist sicherlich, dass hier nur der Erfolg der Aufbereitung anhand einer Testanschmutzung auf einem speziellen Testobjekt erfolgt. Zum einen ist es nicht möglich, mittels eines Testkörpers die Komplexität sämtlicher aufzubereitender Instrumente nachzuempfinden, zum anderen simuliert auch die Testanschmutzung nur eine von vielen möglichen Kontaminationen. Eine direkte Testung anderer Objekte einer Charge ist mit dieser Methode nicht möglich. Eine Untersuchung mittels TOSI kann also nur orientierend sein.

## **2.) Die Radionuklid-Methode**

Diese von Siegfried und seinen Mitarbeitern in Tübingen entwickelte Methode erlaubt es, die Reste einer vorher markierten Testanschmutzung sowohl quantitativ als auch topographisch exakt zu erfassen. Dabei werden mit Technetium 99 markierte Makroalbumine gerinnungsfähigem Humanblut beigemischt. Mit dem so präparierten Blut werden Testkörper angeschmutzt. Mit einer Gamma-Kamera werden nun die Aktivität und die Lage der Verschmutzung erfasst. Die Testkörper werden jetzt, wie bei der TOSI-Methode, mit einer normalen Charge in den Aufbereitungsprozess gegeben. Nach Abschluss des Prozesses werden die Testkörper erneut mit der Gamma-Kamera untersucht [43,47,48].

Vorteile: Bei der Radionuklid-Methode handelt es sich um eine sehr genaue Erfassung von Restkontaminationen, bei der gleichzeitig die topographische Lage der Kontamination auf dem Testkörper erfasst wird, ohne den Testkörper zerlegen zu müssen. Diese Methode erlaubt somit einen direkten Rückschluss auf die Reinigbarkeit eines Testkörpers und den Reinigungserfolg einer Methode.

Nachteile: Diese Testmethode ist allein durch den immensen apparativen Aufwand für den normalen Praxisalltag nicht geeignet. Auch der fachpersonelle Aufwand ist (in der Regel) in keiner Praxis oder Klinik zu leisten. Ebenfalls nachteilig ist, dass, ähnlich wie bei der TOSI-Methode, nur die Reinigungsleistung von Geräten und hier zusätzlich die Reinigbarkeit von Instrumenten überprüft werden können. Es werden auch nur zuvor markierte Makroalbumine erfasst, so dass andersartige Kontaminationen mit dieser Methode nicht untersucht werden können.

Damit sind beide bisher beschriebenen Methoden zur Erfassung bereits bestehender Kontaminationen nicht geeignet.

### **3.) Die o-Phthaldialdehyd-Methode**

Mit der o-Phthaldialdehyd-Methode, kurz OPA-Methode, ist es möglich, hydrolysierte Proteine quantitativ zu erfassen [25,26]. Als Meßprinzip liegt ihr die chemische Umsetzung von  $\alpha$ - und  $\epsilon$ -terminalen Aminosäuren [14,15,25,26] und freien, primären Aminen in Hydrolysaten mit o-Phthaldialdehyd in Gegenwart von Thiolverbindungen zugrunde [1,14,15,25,26]. Dabei entsteht ein fluoreszierendes Endprodukt, welches photometrisch bis zu 0,1  $\mu\text{g/ml}$  detektierbar ist [14,15]. Allerdings ist die entstehende Färbung von der Art des Proteins abhängig, so dass eine relative Proteinkonzentration bestimmt wird [25]. Durch den Ersatz des in der Originalmethode eingesetzten Thiolreagenzes Mercaptoethanol durch N,N, Dimethyl-2-mercaptoethylammoniumchlorid konnte das Extinktionsverhalten der Lösung wesentlich stabilisiert werden, weshalb heute fast ausschließlich diese modifizierte OPA-Methode angewendet wird.

Diese Methode wird neben anderen Bereichen hauptsächlich in der biochemischen und lebensmitteltechnischen Protein-, Peptid- und Aminosäureanalytik angewendet [16]. Ebenso findet sie Anwendung in der Messung von Antikörperkonzentrationen in

Microassays [30]. Sie wird immer häufiger in der Verfahrensüberprüfung der Instrumentenaufbereitung eingesetzt.

Zur Ablösung der Proteine vom Testobjekt kommt die denaturierend wirkende, 1%-ige Sodiumdodecylsulfat (SDS) Lösung zum Einsatz, welche eine Wiederfindungsrate selbst bei Proteinkonzentrationen unter 10 µl von 90 % hat [24,32].

Vorteile: Proteinreste werden mit einer hohen Sensitivität und Spezifität quantitativ erfasst. Durch die Elution mit SDS ist eine Erfassung von Kontaminationen sowohl auf den Außen- als auch auf den Innenflächen von zu untersuchenden Objekten möglich.

Nachteile: Die OPA-Methode ist für eine Routineüberprüfung sehr aufwendig. Zum einen ist eine umfangreiche Laborausstattung nötig, zum anderen erfordert sie speziell ausgebildetes Laborpersonal [33]. Diese Nachteile sollen bei einem neuen Schnelltestverfahren beseitigt worden sein. Erfahrungen damit liegen hier aber noch nicht vor. Darüber hinaus erfasst diese Methode kein Fibrin.

#### **4.) Die Ninhydrin-Methode**

Die Ninhydrin-Methode ist eine rein qualitative Proteinanalysemethode. Ihr Meßprinzip beruht darauf, dass eine mittels Wattestäbchen gewonnene Probe mit Ninhydrinlösung versetzt wird. Diese zeigt dann in Gegenwart von hydrolysierten Proteinen eine deutliche Färbung. Die Ninhydrin-Methode gilt nach einer Änderung im Testprotokoll durch de Bruijn als sehr empfindlich und gut reproduzierbar [5].

Vorteile: Die Ninhydrin-Methode ist eine einfach und kostengünstig durchzuführende Methode, für die keine spezielle Ausbildung und aufwendige Ausrüstung nötig ist. Eine vorhergehende Elution mit Lösungsmitteln ist nicht notwendig.

Nachteile: Es handelt sich hierbei um eine rein qualitative Methode, welche über das Ausmaß der Kontamination keine Rückschlüsse zulässt; die Farbreaktion ist pH- und proteinabhängig [12] und nur an hydrolysierten Proteinen möglich. Zudem werden durch den Wischtest lediglich oberflächliche Kontaminationen erfasst, welche laut Kritikern auch rein visuell ohne Test erkennbar sind [5].

## 5.) Die Biuret-Methode

Bei der Biuret-Methode handelt es sich um eine halb-quantitative Proteinanalysemethode. Hierbei wird das zu untersuchende Objekt ebenfalls mit SDS-Lösung gespült, weshalb die SDS-sensitive Originalmethode durch eine nicht näher beschriebene Modifikation gegen SDS-Lösung unempfindlich gemacht wurde. Anschließend wird das Eluat mit einer  $\text{Cu}^{2+}$ -Lösung und zwei weiteren Reagenzien versetzt. Hierbei entsteht durch Komplexbildung je nach Proteinkonzentration eine dunkelrot-violette (proteinfrei) oder hellere bis farblose (steigender Proteingehalt) Färbung des Eluates. Die Nachweisgrenze liegt hier bei  $9,4 \times 10^{-3}$  mmol/ml.

Ihre Anwendung fand diese Methode bisher überwiegend in der Biologie und der Biochemie. Die durch eine weitere Modifikation erzielte höhere Lagerstabilität der Reagenzien führte zu einem von der Firma Miele in Zusammenarbeit mit der Firma Merck entwickelten Test-Kit für Reinigungs- und Desinfektionsgeräte. Hier wird die Färbung des Eluates mit einer Referenzkarte verglichen, um so den Restkontaminationsgrad halb-quantitativ abzuschätzen [59]. Seit kurzem steht als Erweiterung die laut Hersteller exakte quantitative Messung des Proteingehaltes mittels eines Reflektometers (ebenfalls Firma Merck) zur Verfügung [60].

Vorteile: Die Vorteile sind hierbei die schnelle und einfache Handhabung des Testverfahrens, das heißt, dass auch hier kein speziell geschultes Personal benötigt wird. Da ebenfalls mit einem Eluat gearbeitet wird, können sowohl Innen- wie auch Außenflächen überprüft werden.

Nachteile: Die Ablesbarkeit des Testergebnisses, in diesem Falle die Färbung der Lösung, ist gerade im wichtigen Bereich der nur leichten Restkontamination sehr schwer. Die visuelle Beurteilung, ob die Lösung dunkel oder etwas heller rot-violett erscheint, ist in der Praxis sehr schwierig zu differenzieren. In einer Multicenterstudie konnten zwar vergleichbar gute Ergebnisse für die Biuret- und die OPA-Methode gefunden werden, jedoch kam es häufig zu Fehlbewertungen [13].

Sollte jedoch die oben beschriebene Erweiterung mit einem Reflektometer die vom Hersteller angegebenen Ergebnisse auch in der Praxis hinreichend praktikabel und exakt liefern, wären diese Nachteile damit kompensiert.

## **6.) Die Peroxidase-Methode**

Die Peroxidase-Methode ist ebenfalls ein halb-quantitatives Testverfahren. Diese weist allerdings im Gegensatz zu den vorher genannten Testmethoden keine Proteine nach, sondern Erythrozyten, respektive deren Bestandteile. Der Nachweis fußt auf der pseudoperoxidativen Aktivität des Hämoglobins. Durch diese Aktivität wandelt das Hämoglobin Chromogene in gefärbte Verbindungen um. Es handelt sich also um einen indirekten Hämoglobinnachweis. Bei kommerziellen Testkits sind die Reagenzien der Peroxidase-Methode auf Teststäbchen aufgebracht und werden in dieser Form zum direkten Nachweis der Mikrohämaturie verwendet [40,63].

Vorteile: Vorteile liegen in der einfachen Durchführung des Testes, in dem der Teststreifen in das gewonnene Eluat getaucht wird. Je nach Eluat sind ebenfalls Außen- und Innenflächen von Objekten zu untersuchen. Auch hier sind besondere Kenntnisse des Personals nicht nötig.

Nachteile: Nachteilig ist, dass dieser Test durch die alleinige Erfassung von Hämoglobinbestandteilen und die halb-quantitative Auswertung durch den Vergleich mit einer Referenzkarte lediglich als orientierender Schnelltest genutzt werden kann.

## 1.4 Fragestellung der Arbeit

Da es zurzeit zur Kontamination von zahnärztlichen Übertragungsinstrumenten hauptsächlich experimentelle Arbeiten und theoretische Überlegungen gibt, soll geklärt werden, ob überhaupt eine messbare Kontamination während der Behandlung erfolgt und wenn ja, ob dieses in einem für die Praxis relevanten Ausmaß geschieht.

Von den im Aufbau ähnlich komplexen Endoskopen in der Allgemeinmedizin sind solche Probleme bekannt [1,7,9,44,52]. Hier stellen vor allem die im Inneren liegenden Kanalsysteme durch ihre schlechte Zugängigkeit hohe Anforderungen an die Aufbereitung und bergen damit die größte Gefahr für die Übertragung von Mikroorganismen von einem auf den nächsten Patienten. Man muss davon ausgehen, dass eine vergleichbare Problematik auch bei zahnärztlichen Übertragungsinstrumenten zu erwarten ist. Damit würde das Wasserspray neben anderen das größte Gefährdungspotential für den Patienten darstellen. Diese Einschätzung findet sich auch in den Empfehlungen des Robert Koch-Institutes zur Aufbereitung wieder [57,58].

Aus diesem Grunde soll in dieser Arbeit der Untersuchungsschwerpunkt auf den Spraykanälen liegen und im Rahmen der Hauptversuche speziell die durch den Reflux verursachte Innenkontamination der Spraykanäle näher untersucht werden.

Folgende Fragen sollen dabei geklärt werden:

- Welche unterschiedlichen Konstruktionsarten von zahnärztlichen Winkelstücken gibt es?
- Wo liegen mögliche Retentionsnischen für Kontaminationen? Welche Bauteile sind besonders problematisch?
- Welche Arten der Kontamination von zahnärztlichen Winkelstücken sind möglich? Welches sind die Hauptgefahren dabei?
- Ist die Kontamination, die im täglichen Gebrauch entsteht, messbar?  
Ist diese aus hygienischer Sicht in der Praxis relevant?
- Welche praktikablen Möglichkeiten der Aufbereitung gibt es?  
Welche Probleme ergeben sich dabei?

## **2 Material und Methode**

Als Probekörperträger dienten verschiedene zahnärztliche Übertragungsinstrumente der Firma KaVo-Dental, Biberach, der Firma Sirona Dental Systems, Bensheim sowie der Firma W&H Dentalwerk, Bürmoos.

Die Probekörper wurden durch alltägliche zahnärztliche Tätigkeiten kontaminiert.

### **2.1 Probekörper**

Insgesamt wurden 35 Spraykanaleinheiten (s. Abb. 2.4 S.30), bestehend aus je einem Luft- und einem Wasserkanal, als Probekörper in 27 verschiedenen Übertragungsinstrumenten als Träger untersucht. Dabei wurden auf zwei unterschiedliche Arten (s.u.) insgesamt 72 Proben gewonnen.

Zur Hauptuntersuchung wurden 21 Winkelstücke der Firma KaVo als Träger der Spraykanäle benutzt (vgl. Abb. 2.3 S.30), sechs davon in der Konfiguration Intramatic Lux 3 mit Kopfstück 29 LH grün mit einteiliger Außenhülle, sieben Winkelstücke Intramatic Lux 3 mit Kopfstück 19 LN grün mit zweiteiliger Außenhülle, vier Winkelstücke Intramatic Lux 3 25 LH rot mit einteiliger Außenhülle sowie drei Winkelstücke der Konfiguration Intramatic Lux 3 24 CN rot mit zweiteiliger Außenhülle. In der zusätzlichen Versuchsreihe C2 (s.u.) wurde ein Winkelstück GentlePower Lux 25 LP, ebenfalls Firma KaVo, verwendet.

Zum Vergleich des unterschiedlichen Aufbaues wurden eine Turbine der Firma KaVo der Konfiguration SuperTorque Lux 2, 640 B, eine Turbine der Firma Siemens der Konfiguration 4000 SL sowie ein rotes Winkelstück der Firma Siemens der Konfiguration TE 200 und ein grünes Winkelstück der Firma Siemens in der Konfiguration TE 40 untersucht.

Alle Übertragungsinstrumente wurden an verschiedenen Behandlungseinheiten der Firma Siemens (Siemens M1) oder an einer Behandlungseinheit der Firma KaVo (KaVo 1060T) verwendet.

Da bei den oben genannten Übertragungsinstrumenten die Spraywasserkanäle im Inneren der Instrumente verlaufen, wurden zusätzlich zum Vergleich zwei chirurgische Übertragungsinstrumente mit außen liegenden Wasserkanälen auf den möglichen Rücksog untersucht.

Dabei handelte es sich um ein Handstück der Firma KaVo mit blauem Ring und ein Winkelstück der Firma W&H in der Konfiguration WS-75 E/KM. Beide besitzen eine einteilige Außenhülle und wurden an einer chirurgischen Behandlungseinheit der Firma W&H verwendet.

## 2.2 Kontamination

Die Probekörper wurden im täglichen Praxisgebrauch bei allgemeinzahnärztlichen Behandlungen wie Kronenpräparationen und Kariesentfernen verwendet. Sämtliche Behandlungen wurden in der prothetischen Abteilung der Zahnklinik der Charité Universitätsmedizin Berlin, Campus Benjamin Franklin von verschiedenen Assistenzärzten/Innen und Studierenden durchgeführt.

Die beiden chirurgischen Übertragungsinstrumente wurden durch mit Schreibtinte angefärbtes Wasser kontaminiert.

## 2.3 SuperFloss

Um mögliche Verunreinigungen aus dem schwer zugänglichen Inneren der Spraykanäle zur Untersuchung gewinnen zu können, wurde SuperFloss der Firma Oral-B, (Gillette Gruppe Deutschland, Frankfurt) eingesetzt. Der SuperFloss-Faden besteht aus drei verschiedenen Segmenten (Abb. 2.1).

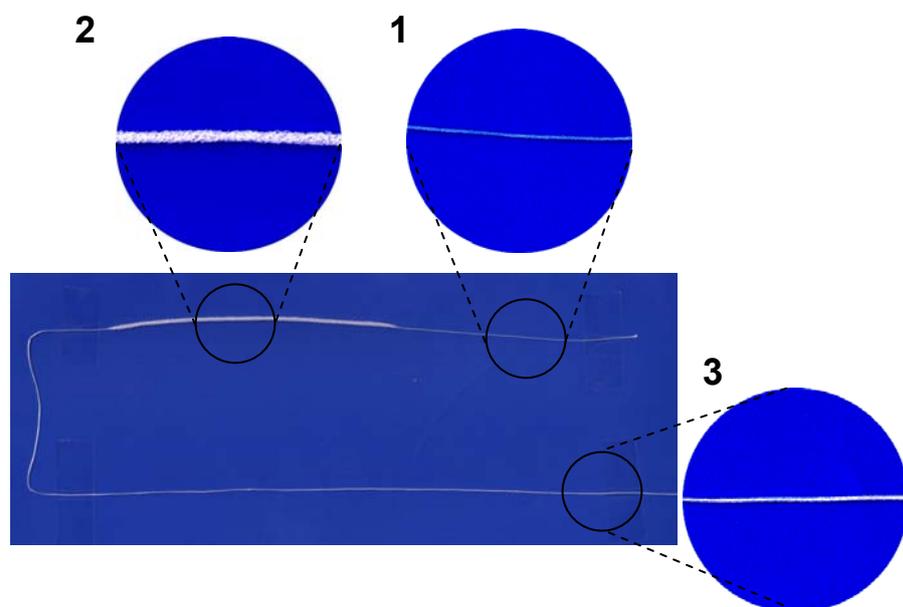


Abb. 2.1.: Segmente des SuperFloss-Fadens,

1: verstärkter Nylonteil, 2: flauschiger Mittelteil, 3: Zahnseidenteil

Der vordere Anteil (1 in Abb. 2.1) besteht aus einem etwa 10 cm langen verstärkten Nylonteil, welcher das Einfädeln in enge Zwischenräume erleichtert, gefolgt von einem circa 12 cm langen flauschigen Mittelteil zur Reinigung (2 in Abb. 2.1) und als Endteil aus einem circa 40 cm langen feinen Zahnseidenteil (3 in Abb. 2.1).

## 2.4 Chemikalien

- |  |   |
|--|---|
| 1. o-Phthaldialdehyd (97%)                     | Firma Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Steinheim, Deutschland, Best.Nr.: P-1378, LOT: 11210 |
| 2. N,N-Dimethyl-2-mercaptoethylammoniumchlorid | Firma Merck-Schuchardt, Darmstadt, Deutschland, Best.Nr.: 820497, LOT: 42115258       |
| 3. Di-Natriumtetraborat, wasserfrei            | Firma Merck, Darmstadt, Deutschland, Best.Nr.: 106306, LOT: 1.06306.0250              |
| 4. L-Leucin                                    | Firma Merck, Darmstadt, Deutschland, Best.Nr.: 105360, LOT: K23005460                 |
| 5. Sodiumdodecylsulfat (SDS)                   | Firma Serva Electrophoresis, Heidelberg, Deutschland, Best.Nr.: 20760, LOT: 11210     |
| 6. Methanol (99,5%)                            | Firma J.T. Baker BV, Deventer, Holland, Best.Nr.: 8402, LOT: nicht notiert            |
| 7. Peroxidasetest<br>Medi-Test Combi 10L       | Firma Macherey-Nagel, Düren, Deutschland, Best.Nr.: 50514, LOT: nicht notiert         |

## 2.5 Geräte

- |                    |   |
|--------------------|---|
| Spektralphotometer | PYE-Unicam, SP6-550 UV/VIS<br>Firma Philips, Kassel, Deutschland    |
| Waage              | Firma Satorius, Göttingen, Deutschland                              |
| Schüttler          | Certomat U<br>Firma B.Braun, Melsungen, Deutschland                 |
| Magnetrührer       | Ikamag, Typ RCO<br>Firma IKA-Werk, Staufen im Breisgau, Deutschland |

## 2.6 Vorversuche

Diese Arbeit schließt sich an die Untersuchungen von Siehe und von Schönherr an [46,49]. Die von ihnen in ihren (Vor-)Versuchen gefundenen Ergebnisse dienen als Grundlage für die im Folgenden beschriebenen eigenen Untersuchungen.

Siehe hat in seiner Arbeit gezeigt, dass SuperFloss nicht mit der als Elutionsmittel verwendeten 1% Sodiumdodecylsulfat - Lösung (SDS) reagiert und bei der anschließenden Extinktionsmessung keine Veränderung zu messen war. Auch wurden aufgrund seiner Ergebnisse sämtliche fabrikneue Spraykanäle wegen ihrer produktionsbedingten Verunreinigung (Ölrückstände) vor dem Einbau in die Winkelstücke mit 60 ml SDS und anschließend mit Aqua dest. gespült und getrocknet.

Schönherr hat gezeigt, dass beim Einbau der Spraykanäle in die Winkelstücke keine Undichtigkeiten entstehen, welche die Wiederfindungsrate einer Testanschmutzung verändern könnten.

Zur Verdeutlichung der Problematik des konstruktionsbedingten Reaspirierens von Flüssigkeiten in die Spraykanäle der Übertragungsinstrumente wurden diese in laufendem Zustand in mit Schreibfarbe gefärbtes Wasser getaucht und dort gestoppt. Anschließend wurden die Außenflächen mit einem Papiertuch getrocknet, um eventuell vorhandene Farbreste zu entfernen. Jetzt wurden die Übertragungsinstrumente auf eine weiße Papierserviette ausgerichtet und erneut kurz gestartet.

Hierbei war eine deutliche Färbung des zuvor in den Kanälen stehenden Sprays zu erkennen (vgl. Kapitel 2.2, Abb. 1.24-1.26). Vergleichsversuche mit chirurgischen Hand- und Winkelstücken bei denen die Spraykanäle außen liegen (vgl. Kapitel 2.2, Abb. 1.11) zeigten hier keinen Unterschied.

Im Rahmen der Vorversuche wurde auch geklärt, ob der verwendete Peroxidase-Test mit SDS-Lösung reagiert. Dazu wurde 1 ml Blut mit 9 ml Aqua dest. auf 10 ml Lösung verdünnt und mit einem Peroxidase-Teststäbchen der Wert für die Erythrozytenzahl abgelesen. Ein weiterer Milliliter Blut der gleichen Probe wurde mit 9 ml SDS-Lösung verdünnt. Hier wurde ebenfalls mit einem Teststäbchen der gleichen Charge gemessen. Die Testungen wurden jeweils 5 Mal wiederholt. Sowohl für 1% als auch für 20 %-SDS-Lösungen konnten bei keiner Messung Abweichungen von den Werten der mit Aqua dest. verdünnten Proben ermittelt werden.

## 2.7 Hauptversuche

Zur Erfassung der tatsächlichen Kontamination der Spraykanäle in Übertragungsinstrumenten wurden drei Versuchsreihen gebildet, bei der die Rückstände mit verschiedenen Methoden untersucht wurden.

Die verschiedenen Versuchsreihen sind aus Gründen der Übersichtlichkeit im Text mit A, B und C bezeichnet. Der Inhalt der Luft- und Wasserkanäle wurde bei allen Untersuchungen zusammen erfasst. Aus diesem Grund werden die Luft- und Wasserkanäle zusammenfassend als Spraykanäle und das aufgefangene Aerosol als Spraywasser bezeichnet. Die Begriffe Spraykanäle und Probekörper sind hier synonym.

Für die erste Testreihe A wurden fabrikneue mit SDS gereinigte Spraykanäle als Probekörper verwendet. Diese wurden in grüne Winkelstücke eingebaut und nur einmalig am Patienten verwendet.

Als Probekörper in den Untersuchungen der zweiten Testreihe B dienen die Spraykanäle aus seit langer Zeit in Benutzung befindlichen grünen Winkelstücken. Eine Aussage über die Häufigkeit des Einsatzes kann ebenso wie über die Art der erfolgten Aufbereitung nicht gemacht werden.

In der dritten Untersuchungsreihe C wurden die bereits benutzten, in den Übertragungsinstrumenten befindlichen Spraykanäle, als Probekörper verwendet. Hier wurden während der Patientenbehandlung Proben des Wassersprays aufgefangen.

- Versuchsreihe A: 8 Proben aus einmalig am Patienten angewendeten Spraykanälen im Winkelstück,
- Versuchsreihe B: 12 Proben aus mehrfach am Patienten angewendeten Spraykanälen im Winkelstück,
- Versuchsreihe C: 26 Proben aus Turbinen und Winkelstücken zu je 10 ml; entnommen vor, während und nach der Benutzung (C1)  
26 Proben aus einem roten Winkelstück zu je 1 ml; entnommen während der Benutzung (C2)  
→ Messung der Spraywasserkontamination

Die verschiedenen Untersuchungsabläufe sind in Abbildung 2.2 auf der folgenden Seite schematisch dargestellt.

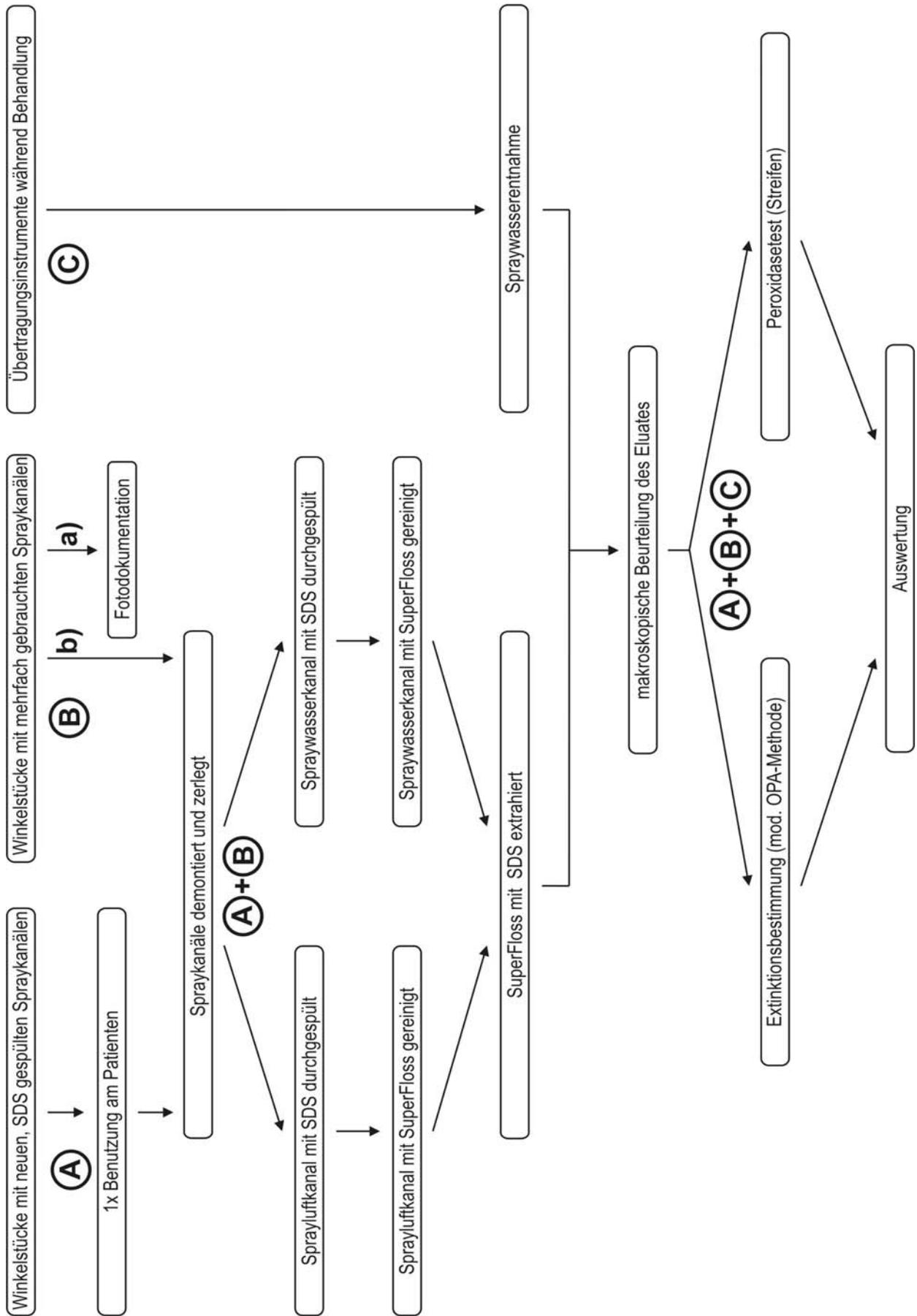


Abb. 2.2.: Ablaufschema der Untersuchungen

### **2.7.1 Vorbereiten der Probekörper und Kontamination**

Als Vorbereitung der Versuchsreihe A wurden grüne Winkelstücke mit Spezialwerkzeug komplett zerlegt und die alten Spraykanäle entfernt.

Anschließend wurden fabrikneue, wie in Kapitel 2.6 beschrieben, vorbereitete Spraykanäle eingebaut und auf korrekte Funktion geprüft. Nun wurden diese Winkelstücke zum einmaligen Gebrauch wieder in die Behandlung gegeben und nach Abschluss der Behandlung, aber noch vor der Aufbereitung, untersucht.

Für die Versuchsreihe B wurden grüne Winkelstücke, die schon seit Jahren in der prothetischen und konservierenden Zahnheilkunde verwendet wurden, ebenfalls nach der Behandlung und vor der Aufbereitung, aus dem laufenden Behandlungsbetrieb entnommen. Auch hier wurden die Spraykanäle ausgebaut und untersucht.

Für die Probekörper der dritten Versuchsreihe C bedurfte es keiner Vorbereitung, da hier nur das Spraywasser während der Behandlung aufgefangen wurde.

Die Probekörper aller Versuchsreihen wurden durch den Gebrauch bei alltäglicher, zahnärztlicher, nicht-chirurgischer Behandlung kontaminiert. Die Behandler wurden vorher nicht über die Untersuchungen informiert, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Ergebnisse nicht durch spezielle (möglicherweise untypische) Handhabung der Winkelstücke verfälscht wurden.

Die 26 Proben der Versuchsreihe C2 wurden nachträglich gewonnen, um einen möglichen Verdünnungseffekt der relativ großen Menge von 10 ml Spraywasser in Versuchsreihe C1 auszuschließen. Die Proben der Versuchsreihe C2 wurden nur mit Peroxidase-Teststäbchen untersucht.

### 2.7.2 Eluatgewinnung aus den Spraykanälen

Um an die Spraykanäle der Versuchsreihen A und B zu gelangen, mussten die Winkelstücke komplett zerlegt werden. Abbildung 2.3 zeigt ein solches zerlegtes Winkelstück.



Abb. 2.3.: Zerlegtes Winkelstück



Abb. 2.4.: Spraykanäle, rechts getrennt

Abbildung 2.4 zeigt links die Luft- und Wasserspraykanäle, die am Austrittsdüsensegment miteinander verbunden sind, rechts wurden beide Kanäle mit einer Seitenschneiderzange getrennt. Ebenso wurden die Anschlussstücke am anderen Ende der Kanäle entfernt.

In die einzelnen Spraykanäle wurde nun je 1 ml einer 1% Sodiumdodecylsulfat (=SDS) - Lösung mit einer Einmalspritze gespült und das Eluat in einem Probenglas aufgefangen. Direkt danach wurde in jeden Kanal je ein SuperFloss Faden eingefädelt und einmal komplett durch den Kanal gezogen. Bei den SuperFloss Fäden wurde zur besseren Handhabung der Zahnseidenanteil entfernt, so dass jeweils nur die verstärkten und die flauschigen Anteile durch den Kanal gezogen wurden. Anschließend wurden die SuperFloss-Fäden in das Probenglas mit dem Eluat gegeben und das Glas mit je 10 ml SDS aufgefüllt, so dass das SuperFloss komplett in SDS-Lösung lag.

Die Probengläser wurden nun mit Deckeln verschraubt, mit der Winkelstücknummer beschriftet und 30 Minuten lang auf dem Rüttler bewegt, um eventuell vorhandene Kontaminationen aus den SuperFloss-Fäden zu lösen (Abb. 2.5).



Abb. 2.5.: Proben auf dem Rüttler (Eluat z.T. sichtbar verfärbt)

Dieses Vorgehen fand in den Versuchsreihen A und B Anwendung.

Die jeweils 10 ml beziehungsweise 1 ml Spraywasserproben der Versuchsreihe C wurden direkt als „Eluat-Äquivalent“ wie im Folgenden beschrieben untersucht.

Der besseren Lesbarkeit wegen werden die Eluate und die „Eluat-Äquivalente“ im Folgenden zusammenfassend als Eluat bezeichnet.

### **2.7.3 Visuelle Beurteilung der Spraykanäle**

Als erster Schritt der Probenuntersuchungen (Schritt a in Abb. 2.2) wurde bei den Versuchsreihen A und B vermerkt, ob die Spraykanäle beim Fädeln mit dem SuperFloss sofort durchgängig oder verstopft waren. Es wurden die Kategorien O: beide Kanäle frei, V: ein Kanal verstopft und VV: beide Kanäle verstopft gebildet.

Nach dem Extrahieren aus den SuperFloss-Fäden mit SDS-Lösung wurde das Eluat ebenso wie die Spraywasserproben („Eluat-Äquivalent“) der Versuchsreihe C rein visuell auf Trübung, Färbung und / oder Fremdkörper untersucht. Hierbei wurde nur in ja (+) oder nein (-) unterschieden.

Zusätzlich wurden vorab beispielhaft an einem jahrelang gebrauchten und aufbereiteten Winkelstück aus der Versuchsreihe B makroskopisch erkennbare Verunreinigungen photographisch dokumentiert (Schritt b in Abb. 2.2).

### **2.7.4 Quantitative Proteinbestimmung**

Zur Bestimmung der im Eluat enthaltenen Proteinmenge kommt im zweiten Untersuchungsschritt für alle Proben der drei Versuchsreihen die modifizierte OPA-Methode zum Einsatz. Die OPA-Methode ist eine Methode zur quantitativen Proteinbestimmung, welche  $\alpha$ - und  $\epsilon$ - terminale Aminogruppen in Proteinen, Peptiden und Aminosäuren bis zu einer Restproteinmenge von 0,1  $\mu\text{g/ml}$  erfasst [12,52].

Die Abkürzung „OPA“ steht dabei für o-Phthaldialdehyd, welches als Reaktionspartner freie primäre Aminogruppen in Gegenwart von Thiolkomponenten zu Isoindolen umsetzt. Isoindole weisen bei 340 nm ein Absorptionsmaximum auf, welches spektralphotometrisch erfasst werden kann.

Bei der modifizierten OPA-Methode wird das in der ursprünglichen Version verwendete Thiolreagenz Mercaptoethanol durch das im Extinktionsverhalten stabilere N,N-Dimethyl-2-mercaptoethyl-ammoniumchlorid ersetzt. Durch diese Änderung ist die modifizierte OPA-Methode einfacher in der Handhabung und benötigt kürzere Analysezeiten.

Roth hat bereits 1971 gezeigt, dass bei 340 nm ein lineares Verhältnis zwischen gemessener Extinktion und Konzentration von freien Aminogruppen besteht [45].

Die Berechnung erfolgt über das Lambert-Beersche Gesetz, wobei der Extinktionskoeffizient  $\epsilon$  für Aminosäuregemische nach Frister ( $6,42 \pm 0,2$ )  $\text{mmol}^{-1} \text{cm}^{-1}$  entspricht [15]:

$$E = \epsilon \times c \times d$$

wobei (E) = Extinktion ( $\text{l}^{-1}$ )

( $\epsilon$ ) = molarer Extinktionskoeffizient ( $\text{mmol}^{-1} \text{cm}^{-1}$ )

(c) = Konzentration ( $\text{mmol l}^{-1}$ )

(d) = Schichtdicke der Lösung (cm) ist.

Für die Berechnung der Proteinkonzentration gilt daher:

$$c = E / (\epsilon \times d)$$

Zur Ermittlung der Proteinmenge aus der Proteinkonzentration gilt:

$$M = c \times V$$

wobei (M) = Stoffmenge (mol)

(c) = Konzentration ( $\text{mmol l}^{-1}$ )

(V) = Probenvolumen (ml) ist.

Für die Stoffmenge des photometrisch gemessenen Volumens  $M_m$  (100  $\mu\text{l}$  Eluat + 1 ml (1000  $\mu\text{l}$ ) OPA-Lösung) gilt:

$$M_m = c \times 1,1 \text{ ml}$$

für das Gesamtvolumen der Probe  $M_g$ :

$$M_g = M_m \times \text{Gesamtprobenvolumen } (\mu\text{l}) / 100 \mu\text{l}$$

### Herstellung der OPA-Lösung

Als erstes werden, da es schwer löslich ist, 0,04 g o-Phthaldialdehyd in 1 ml Ethanol in einem 10 ml Erlenmeyerkolben auf dem Magnetrührer gelöst (Lösung A). Danach werden 1,005 g Dinatriumtetraborat in 50 ml Aqua dest. in einem Meßkolben aufgelöst (Lösung B). Nach vollständigem Auflösen des o-Phthaldialdehyds wird Lösung A in einen 10 ml Erlenmeyerkolben mit 0,1 g N,N, Dimethyl-2-mercaptoethyl-ammoniumchlorid pipettiert. Die so entstandene Lösung C wird dann in Lösung B pipettiert. Anschließend wird der leere Erlenmeyerkolben der Lösung C mehrmals mit der neu entstandenen Lösung D gespült, um Reste zu überführen.

Lösung D werden abschließend 1,25 ml einer 20 % SDS-Lösung zugegeben. Zu beachten ist, dass SDS-Lösung beim Absinken der Temperatur unter Raumtemperatur teilweise kristallisiert. Die Lösung muss dann auf circa 30-40 °C erwärmt werden, damit die Lösung wieder klar wird. Dabei entstehen laut Michels keine Qualitätsverluste [66].

### Extinktionsbestimmung

Es wurden einerseits das Eluat der ausgewaschenen SuperFloss-Fäden der Versuchsreihen A und B und andererseits die Spraywasserproben der Versuchsreihe C im Photometer gemessen.

Vor jeder Messung wurde mit einer Küvette mit 1 ml OPA-Lösung bei 340 nm der Nullpunkt eingestellt. Gegen diese Küvette als Referenz wurden alle anschließenden Proben gemessen .

Jede Meßküvette wurde mit 1 ml OPA-Lösung und 100 µl der Proben befüllt, mit Parafilm verschlossen und durch Schwenken vermischt. Anschließend wurde die Küvette in das Photometer gesetzt und nach dem Stabilisieren des Extinktionswertes nach circa ein bis zwei Minuten der Wert abgelesen. Für jede Probe wurden zwei Werte ermittelt und dann das arithmetische Mittel gebildet.

Zusätzlich wurde reine 1% SDS Lösung ohne Eluat als Probe zugegeben, um die Eigenextinktion der SDS-Lösung zu messen, welche von den Probenwerten abgezogen wurde.

Die Nachweisgrenze der OPA Methode liegt den Versuchen von Siehe und von Schönherr folgend bei einer Extinktion von 0,003, was einer Proteinmenge von 0,052 µmol/ 10 ml entspricht [46,49].

## 2.7.5 Qualitative Hämoglobinbestimmung

Die Peroxidase-Methode, wie sie bei vielen Teststäbchen (Abb. 2.6), wie zum Beispiel Urintests, Anwendung findet, beruht auf einer chemischen Reaktion, bei der durch Peroxidase so genannte Chromogene in gefärbte Verbindungen umgewandelt werden.

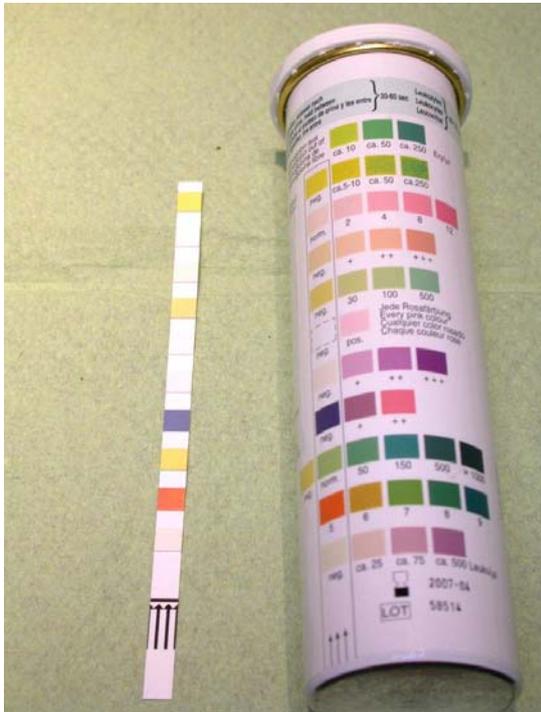


Abb. 2.6.: Handelsübliche Urin-Test-Sticks

Das Testprinzip beruht auf einer Methode, die bereits 1864 von van Deen entdeckt und 1901 von Boas für medizinische Zwecke weiterentwickelt wurde.

Bei dem hier verwendeten Test wird der Nachweis von Blut, respektive dessen Bestandteilen, über die pseudoperoxidatische Aktivität des Hämoglobins geführt. Diese katalysiert die Oxidation von Tetramethylbenzidin in Gegenwart von Cumolhydroperoxid. Bei dieser Reaktion wird ein Farbumschlag von gelb nach grün sichtbar. Es handelt sich also um einen indirekten Hämoglobinnachweis, der Werte ab 5 Erythrozyten pro  $\mu\text{l}$  erfasst [63].

Mit den Test-Sticks sollen im Schnelltest in einfacher ja/nein - Testung Erythrozyten (-bestandteile) im Eluat und in den Spraywasserproben nachgewiesen werden, da diese von der OPA-Methode nicht erfasst werden. Zu diesem Zweck wurde jede Probe der drei Versuchsreihen (mit Ausnahme von zwei verlorenen Proben der Versuchsreihe A) nach erfolgter Extinktionsmessung mit einem Peroxidase-Teststreifen gemäß der Herstellerangaben getestet.

### 3 Ergebnisse

#### **3.1 Visuelle Beurteilung der Spraykanäle**

Bei praktisch allen Winkelstücken, welche schon mehrere Jahre in Benutzung waren, fielen während des Ein- und Ausbaus der Spraykanäle Verschmutzungen an den bereits in Kapitel 1.2 beschriebenen Nischen im Inneren der Winkelstücke auf.

Arbeitsanweisungen zur gesetzeskonformen Aufbereitung der Winkelstücke gemäß den Vorgaben der Hersteller [64] lagen vor. Über die Einhaltung der Anweisungen kann hier keine Aussage gemacht werden, ebenso wurde die Effektivität der vom Hersteller angegebenen Methoden nicht überprüft.

Es erfolgte zunächst eine Wischdesinfektion der Außenflächen mit einer alkoholischen Lösung, danach wurden die Spraykanäle mit dem Turbocidgerät gereinigt und im KaVo Quadrocare geölt. Zum Abschluss wurden die Winkelstücke einzeln eingeschweißt und im Dampfsterilisator bei 134 °C und fraktioniertem Vakuum behandelt.

Die in den Abbildungen 3.1-6 dargestellten, auffälligen Stellen sind in Abbildung 3.7 zur besseren Orientierung an einem zerlegten Winkelstück markiert (Schritt b in Abb.2.2).

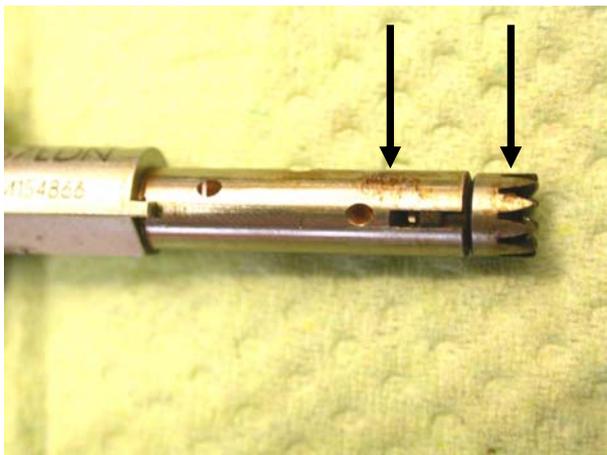


Abb.3.1.: Verschmutzungen am Getriebeanschluß, Bereich 1 in Abb.3.7

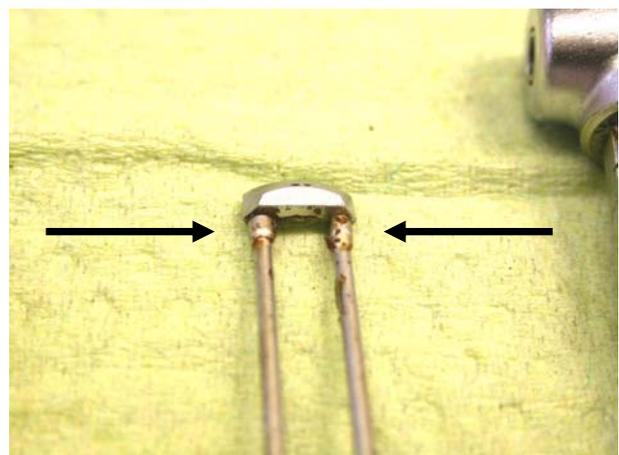


Abb.3.2.: Verschmutzungen am Anschluß der Spraykanäle, Bereich 2 in Abb.3.7

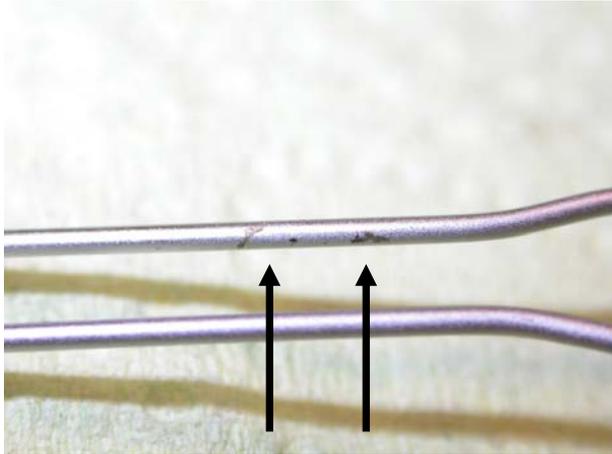


Abb.3.3.: Verschmutzungen an den Außenflächen der Spraykanäle, Bereich 3 in Abb.3.7



Abb.3.4.: Verschmutzungen an der Kupplung zum Mikromotor, Bereich 4 in Abb.3.7



Abb.3.5.: Verschmutzungen an der Getriebe-  
kupplung (innen), Bereich 5 in Abb.3.7

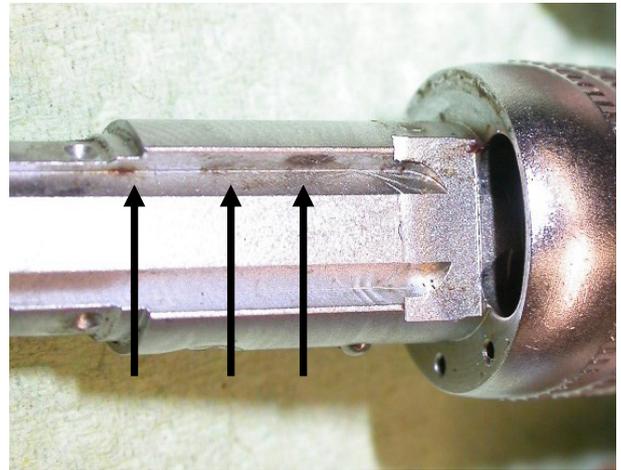


Abb.3.6.: Verschmutzungen an der Spraykanal-  
führung (innen), Bereich 6 in Abb.3.7

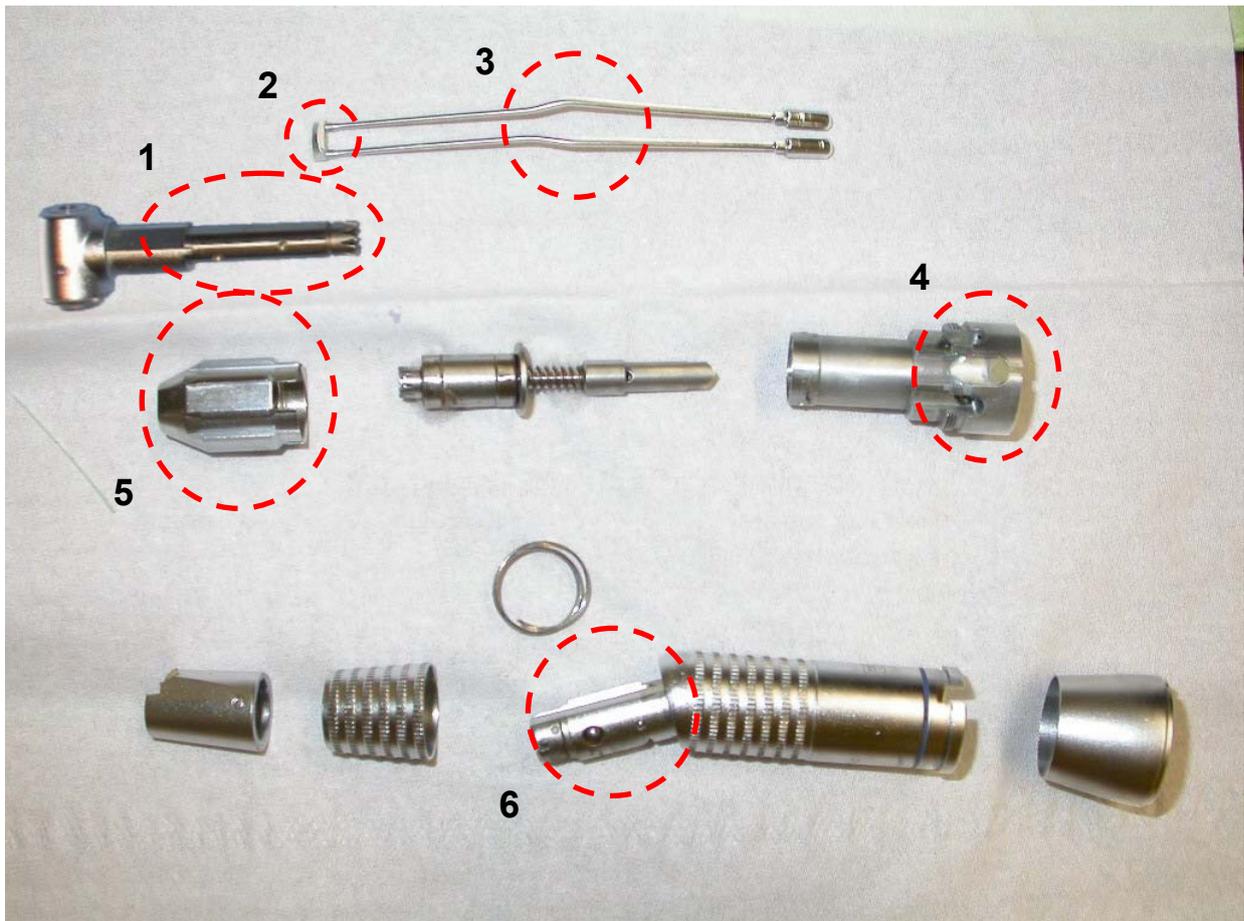


Abb.3.7.: Zerlegtes Winkelstück mit Markierung der vergrößerten Bereiche

Bei diesen Verschmutzungen handelt es sich vermutlich um ein Konglomerat von Pflegeöl-, Reinigungsmittel- und Wasserrückständen, Abrieb der inneren Bauteile und Korrosion. Rückstände von Blutbestandteilen sind nicht auszuschließen. Im Bereich der Spraykanäle und der Unterseite (Abb.3.3 und 3.6) entsteht rein optisch der Verdacht, dass es sich hierbei um fixierte Blutbestandteile handeln könnte. Genauere Untersuchungen zur Qualität und Quantität dieser Verschmutzungen sind nicht durchgeführt worden.

Bei der visuellen Beurteilung (Schritt a in Abb. 2.2) der Eluate, bei der mit bloßem Auge die Lösung vor einem weißen Hintergrund beurteilt wurde, waren bei keiner der Proben aus allen drei Versuchsreihen Verfärbungen oder Schwebeteilchen erkennbar.

### 3.2 Quantitative Proteinbestimmung

In den folgenden Tabellen (Tab. 3.1-3) sind alle Ergebnisse der photometrischen Messungen mit Hilfe der OPA-Methode der drei Versuchsreihen dargestellt. Die Probekörper sind nach den in der jeweiligen Versuchsreihe als Träger dienenden Übertragungsinstrumente (hier: Winkelstücke und Turbinen) bezeichnet. Die Extinktion wurde als Mittelwert aus zwei Messungen gebildet. „n“ bezeichnet die Anzahl der Proben, dies entspricht in den Versuchsreihen A und B der Anzahl der Probekörper.

In Versuchsreihe C1 wurden mehrere Proben zu verschiedenen Zeiten aus ein und demselben Probekörper gewonnen.

Tab.3.1.: Ergebnisse der Versuchsreihe A, n=8; Stoffmenge Protein in  $\mu\text{mol} / 10 \text{ ml}$

WS-Nummer:	Extinktion	Stoffmenge
M 213752	<0,003	-
M 213958	<0,003	-
M 213928	<0,003	-
M 213789	<0,003	-
C 187989	<0,003	-
P 133022	<0,003	-
91	<0,003	-
122	<0,003	-

Tab.3.2.: Ergebnisse der Versuchsreihe B, n=12; Stoffmenge Protein in  $\mu\text{mol} / 10 \text{ ml}$

WS-Nummer:	Extinktion	Stoffmenge
M 213752	<0,003	-
M 213958	<0,003	-
M 213928	<0,003	-
M 213789	<0,003	-
C 187989	<0,003	-
P 133022	0,0305	0,1958
91	0,0305	0,1958
122	<0,003	-
121	0,0045	0,0289
gr.WS 120	0,0330	0,2119
gr.+gelb WS	0,0360	0,2311
M 213943	<0,003	-

Tab.3.3.: Ergebnisse der Versuchsreihe C1, n=26

	vor Gebrauch	nach 5 min	nach 10 min	nach Pröp.
rotes Winkelstück 1 Präparation Vollkeramikteilkrone, Zahn 26	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
rotes Winkelstück 2 Präparation Vollgußkrone, Zahn 17	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
rotes Winkelstück 3 Präparation Füllung (mod), Zahn 36	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
rotes Winkelstück 4 Präparation Verblendkrone, Zahn 21	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
rotes Winkelstück 5	<0,003			
rotes Winkelstück 6	<0,003			
rotes Winkelstück 7	<0,003			
rotes Winkelstück 8	<0,003			
rotes Winkelstück 9	<0,003			
rotes Winkelstück 10	<0,003			
grünes Winkelstück 1	<0,003			
grünes Winkelstück 2	<0,003			
Turbine 1	<0,003			
Turbine 2	<0,003			

### 3.3 Qualitative Hämoglobinbestimmung

In den Tabellen (Tab. 3.4-7) sind die Ergebnisse der Testungen mit den Peroxidase-Teststäbchen der drei Versuchsreihen dargestellt. Die Bezeichnungen werden wie bei den Tabellen 3.1-3 verwendet. Die Ergebnisse sind in einfacher ja/nein (+/-) Darstellung erfasst. Auch hier wurden zur Sicherheit zwei Messungen durchgeführt.

Tab.3.4.: Ergebnisse der Versuchsreihe A, n=8, ja/nein (+/-)

WS-Nummer:	Ergebnis
M 213752	-
M 213958	-
M 213928	-
M 213789	-
C 187989	-
P 133022	-
91	+
122	+

Tab.3.5.: Ergebnisse der Versuchsreihe B, n=12, ja/nein (+/-)

WS-Nummer:	Ergebnis
M 213752	-
M 213958	-
M 213928	-
M 213789	-
C 187989	-
P 133022	-
91	-
122	-
121	-
gr. WS 120	-
gr.+gelb WS	-
M213943	-

Tab.3.6.: Ergebnisse der Versuchsreihe C1, n=26, ja/nein (+/-)

	vor Gebrauch	nach 5 min	nach 10 min	nach Präp.
rotes Winkelstück 1 Präparation Vollkeramikteilkro- ne, Zahn 26	-	-	-	-
rotes Winkelstück 2 Präparation Vollgußkrone, Zahn 17	-	-	-	-
rotes Winkelstück 3 Präparation Füllung (mod), Zahn 36	-	+	-	-
rotes Winkelstück 4 Präparation Verblendkrone, Zahn 21	-	-	-	-
rotes Winkelstück 5	-			
rotes Winkelstück 6	-			
rotes Winkelstück 7	-			
rotes Winkelstück 8	-			
rotes Winkelstück 9	-			
rotes Winkelstück 10	-			
grünes Winkelstück 1	-			
grünes Winkelstück 2	-			
Turbine 1	-			
Turbine 2	-			

Aus alle Proben der Versuchsreihen A, B und C (n=46) wurde eine Probe schwach positiv getestet. Das Teststäbchen der Probe nach 5 min Präparation einer Füllung am Zahn 36 zeigte eine Konzentration von 10 Erythrozyten pro Mikroliter. Ein Ergebnis, das am unteren Rand des Nachweisbereiches der Teststäbchen liegt. Aus diesem Grund wurde die Untersuchungsreihe C2 nachträglich mit nur 1 ml Spülprobe durchgeführt. Tabelle 3.7 zeigt die Ergebnisse. Es wurde jeweils ein und dasselbe Winkelstück (GentlePower Lux 25 LP der Firma KaVo) genutzt.

Tab.3.7.: Ergebnisse der Versuchsreihe C2, n=26, ja/nein (-/+)

	Ergebnis		Ergebnis
Präparation Inlay, Zahn 14	-	Präparation Inlay, Zahn 14	-
Präparation Inlay, Zahn 24	-	Kronenpräparation, Zahn 11	-
Präparation Füllung, Zahn 22	-	Kronenpräparation, Zahn 12	-
Kronenpräparation, Zahn 12	-	Kronenpräparation, Zahn 13	-
Kronenpräparation, Zahn 21	-	Wurzeltrennung, Zahn 17	-
Kronenpräparation, Zahn 22	-	Trepanation, Zahn 16	-
Kronenpräparation, Zahn 34	-	Excavieren, Zahn 17	+
Kronenpräparation, Zahn 35	-	Kronenpräparation, Zahn 35	-
Kronenpräparation, Zahn 36	-	Kronenpräparation, Zahn 37	-
Kronenpräparation, Zahn 37	+	Kronenpräparation, Zahn 34	-
Kronenpräparation, Zahn 23	-	Kronenpräparation, Zahn 45	-
Kronenpräparation, Zahn 22	-	Kronenpräparation, Zahn 47	-
Kronenpräparation, Zahn 21	-	Trepanation, Zahn 46	-

## **4 Diskussion**

### **4.1 Infektionsgefahr durch Übertragungsinstrumente in der zahnärztlichen Praxis**

Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass bei jedem Gebrauch von zahnärztlichen Übertragungsinstrumenten eine Kontamination der Außenflächen mit Mikroorganismen, Blut, Speichel und Bohrabrieb stattfindet [22,23,28,29,39]. Zusätzlich kann es durch einen konstruktionsbedingten Reflux zu einer Kontamination der Innenflächen, vornehmlich der Wasser- und Luftspraykanäle, kommen [19,21,23,29]. Dieser Reflux entsteht durch den Unterdruck, welcher durch das Zurücklaufen der Flüssigkeiten in den Spraykanälen in Richtung der Behandlungseinheit beim Abstoppen erzeugt wird [6,10,19,29,36] .

Eine solche Kontamination der Übertragungsinstrumente kann sowohl mit Erregern harmloser Infektionen als auch mit Erregern gefährlicher Krankheiten, wie Hepatitis B und C, Tuberkulose oder AIDS, stattfinden. Diese Erreger können dann bei erneuter Benutzung des kontaminierten Übertragungsinstrumentes am nachfolgenden Patienten in dessen Mundhöhle gelangen; im Falle der Innenkontamination der Spraykanäle werden sie sogar regelrecht eingespült [22,23,28,29,39].

Die Gefahr einer Kreuzinfektion von Patienten mittels benutzter Übertragungsinstrumente, die nicht oder nicht ausreichend aufbereitet wurden, ist also theoretisch gegeben und experimentell nachvollziehbar. Chaufour und Mitarbeiter konnten 1997 in ihren Untersuchungen am „Enten-Modell“ zeigen, dass die Restkontamination auf nicht gereinigten, aber desinfizierten und sterilisierten Endoskopen in 6% der Fälle noch ausreichte, um bei gesunden Enten eine Hepatitis B-Infektion auszulösen [7]. Aufgrund der ähnlichen Komplexität von Endoskopen und zahnärztlichen Übertragungsinstrumenten kann man vermutlich von vergleichbaren Gefahren ausgehen.

Allerdings wird seit Beginn der Diskussion um diese Problematik, vor allem von niedergelassenen Zahnärzten, immer wieder die Frage nach der Relevanz solcher Überlegungen für die tägliche Praxis gestellt. Zwar konnte in einer Studie von 1992 provirale HIV-DNA im Inneren von Hand- und Winkelstücken nachgewiesen werden, jedoch lässt der Nachweis von HIV-DNA mittels Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR) keine Rückschlüsse über die Infektiosität dieser Kontamination zu [28].

In der Literatur ist nur ein einziger Fall aus dem Jahre 1990 bekannt, bei dem in Florida sechs Patienten mit ein und demselben Stamm von HI-Viren infiziert waren. Dieser war

verwandt mit dem Stamm ihres AIDS-kranken Zahnarztes. Die Übertragungswege konnten aber nie abschließend geklärt werden [19].

Im Bezug auf die Hepatitis-B Infektion geht man bei Schimpansen von einer Infektiosität ab 2 bis 10 IU HbV-DNA pro ml Blut aus [51]. Das Volumen eines Spraykanals eines Winkelstückes der Firma KaVo entspricht ca. 0,112 ml, d.h. beide Kanäle fassen zusammen 0,224 ml. Geht man von einer Virenlast von 10 IU/ml aus, können die Spraykanäle bei kompletter Füllung mit Blut 2,24 IU HbV-DNA enthalten, was theoretisch schon für eine Infektion ausreichen kann. Eine komplette Füllung beider Kanäle mit Blut ist zwar sehr unwahrscheinlich, aber bei Blut eines Patienten mit entsprechend höherer Virenlast (hochinfektiöse Patienten können deutlich mehr als  $10^{11}$  Virenkopien pro ml Blut haben [65]) reicht eine entsprechend kleinere Menge aus. Diese Überlegung und die bis heute veröffentlichten Studien zeigen, dass prinzipiell eine Übertragung von harmlosen und gefährlichen Viren mittels zahnärztlicher Übertragungsinstrumente von einem Patienten zum nächsten nicht auszuschließen ist [8,29].

Es gibt aber andererseits bisher keinerlei Evidenz für ein tatsächliches Risiko der Kreuzinfektion, da es sich bei allen Studien immer „nur“ um Laboruntersuchungen gehandelt hat. Klinische Studien hierzu sind praktisch nicht durchführbar, weil eine absichtliche Infektion von Patienten ethisch nicht zu vertreten ist. Auch retrospektive Studien sind so gut wie nicht machbar, da durch die langen Inkubationszeiten der Erkrankte häufig keinen Zusammenhang zwischen seiner Erkrankung und einem Zahnarztbesuch herstellt [3]. Hier gilt bisher das Ausschlußprinzip, da Infektionen auch durch Blutspenden, Operationen etc. ebenfalls möglich sind. In letzter Zeit fragen aber immer mehr Versicherungen bei Patienten, die an einer Legionellenerkrankung leiden, ausdrücklich nach vorhergegangenen Zahnarztbesuchen [67]. Es ist eventuell nur noch eine Frage der Zeit, bis ein solches Vorgehen auch bei anderen Erkrankungen zum Standard gehört, da die Problematik der Kreuzinfektionen in der Allgemeinheit zunehmend bekannt wird. Konsequenz für die Praxis ist, dass man von einem grundsätzlichen Risiko der Kreuzinfektion aus Sicherheitsgründen ausgehen muss.

Aus diesem Grunde ist eine suffiziente Aufbereitung sämtlicher zur Anwendung kommender Instrumente, inklusive und insbesondere der Übertragungsinstrumente, der wichtigste Pfeiler im Infektionsschutz gemäß den Vorgaben des RKI. Die weit verbreitete Wischdesinfektion der Außenflächen mittels 70% Ethylalkohol [3,42] hat bei fast allen Instrumenten bestenfalls Alibifunktion, da aufgrund der Oberflächenstruktur,

vor allem der Hand- und Winkelstücke, häufig noch Restverschmutzungen nachweisbar sind (vgl. Abb. 3.7). Auch ist für die Innenreinigung das alleinige Durchspülen mit Wasser nicht ausreichend, da zum Beispiel koaguliertes Blut dadurch prinzipiell nicht entfernt wird [22,58].

#### **4.2 Rechtliche Rahmenbedingungen**

Als Konsequenz der in Kapitel 4.1 beschriebenen Probleme hat das RKI unter anderem entsprechende Empfehlungen zur Art und Weise der Aufbereitung von zahnärztlichen Übertragungsinstrumenten erlassen: Zum einen die Empfehlung „Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten“ [57] zum anderen „Infektionsprävention in der Zahnheilkunde, Anforderungen an die Hygiene“ [58]. Diese Empfehlungen resultieren aus dem „Gesetz über Medizinprodukte“ (MPG) [54] der „Medizinprodukte-Betreiberverordnung“ (MPBetreibV) [55] und der „Biostoffverordnung“ [56] und haben daher für die Aufbereitung von Medizinprodukten Gesetzescharakter [37].

Laut diesen Richtlinien soll zunächst eine Risikominimierung durch Anamnese, Einhaltung von Hygieneprotokollen während der Behandlung, Methodik (Prinzip der Nichtkontamination) und Technik des Behandlungsablaufes erreicht werden. Auch hierbei geht es speziell um die Kreuzinfektion über die Instrumente, speziell Übertragungsinstrumente, sowie über das bei der Arbeit entstehende, potentiell kontaminierte Aerosol.

In der RKI-Empfehlung werden zwei Arten von Risiken unterschieden, welche sowohl für den Patienten als auch für das Personal relevant sind [57,58]:

##### **a) exogene Erreger:**

- 1) durch Blut übertragene (HBV, HCV, HIV)
- 2) Kontakt-Erreger (direkte und indirekte)  
(z. B. Herpes simplex Viren, Staphylokokken)
- 3) Tröpfcheninfektion (Bakterien und Viren der Infektion des Respirationstraktes)  
(Streptokokken, Influenzaerreger, *Mycobacterium tuberculosis*)

##### **b) endogenes Risiko durch die Mundflora des Patienten**

Beide Risikoarten sind hier von Belang, da durch den Rücksogeffekt die wasserführenden Teile der Behandlungseinheiten u.a. mit diesen Erregern kontaminiert werden können.

Die korrekte Umsetzung der Empfehlung zur Aufbereitung von Medizinprodukten erfordert ein konsequentes Qualitätsmanagement, welches unter Punkt 4 in der Richtlinie beschrieben wird. Dieses beinhaltet eine Risikobewertung und Einordnung in Risikoklassen, die Anwendung validierter Verfahren sowie eine Dokumentation und Reproduzierbarkeit dieser Verfahren. Hier ist explizit festgeschrieben, dass bei der Aufbereitung grundsätzlich eine Reinigung und Desinfektion durchlaufen werden muss, wobei die Desinfektion gemäß diesen Richtlinien sowohl bakterizid, fungizid als auch viruzid sein muss.

Unter Punkt 4.1 der Richtlinie wird speziell auf Übertragungsinstrumente wie Hand- und Winkelstücke sowie Turbinen eingegangen. Allgemeinzahnärztliche Übertragungsinstrumente werden aufgrund ihres möglichen Kontaktes mit Schleimhaut oder krankhaft veränderter Haut der Kategorie „semikritisch“ zugeordnet. Chirurgische Übertragungsinstrumente fallen in die Kategorie „kritisch“. In der Kategorie „kritisch“ finden sich Blut, Blutprodukte, Medizinprodukte, die steril zur Anwendung kommen und / oder Medizinprodukte und Instrumente, welche Haut und Schleimhaut durchdringen und dabei Kontakt mit Blut, inneren Geweben und Wunden haben.

Innerhalb dieser Kategorien differenziert man weiter in Kategorie A und B. Übertragungsinstrumente fallen aufgrund ihres komplexen Aufbaues und der möglichen Innenkontamination in die Unterkategorie B. Hier finden sich Medizinprodukte, bei denen die Effektivität der Reinigung nicht durch Inspektion unmittelbar beurteilt werden kann, woraus erhöhte Anforderungen an die Aufbereitung resultieren. Bei diesen Medizinprodukten erreicht man die höchst mögliche Sicherheit nur durch sorgfältige Reinigung und Desinfektion [6,28,31,57]. Diese Anforderung kann reproduzierbar nur mit maschinellen Aufbereitungsmethoden erfüllt werden, woraus sich an die Übertragungsinstrumente die Forderung nach maschineller Aufbereikbaarheit und Thermostabilität ergibt [38,50,57]. Ein entsprechender Aufbereitungsablauf ist in Abbildung 4.1 dargestellt. Welche Verfahren hier speziell zur Anwendung kommen müssen, ist bis heute nicht abschließend geklärt.

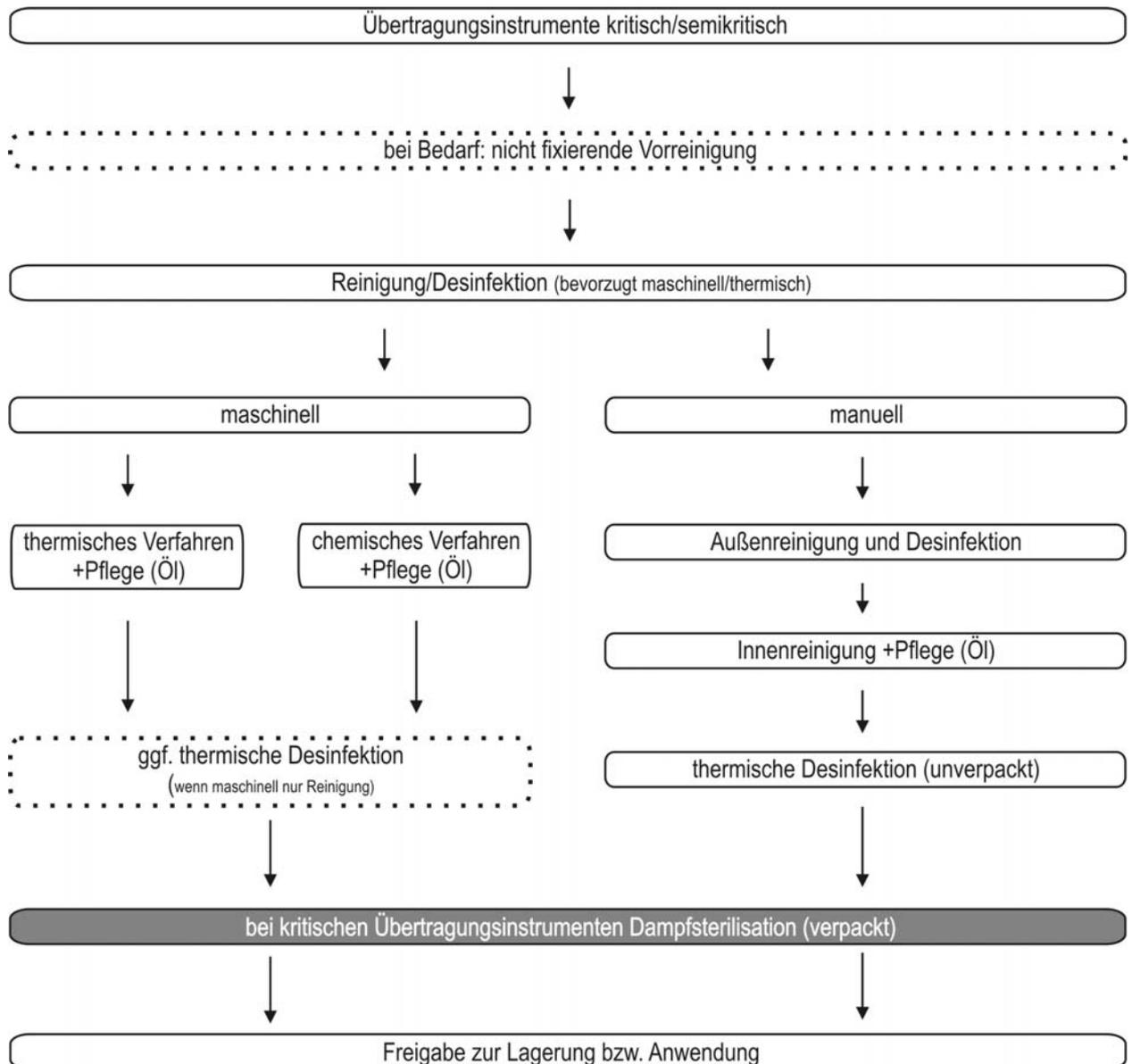


Abb. 4.1.: Ablaufschema Aufbereitung von Übertragungsinstrumenten

Als Kritik wird immer wieder angebracht, dass der Aufwand einer wie oben beschriebenen, vorschriftsmäßigen Aufbereitung, inklusive entsprechendem Qualitätsmanagement mit Validierung, Dokumentation, Schulungen des Personals, Wartung der Systeme und vielem mehr, eine dem (evtl. vermeintlichen) tatsächlichen Risiko gegenüber unangemessene, überzogene und teure Belastung des Verantwortlichen (in den meisten Fällen des Praxisinhabers) darstellt. Dem entgegen gilt es aber zu bedenken, dass im Falle einer vermuteten Infektion eines Patienten eine Beweislastumkehr eintritt. Nun muss der beschuldigte (Zahn-)Arzt beweisen, dass der Patient sich nicht in seiner Praxis, respektive Klinik infiziert haben kann! Diesen Beweis zu führen, ist schon mit einem

entsprechenden Qualitätsmanagement und Einhaltung aller Hygieneprotokolle schwierig, ohne diese ist es so gut wie unmöglich.

Beispielhaft sei hier das Urteil des Oberlandesgerichtes (OLG) Koblenz vom 23.10.2006 erwähnt, nach dem ein Arzt wegen Hygienemängeln 25.000 € Schmerzensgeld an eine Patientin zahlen muss. Bei der klagenden Patientin war nach einer Injektion in den Nacken ein sogenannter Spritzenabszeß entstanden. Dieser gehört zu den möglichen Komplikationen einer Injektion, ein Arzt kann dafür also nicht automatisch haftbar gemacht werden. In diesem Falle hatten der Arzt, beziehungsweise sein Personal jedoch nachweislich gegen Hygienevorschriften verstoßen, außerdem lagen in der Praxis keine Hygienepläne und –anweisungen vor. Dieser Fall wurde wegen seiner grundsätzlichen Bedeutung dem Bundesgerichtshof vorgelegt, welches das Urteil des OLG Koblenz bestätigte [61,62].

Man muss aber gar nicht an den dramatischen und glücklicherweise seltenen „worst case“ einer Infektion eines Patienten mit HIV, HBV oder ähnlichem denken. Immer wieder hört man von Kollegen, dass es mittlerweile aus rein finanziellen Erwägungen zu Beschuldigungen von Ärzten und Kliniken kommt, die Hygienerichtlinien nicht eingehalten zu haben. Gründe sind hierbei unter anderen, das Nicht-zahlen-wollen von Rechnungen und / oder das Kaschieren eigener Versäumnisse im Rahmen der Nachsorge und Pflege von zum Beispiel aufwendigen und damit teuren Implantatversorgungen. Auch hier ist der Arzt dann beweispflichtig. Diese Gefahr finanzieller Einbußen für den Arzt ist für viele Behandler viel greifbarer und einsichtiger, als die für sie oft nicht sichtbare und damit für sie theoretische Gefahr von Hygienemängeln, denn diese müssen ja erst einmal durch zuständige Behörden aufgedeckt und geahndet werden. Hier soll keine Absicht unterstellt werden, aufgrund des zu leistenden Aufwandes findet wohl eher ein gewisses Verdrängen statt.

### **4.3. Kritische Wertung der verwendeten Untersuchungsmethoden**

Betrachtet man zunächst die Zusammensetzung der in und an (zahn-)medizinischen Instrumenten vorkommenden Kontaminationen aus dem alltäglichen Gebrauch genauer, kann man davon ausgehen, dass es sich dabei hauptsächlich um Proteinrückstände handelt. Dies konnten Alfa et al bei Untersuchungen in englumigen, bereits aufbereiteten Endoskopen zeigen. Sie fanden auch dort Protein-, Blut- und Bakterienrückstände. Bei den Übertragungsinstrumenten sind nach den Ergebnissen in Kapitel 3.1 noch weitere anorganische und chemische Verunreinigungen (Reinigungsmittel, Öl etc.) zu erwarten [1]. Da zurzeit keine Testmethode existiert, die sämtliche Bestandteile von möglichen Kontaminationsrückständen erfasst, ist die Proteinanalyse die Methode der Wahl. In der DIN EN ISO 15883, welche die Anforderungen an Reinigungs- und Desinfektionsgeräte sowie die Validierung deren Prozesse definiert und konkretisiert, wird ebenfalls eine mindestens halb-quantitative proteinanalytische Prüfmethode gefordert. In der Anlage der Norm wird konkret auf die Biuret- und die OPA-Methode verwiesen [53].

Da bei der vorliegenden Arbeit vorhandene, durch normalen Gebrauch entstandene Kontaminationen erkannt werden sollten, helfen Testanschmutzungen hier nicht weiter, so dass die TOSI- und die Radionuklid-Methode nicht in Frage kommen. Als proteinanalytische Methoden bleiben die OPA-, die Ninhydrin- und die Biuret-Methode. Da die Ninhydrin-Methode als qualitativer Test nicht die Forderung nach einer mindestens halb-quantitativen Erfassung erfüllt, fällt diese aus der engeren Wahl. Die OPA-Methode ist gegenüber der Biuret-Methode die deutlich spezifischere und sensitivere, erkauft wird dieser Vorteil aber mit einem wesentlich höheren Aufwand (vgl. Kap. 1.3). Für die tägliche Praxis ist vermutlich die Biuret-Methode aufgrund ihrer einfachen Handhabung mit einer für eine Routineprüfung genügenden Exaktheit als die Methode der Wahl anzusehen. Für den Anspruch einer wissenschaftlichen Untersuchung ist jedoch nur die OPA-Methode geeignet und damit deren relativ hoher Aufwand in diesen Fällen gerechtfertigt. Die Wiederfindungsrate bei der Elution mit SDS-Lösung liegt in Kombination mit dem Durchfädeln mit SuperFloss bei über 90% [34,46]. Zur Erfassung von Blutbestandteilen wurde der Peroxidase-Test hinzugezogen, da mit ihm einfach und schnell überprüft werden kann, ob nicht zerlegte Blutbestandteile vorliegen.

Mit dieser Kombination von Testmethoden kann relativ sicher der größte Bereich von möglichen Kontaminationen, zumindest orientierend, erfasst werden.

#### **4.4 Probekörper**

Als Probekörper wurden die Spraykanäle verschiedener Übertragungsinstrumente gewählt. Zahnärztliche Übertragungsinstrumente, allen voran die Winkelstücke, stellen an die Aufbereitung sehr hohe Anforderungen. Übertragungsinstrumente kommen bereits bei bestimmungsgemäßer Anwendung ständig mit Blut und Speichel einerseits, und Bohrabrieb andererseits in Kontakt [22,23,28,29,39]. Mit ihrem komplexen inneren und äußeren Aufbau, der inklusive der Spraykanäle verschiedene Hohlräume und damit Retentionsnischen bildet, stellen diese Instrumente im Hinblick auf mögliche Kontaminationen und deren Entfernung den so genannten „worst-case“ dar.

Vorteil bei der Untersuchung von real entstandenen Kontaminationen auf routinemäßig angewendeten Instrumenten ist es, direkte Ergebnisse aus der Praxis zu bekommen. Man muss in diesem Falle nicht, wie bei Modellversuchen mit Testanschmutzung, die Übertragbarkeit der Ergebnisse in die Praxis sicherstellen. Schönherr hat in ihrer Arbeit von 2005 ebenfalls Spraykanäle als Probekörper verwendet und konnte zeigen, dass diese, inklusive der beschriebenen Methode, für die Untersuchung der (Rest-) Kontamination geeignet sind [46]. Nachteil bei der Wahl der Spraykanäle als Probekörper ist sicherlich, dass zur Untersuchung das Übertragungsinstrument komplett zerlegt werden muss, um an den Probekörper zu gelangen. Das Spraykanalsegment muss anschließend zersägt werden und ist damit nicht wieder verwendbar. Nach Einbau eines neuen Spraykanalsegmentes ist das Übertragungsinstrument jedoch wieder voll funktionsfähig.

#### **4.5 Kontamination der Probekörper**

Möchte man die tatsächlich entstandene Verschmutzung beim Gebrauch von zahnärztlichen Übertragungsinstrumenten erfassen, ist die Anschmutzung durch alltäglichen Gebrauch alternativlos. Hier besteht die Möglichkeit, die Kontamination der Spraykanäle von routinemäßig gebrauchten Übertragungsinstrumenten direkt zu untersuchen. Eine Testanschmutzung ist daher nicht erforderlich.

Alle bisher veröffentlichten Untersuchungen führten mikrobielle Nachweise aus Spülproben, welche Kontaminationen zeigten ( $1,5$  bis  $6,0 \times 10^8$  koloniebildende Einheiten pro Instrument) [11,22]; eine quantitative Erfassung von Proteinen direkt aus den Kanälen wurde bisher nicht durchgeführt.

#### **4.6 Diskussion der Ergebnisse**

Bei der Behandlung von Patienten kommen die Übertragungsinstrumente, unabhängig von der Handhabung oder Art der Behandlung, in unterschiedlichem Ausmaß mit potentiell kontaminierten Substanzen in Kontakt. Von einer Kontamination der Außenflächen muss in jedem Falle ausgegangen werden, was Bauer und Langer bereits 1967 feststellte [2]. Eine Innenkontamination der Spraykanäle ist, neben der Kontamination durch nicht einwandfreies Wasser zusätzlich durch den Reflux möglich. Dazu muss der Kopf des Übertragungsinstrumentes beim Abstoppen in der kontaminierten Flüssigkeit verbleiben. Experimentell konnte dieses Phänomen gut dargestellt werden. Buhtz beschäftigte sich schon 1993 mit diesem Problem in der Praxis [4].

Um den komplexen Aufbau eines zahnärztlichen Übertragungsinstrumentes und die damit verbundenen hygienischen Probleme aufzuzeigen, wurde exemplarisch ein zahnärztliches Winkelstück aus langjährigem Gebrauch zerlegt. Betrachtet man die einzelnen Bauteile, finden sich hier vielfältige potentielle Stellen für die Retention von Kontaminationen (vgl. Abb. 1.15 ff). Eine suffiziente Aufbereitung von kontaminierten Innenflächen im montierten Zustand erscheint nahezu unmöglich. Winkelstücke verschiedener Hersteller zeigen hier keinen deutlichen Unterschied. Als zusätzlich problematisch erweist sich das bis 2001 richtlinienkonforme alleinige Durchspülen mit Wasser und Ölen der Übertragungsinstrumente. Rückstände von Pflege- und Schmiermitteln verharzen in der Regel, da sie nie komplett wieder entfernt werden und dienen so als zusätzliche Retentionsstellen für Kontaminationen. Zusätzlich werden diese Rückstände unter Umständen im Dampfsterilisator fixiert. Eine Sterilität der Instrumente wird so niemals sicher erreicht. Ob wenigstens eine „thermische Desinfektion“ erreicht wird, ist fraglich.

Bei den in den eigenen Untersuchungen benutzten fabrikneuen Prüfkörpern der Testreihe A (vgl. Kapitel 2) wurden bei keiner Probe proteinhaltige Verunreinigungen gefunden. Da jedoch grundsätzlich mit einer solchen zu rechnen ist, liegt die Vermutung nahe, dass die Kontamination nach einmaliger Benutzung unter der Nachweisgrenze der gewählten Methoden liegt. Aus diesem Grund wurden für die Testreihe B Testkörper aus zum Teil jahrelanger Benutzung untersucht. Hier zeigten sich bei 5 der 12 Proben (41,7% !) messbare Verschmutzungen. Positive Proben hier gegenüber negativen Proben bei einmaliger Benutzung lassen einen zeitabhängigen, kumulativen

Effekt vermuten. Die errechneten Stoffmengen der positiven Proben lagen zwischen 0,0289 und 0,2311  $\mu\text{mol} / 10 \text{ ml}$  Spülflüssigkeit. Laut Schönherr liegt die Extinktion des Eluates eines vollständig mit Blut gefüllten Probekörpers bei 0,133 [46], was einer Stoffmenge von 0,8539  $\text{mol} / 10 \text{ ml}$  entspricht. Daraus folgt, dass bei der Probe mit der in den Versuchen maximal nachgewiesenen Stoffmenge von 0,2311  $\mu\text{mol} / 10 \text{ ml}$  27 % des Probekörpervolumens mit Protein(-bestandteilen) gefüllt waren.

Reine Spülproben aus den Übertragungsinstrumenten scheinen die proteinhaltigen Kontaminationen nicht in nachweisbarer Menge lösen und herausschwemmen zu können. Dies legen die photometrischen Messungen der Reihe C1 nahe. Bei einer von 26 Proben (3,8%) konnten jedoch geringe Mengen an Blutbestandteilen (5-10 Erythrozyten /  $\mu\text{l}$ ) nachgewiesen werden. Um den Verdünnungseffekt des Spraywassers zu minimieren wurden in der Versuchsreihe C2 nur 1 ml Spray aufgefangen, wobei in 2 von 26 Proben (7,7%) Erythrozyten nachgewiesen werden konnten. Da bei Untersuchungen von Gräf und Dummert bei gleicher Art der Probengewinnung Bakterien nachgewiesen werden konnten [11,20], ist davon auszugehen, dass zumindest diese Arten von Kontaminationen bei jeder Benutzung von Übertragungsinstrumenten in messbarer Menge in die Spraykanäle gelangen. Diese scheinen aber zumindest teilweise auch wieder aus den Kanälen heraus spülbar zu sein und können unter Umständen direkt oder als Aerosol in den nächsten Patienten gelangen.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen auch Michels und Schulz-Fincke in einer aktuellen Studie [35]. Sie konnten zeigen, dass bei der experimentellen Anschmutzung von Winkelstücken bei ca. 12% der Proben Proteine nachweisbar waren. Diese Ergebnisse verglichen sie mit denen von Turbinen, bei denen man durch das Nachlaufen des Flügelrades und dem dadurch entstehenden Unterdruck fast zwingend von einem Reflux ausgehen muss. Hier fanden sich in allen Proben im Schnitt 125  $\mu\text{g}$  Protein (von 28 – 386  $\mu\text{g}$ ) und damit deutlich höhere Werte. Sie vermuteten allerdings keine andauernde Kontamination der Spraykanäle sondern eher Anhaftungen um die Austrittsöffnungen der Kanäle, welche beim Eluieren abgespült werden. Eine weitere Testreihe mit durch Patientenbehandlung kontaminierten Übertragungsinstrumenten kam zum selben Ergebnis. Es könnte also der Zeitpunkt der Probenentnahme eine entscheidende Rolle für den Nachweis spielen.

Mit diesen Untersuchungen vergleichbare Studien und Überlegungen gibt es zwar zu Turbinen und Handstücken [2,6,8,21,22,29], explizit zu Winkelstücken aber nicht.

## 4.7 Schlussfolgerungen

Zahnärztliche Winkelstücke sind in ihrem Aufbau die komplexesten Instrumente in der Zahnmedizin. Methoden der Untersuchung von Verschmutzungen und Reinigungsleistungen, die an diesem „worst-case-Szenario“ angewandt wurden und funktionieren, sind daher aller Wahrscheinlichkeit nach auf andere, einfachere Instrumente übertragbar.

Die Übertragungsinstrumente verschiedener Hersteller und Baureihen unterscheiden sich im Wesentlichen nur im Aufbau der Außenhülle. Hier sind einteilige, glatte Außenhüllen vorzuziehen, da mehrteilige Hüllen und strukturierter Oberfläche deutlich mehr Retentionsnischen für Verunreinigungen bieten. Eine andere Möglichkeit ist die Wahl von Übertragungsinstrumenten, welche für die Aufbereitung zerlegbar sind (z.B. von MicroMega). Die meisten Hersteller entwickeln ihre Übertragungsinstrumente deutlich in diese Richtung, vermutlich sind heute aber immer noch hunderttausende Übertragungsinstrumente alter Bauart in Benutzung.

Bei der Betrachtung des inneren Aufbaues findet man bei allen Übertragungsinstrumenten innerhalb ihrer Art (Turbinen, Hand- und Winkelstücke) prinzipiell die gleiche Anordnung von Bauteilen. Allen gemeinsam ist der konstruktionsbedingte Reflux, der potentiell kontaminierte Flüssigkeiten in die Spraykanäle einsaugen kann. Dieses Phänomen ist sowohl experimentell, als auch in der Praxis nachzuweisen. Über das Ausmaß und damit die praktische Relevanz gibt es kontroverse Ansichten.

Kommt es aber zum Reaspirieren von Verunreinigungen, werden diese beim Starten zumeist wieder mit dem Sprayaerosol aus den Kanälen herausgespült oder -geblasen und können so unter Umständen in den Mund des nächsten Patienten gelangen.

Ein kleiner, zunächst nicht nachweisbarer Teil der Kontamination verbleibt offensichtlich in den Kanälen und wird bei der normal üblichen Aufbereitung nicht komplett entfernt, eventuell sogar durch chemische und thermische Aufbereitungsverfahren und/oder Pflegemittelrückstände fixiert. Die Tatsache, dass bei einmalig benutzten Spraykanälen keine, bei mehrfach benutzten aber sehr wohl Verschmutzungen nachgewiesen werden können, legt den Verdacht nahe, dass es sich hier um einen Summationseffekt handelt. Dieses zeigt, dass die allgemein verbreiteten Standardaufbereitungsverfahren offensichtlich nicht in der Lage sind, die Spraykanäle von Übertragungsinstrumenten suffizient aufzubereiten. Hier sind Verbesserungen bei der Aufbereitung, eventuell auch bei der Handhabung heute gebräuchlicher Übertragungsinstrumente nötig. Auch

Veränderungen bei der Konstruktion zukünftiger Übertragungsinstrumente sollten dieser Problematik Rechnung tragen.

Kommt es zu einer Kontamination des Innenraumes (Getriebe etc.) sind die Übertragungsinstrumente im Ganzen nicht mehr suffizient aufbereitbar. Häufig gebrauchte Übertragungsinstrumente zeigen hier Ansammlungen von dunklen, schmierigen Rückständen, bei denen es sich vermutlich um verharzte Öl- und Pflegemittelrückstände handelt (vgl. Abb. 3.1-6). In wieweit diese kontaminiert sind, bedarf noch der Abklärung und wäre Gegenstand von Folgeuntersuchungen.

Die Kontamination kann sowohl unproblematischer, als auch hoch infektiöser Natur sein. Hier konnten bisher Bakterien, Viren, Blut(-bestandteile) und andere proteinhaltige Bestandteile nachgewiesen werden.

Dies bedeutet, dass Kontaminationen, die in der alltäglichen Praxis entstehen, sehr wohl messbar sind. Die Grenzen der Messbarkeit setzt bei der OPA-Methode neben der Nachweisgrenze der einzelnen Proteine wahrscheinlich hauptsächlich die Empfindlichkeit des verwendeten Photometers.

Die Frage nach der Relevanz der gemessenen Kontaminationen für die Kreuzinfektion von Patienten ist nicht abschließend zu beantworten, da kein Maß für die Reinheit eines (aufbereiteten) Instrumentes existiert.

Prinzipiell ist unstrittig, dass mit einem nicht korrekt aufbereiteten, zahnärztlichen Übertragungsinstrument Mikroorganismen übertragen werden können. In Experimenten ist dieses möglich und wie die eigenen Untersuchungen gezeigt haben, enthalten mehrfach benutzte und aufbereitete Übertragungsinstrumente noch genügend Restkontaminationen, um eine Übertragung auch in der Praxis möglich erscheinen zu lassen. Man muss also prinzipiell von der Möglichkeit einer Kreuzinfektion mittels zahnärztlicher Übertragungsinstrumente ausgehen.

Darüber hinaus ergibt sich auch ein rechtliches Problem. Da eine Kreuzinfektion mittels Übertragungsinstrumenten zum jetzigen Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden kann, wird ein Arzt im Falle einer Anklage durch die Beweislastumkehr große Schwierigkeiten haben, seine Unschuld zu beweisen.

Von verschiedenen Seiten werden in letzter Zeit Maßnahmen getroffen, um die beschriebenen Risiken zu minimieren.

Diverse Hersteller konstruieren ihre Übertragungsinstrumente mittlerweile so, dass der Hüllenaufbau so gut wie keine Retentionsnischen mehr bietet. Strukturierte Oberflächen gehören ebenso wie mehrteilige Hüllen mittlerweile der Vergangenheit an. Ebenfalls gibt es Hersteller, die ihre Übertragungsinstrumente zur Aufbereitung zerlegbar konstruieren. Der Reflux wurde laut Herstellerangaben durch den Einbau verschiedener Mechaniken weitestgehend reduziert. Einige Hersteller haben nach eigenen Angaben sogar erreicht, dass ihre Übertragungsinstrumente beim Abstoppen die Spraykanäle automatisch ausblasen anstatt Flüssigkeiten anzusaugen.

Einfache Maßnahmen, wie möglichst nicht in potentiell kontaminierten Flüssigkeiten abzustoppen oder das anschließende, den RKI-Empfehlungen entsprechende, 20 Sekunden dauernde manuelle Durchspülen der Übertragungsinstrumente mit Wasser an der zahnärztlichen Behandlungseinheit, können bei nicht fixierten Kontaminationen eine deutliche Reduktion bewirken.

Eine Aufbereitung der Übertragungsinstrumente wird nach jedem Gebrauch gemäß den RKI-Empfehlungen notwendig, wobei hier die maschinelle der manuellen klar vorzuziehen ist.

Die Reinigung der Außenflächen scheint mit den meisten gängigen Reinigungsgeräten möglich, eine suffiziente Aufbereitung der Spraykanäle bedarf allerdings der selektiven Anspülung der einzelnen Kanäle. Auch stellen die Verbindungsstellen der Außenhülle besondere Anforderungen dar. Solche mit wissenschaftlichen Untersuchungen bestätigten, suffiziente Aufbereitungsmöglichkeiten bieten bisher nur sehr wenige Geräte.

Die einzige bekannte suffiziente Reinigungsmethode, zumindest für die Spraykanäle von zahnärztliche Übertragungsinstrumenten, stellt die Reinigung im KaVo-Lifetime Gerät dar, welches von Schönherr 2005 untersucht wurde [46]. Nachteile bei diesem Gerät sind die fehlende Validierbarkeit und die Tatsache, dass wegen der hohen Kosten und der daraus resultierenden geringen Nachfrage, das Gerät auf dem deutschen Markt nicht mehr angeboten wird. Ob die in Kapitel 3.1 beschriebenen, im Instrument selber liegenden Verschmutzungen, mit dieser oder einer anderen bisher bekannten Methode zuverlässig entfernt werden, ist nicht bekannt.

Andere, günstigere Geräte genügen häufig den Anforderungen nicht. Hier sei beispielhaft das TURBOCID-Gerät der Firma MicroMega erwähnt. Dieses Gerät erreicht nach einer Untersuchung von Raab nur eine Reduktion von  $10^3$  statt der geforderten  $10^5$  KBE [41].

Es fehlen also in der Praxis nach wie vor validierte Methoden zur Aufbereitung. Dies steht im absoluten Widerspruch zu den RKI-Empfehlungen. Hier ist in besonderem Maße die Industrie gefordert, welche entsprechend der DIN EN ISO 17664 solche Methoden für ihre Instrumente und Geräte benennen muss. Dieser Verpflichtung wird aber häufig nicht nachgekommen. Dieses (auch rechtliche) Problem ist bis heute nicht abschließend geklärt.

All das zeigt sehr gut das prinzipielle Dilemma:

Ein hohes Maß an Sicherheit ist nur durch zeit- und kostenintensive Maßnahmen möglich, eine 100%-ige Sicherheit trotz allem zum jetzigen Zeitpunkt nicht zu gewährleisten. Dies ist sicherlich unter anderem ein Hauptgrund, dass die Hygiene, hier speziell in der Zahnmedizin, ein viel diskutiertes, aber in der Praxis oft als nachrangig betrachtetes Thema ist.

Als Konsequenz bleiben noch Fragen offen und es ergeben sich zusätzlich neue:

- Wird der Innenraum von Übertragungsinstrumenten, insbesondere das Getriebe, im Laufe der Zeit kontaminiert?
- Wird das Ansammeln von fixierten Verunreinigungen im Laufe der Zeit zu einem hygienischen Problem? Lösen sie sich irgendwann ab? Sind diese dann noch infektiös, toxisch und / oder allergen?
- Ab welchem „Reinheitsgrad“ ist ein Instrument hygienisch unbedenklich?
- Stehen die erforderlichen aufwendigen Maßnahmen zum Infektionsschutz im vernünftigen Verhältnis zur Gefahr der (Kreuz-)Infektion der Patienten?

Hierzu werden noch weitere Untersuchungen, wie auch Einigungen auf Normen und Grenzwerte, sinnvoller Weise auf internationaler Ebene, erforderlich sein.

## **5 Zusammenfassung**

Alle zahnärztlichen Instrumente, die intraoral verwendet werden, kommen mit Schleimhaut und potentiell infektiösen Flüssigkeiten wie Speichel oder Blut in Kontakt. Damit sind sie kontaminiert und müssen nach der Benutzung suffizient aufbereitet werden.

Zielsetzung der Arbeit war es, die unterschiedlichen Konstruktionsarten von zahnärztlichen Winkelstücken und die damit verbundenen Retentionsnischen für Kontaminationen zu identifizieren. Anschließend sollte geklärt werden, welche Arten von Kontaminationen im täglichen Gebrauch entstehen können, ob diese nachweisbar sind und ob davon eine für die Praxis relevante Gefahr ausgeht.

Als Untersuchungsverfahren wurde die modifizierte ortho-Phtaldialdehyd-Methode (OPA-Methode) gewählt. Mit dieser lassen sich proteinhaltige Restkontaminationen bis zu einer Menge von  $\geq 0,1 \mu\text{g/ml}$  erfassen. Die ergänzend benutzte Peroxidase-Methode ermöglicht durch einen Farbumschlag eine qualitative Erfassung von Erythrozyten und deren Bestandteilen.

Es wurden insgesamt 72 Sprayproben untersucht, von denen 20 durch Elution und 52 durch Auffangen des Spraywassers gewonnen wurden. Die Sprayproben wurden aus 8 einmalig und 27 mehrfach benutzten Spraykanaleinheiten aus verschiedenen zahnärztlichen Übertragungsinstrumenten gewonnen. Bei 41,7 % der Proben aus mehrfach gebrauchten und wieder aufbereiteten Spraykanälen die mit Hilfe der OPA-Methode untersucht wurden konnten Restkontaminationen nachgewiesen werden. Die maximal errechnete Restproteinmenge lag bei 27% des Spraykanalvolumens. Zusätzlich konnte anhand von Fotodokumentation gezeigt werden, dass zahnärztliche Übertragungsinstrumente aufgrund ihres komplexen inneren und äußeren Aufbaues mit vielen Hohlräumen eine Vielzahl von Retentionsnischen für Kontaminationen bieten. Zusammen resultiert daraus ein hohes Risiko von Kreuzinfektion durch verschleppte Mikroorganismen und es ergeben sich dadurch erhebliche Anforderungen an eine suffiziente Aufbereitung. Im Falle einer Kontamination der inneren Bauteile, wie z.B. Getriebe, muss das Instrument als nicht mehr suffizient aufbereitbar angesehen werden, da ohne eine komplette Zerlegung des Instrumentes die inneren Bauteile durch herkömmliche Reinigungsmethoden nicht erreicht werden können. Ob die gemessenen Restkontaminationen in einem klinisch akzeptablen Bereich liegen ist zurzeit nicht zu sagen, da nach wie vor eine Definition, respektive ein Maß für die Reinheit fehlt.

## 6 Literaturverzeichnis

1. Alfa, M.J., Degagne, P., Olson, N., *Worst-case soiling levels for patient-used flexible endoscopes before and after cleaning;*  
Am J Infect Control, 1999 (27): 392-401.
2. Bauer, E., Langer, H., Portele, K., *Turbine und Keimstreuung;*  
DZZ, 1967 (22): 1183-1196.
3. Bößmann, K., *Hygiene in der Zahnarztpraxis;*  
Dentalhygiene Journal, 1999 (2): 7-10.
4. Buhtz, D., *Möglichkeiten der hygienischen Wartung, Desinfektion und Sterilisation von Hand- und Winkelstücken sowie Turbinen;*  
Quintessenz, 1993 (44): 775-783.
5. de Bruijn, A.C.P., Orzechowski, T.J.H. and Wassenarr, C., *Validierung des Ninhydrin-Wischtests zum Überprüfen des Reinigungserfolgs bei medizinischen Instrumenten;*  
Zentr Steril, 2001 (9): 235-247.
6. Checchi, L., Montebugnoli, L., Samaritani, S., *Contamination of the turbine air chamber: a risk of cross infection;*  
J Clin Periodontol 1998 (25): 607-611.
7. Chaufour, X., Deva, A.K., Vickery, K., Zou, J., Kumeradeva, P., White, G.H., Cossart, Y.E., *Evaluation of disinfection and sterilization of reusable angioscopes with the duck hepatitis B model;*  
J Vasc Surg 1997 (2): 277-282.
8. Clappison, R.A., *Cross contamination control and the dental handpiece;*  
J Prosthet Dent, 1995 (73): 492-494.
9. Cramer, I., *Bauartabhängige Restkontamination bei Arthroskopieinstrumenten;*  
Dissertation FU Berlin 2001
10. Crawford, J.J., Broderius, C., *Control of cross-infection risks in the dental operatory: prevention of water retraction by bur cooling spray systems;*  
J Am Dent Assoc, 1988 (116): 685-687.
11. Dummert, M., *Reinigung und Desinfektion zahnärztlicher Übertragungsinstrumente mit einem thermischen Aufbereitungsverfahren;*  
Dissertation Universität Halle - Wittenberg, 2003.
12. Fengler, T., Pahlke, H., Frister, H., Michels, W., *Methoden der Überprüfung maschineller Reinigungsleistung;*  
Hyg Med, 2000 (2) 1-4

13. Fengler, T., Pahlke, H., Kraas, E., *Sind aufbereitete chirurgische Instrumente proteinfrei?*  
Zentr Steril, 2001 (9): 20-32.
14. Frister, H., *Die modifizierte OPA-Methode als Schlüssel zum quantitativen Protein-Monitoring;*  
Hyg Med, 2000 (25) Suppl.1: 18.
15. Frister, H., Meisel, H., Schlimme, E., *Modifizierte OPA-Methode zur Charakterisierung von Proteolyse-Produkten;*  
Milchwissenschaft, 1986 (41): 483-487.
16. Frister, H., Meisel, H., Schlimme, E., *Einsatzmöglichkeiten der modifizierten-OPA-Methode in der Proteinanalytik;*  
Ernährungs-Umschau, 1990 (11): 442-445.
17. Früh, B., Pfeifer, M., *Effiziente Überprüfung der Reinigungswirkung in Reinigungs- und Desinfektionsgeräten (RDG) im Routinebetrieb;*  
Zentr Steril, 2003 (11): 41-46.
18. Fushimi, R., Noguchi, S., Takashina, M., Nakata, S., Murata, Y., *Nutzen eines Indikators für die Reinigungswirkung von Reinigungs- und Desinfektionsautomaten;*  
Zentr Steril, 2002 (10): 302-306.
19. Gooch, B., Marianos, D., Ciesielski, C., *Lack of evidence for patient-to-patient transmission of HIV in a dental practise;*  
J Am Dent Assoc 1993 (124): 38-44.
20. Gräf, W., Kunz, B., Loisl, B., *Zur hygienischen Aufbereitung dentaler Übertragungsinstrumente;*  
Zbl Hyg, 1995 (198): 72-83.
21. Gräf, W., Vollmuth, G., *Die konstruktionsbedingte Keimübertragung durch Inneninfektion von Dentalturbinen;*  
Zbl Bakt Hyg, 1977 (165): 444-457.
22. Hauman, C., *Cross-infection risks associated with high-speed dental handpieces;*  
J Dent Assoc South Africa, 1993 (48): 389-391.
23. Kellett, M., Holbrook, W.P., *Bacterial contamination of dental handpieces;*  
J Dent, 1980 (8): 245-253.
24. Krüger, S., *Überprüfung der Reinigungswirkung in Dekontaminationsanlagen;*  
Zentr Steril, 1999 (7): 180-188.
25. Langheinrich, U., *Bestimmung von Proteinkonzentrationen in Lösungen - Teil 1;*  
CLB Chemie in Labor und Biotechnik, 1995 (46): 82-85.

26. Langheinrich, U., *Bestimmung von Proteinkonzentrationen in Lösungen - Teil 2*; CLB Chemie in Labor und Biotechnik, 1995 (46): 135-136.
27. Lewis, D.L., Arens, M., *Resistance of microorganisms to disinfection in dental and medical devices*; Nature Medicine, 1995 (9): 956-958.
28. Lewis, D.L., Arens, M., Appleton, S.S., *Cross-contamination potential with dental equipment*; Lancet, 1992 (340): 1252-1254.
29. Lewis, D. L., Boe, R.K., *Cross-infection risks associated with current procedures for using high-speed dental handpieces*; Journal of Clinical Microbiology, 1992 (30): 401-406.
30. Li, X., Abdi, K., Mentzer, S., *O-Phthaldehyde fluorescence microassay for the determination of antibody concentration*; Journal of Immunological Methods, 1994 (172): 141-145.
31. Martiny, H., Floss, H., Zühlsdorf, B.; *The importance of cleaning for the overall results of processing endoscopes*; J Hosp Infect 2004 (56) 16-22
32. Michels, W., Frister, H., Pahlke, H., Fery, R., *Überprüfung der Reinigung minimalinvasiver Instrumente nach maschineller Dekontamination*; Hyg Med, 1996 (21): 324-330.
33. Michels, W., *Bewertung eines Schnelltests zur Überprüfung des Reinigungserfolgs aufbereiteter chirurgischer, minimalinvasiver Instrumente*; Hyg Med, 1997 (22): 173-184.
34. Michels, W., *Welche Prüfmöglichkeiten in der klinischen Praxis sind möglich?* Programmheft Forum 99 Instrumentenaufbereitung, Chirurgie-Instrumenten-Arbeitsgruppe am KH Moabit (Hrsg.) 1999: 19.
35. Michels, W., Schulz-Fincke, D., *Untersuchung zum Ausmaß der Kontamination zahnärztlicher Übertragungsinstrumente in der Praxis*; Vortrag WFHSS-Kongress Ulm 2007, Publikation in Vorbereitung.
36. Mills, S.E., Kuehne, J.C., Bradley, D.V. Jr. *Bacteriological analysis of high-speed handpiece turbines*; J Am Dent Assoc 1993 (124): 59-62.
37. Nassauer, A., Mielke, M., *Krankenhaushygiene: Möglichkeiten und Grenzen der Beratung durch das Robert Koch-Institut im Rahmen täglicher Anfragen*; Bundesgesundheitsblatt, 2007: 359-367.
38. Orzechowski, T.J.H., de Bruijn, A.C.P., Wassenaar, C., *Reinigung von Dentalhandstücken*; Zentr Steril, 2000 (8): 371-385.

39. Pelzner, R. B., Kernpler, D., *Laser evaluation of handpiece contamination;*  
J Dent Res, 1977 (56): 1629-1634.
40. Pfeifer, M., *Blut als Anschmutzung chirurgischer Instrumente: chemisches Verhalten, Reinigung, Nachweis;*  
Zentr Steril, 1998 (6): 304-310.
41. Raab, D., *Studie zur Wirksamkeit des Turbocids, einem Gerät zur Reinigung, Desinfektion und Schmierung von zahnärztlichen Winkelstücken;*  
Dissertation, Charité Berlin, 2006.
42. Reinthaler, F.F., Feierl, G., Grisold, A., Mascher, F., Miorini, T., Stünzner D., Marth. E., *Hygienestatusserhebungen in österreichischen Zahnarztpraxen;*  
Stomatologie, 1998 (95): 275-283.
43. Roth, K., *Validierung der Reinigung - die Radionuklidmethode als orts aufgelöstes, quantitatives Verfahren;*  
Programmheft Forum 99 Instrumentenaufbereitung, Chirurgie-Instrumenten-Arbeitsgruppe am KH Moabit (Hrsg.) 1999: 22.
44. Roth, K., Heeg, P., Reichel, R., Cogdill, P., Bond, W., *Qualitätssicherung bei der Aufbereitung von Zubehör für flexible Endoskope – Wie sauber sind gereinigte Instrumente wirklich?*  
Zentr Steril, 1999 (7): 84-96.
45. Roth, M., *Flourescence reaction for amino acids;*  
Anal Chem 1971 (43): 880-882
46. Schönherr, P., *Die Reinigung von zahnärztlichen Winkelstücken - geprüft mit der modifizierten OPA-Methode in zwei Reinigungs- und Desinfektionsgeräten;*  
Dissertation, FU Berlin, 2005.
47. Schrimm, H., Sieber, J.P., Heeg, P., Roth, K., Müller-Schauenberg, W., Keller, K.D., Bueß, G., *Eine neue Methode zur Validierung und Überprüfung der Reinigung von Rohrschaftinstrumenten;*  
Zentr Steril, 1994 (2): 313-324.
48. Siegfried, S., Werner, H.-P., Wenchel, M., *Überprüfung thermischer Reinigungs-Desinfektionsgeräte zur Aufbereitung medizinischer Utensilien im kleinen Kreislauf;*  
Hyg Med, 1992 (17): 415-419.
49. Siehe, S., *Entwicklung einer Methode zum Nachweis von Restkontaminationen in zahnärztlichen Winkelstücken;*  
Dissertation in Arbeit, FU Berlin, 2000.
50. Sonntag, H.-G., *Vorkommen und Übertragungswege von Infektionserregern im zahnärztlichen Bereich;*  
Hyg Med, 1980 (5): 507-518.

51. Ulrich, P.P., Bhat, R.A., Seto, B., Mack D., Sninsky J., Vyas G.N., *Enzymatic amplification of hepatitis B virus DNA in serum compared with infectivity testing in chimpanzees*;  
J Infect Dis 1989 (160): 37-43
52. Verjat, D., *Fluorescence-assay on traces of protein on re-usable medical devices: cleaning efficiency*;  
Int J Pharm 1998 (179): 267-271.
53. *DIN EN ISO 15883-1, Reinigungs-Desinfektionsgeräte:Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Begriffe und Prüfverfahren*;  
Beuth Verlag Berlin, 2006.
54. *Gesetz über Medizinprodukte (MPG)* vom 2. August 1994, BGBl.I: 1963; zuletzt geändert durch Art. 145 V vom 31. Oktober 2006, BGBl.I: 2407.
55. *Verordnung über das Errichten, Betreiben und Anwenden von Medizinprodukten (Medizinprodukte-Betreiberverordnung – MPBetreibV)* vom 21. August 2002, BGBl.I: 3396; geändert durch Artikel 386 V vom 31. Oktober 2006, BGBl.I: 2407.
56. *Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung - BioStoffV)* vom 27. Januar 1999 BGBl.I: 50; zuletzt geändert durch Artikel 2 V vom 6. März 2007; BGBl.I: 261.
57. Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention am RKI, *Anforderung an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten*;  
Bundesgesundheitsblatt 2001 (44): 1115-1126.
58. Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention am RKI, *Infektionsprävention in der Zahnheilkunde - Anforderung an die Hygiene.*;  
Bundesgesundheitsblatt 2006 (49): 375-394.
59. Miele Pressemitteilung Nr. 143/2003, *Maschinelle Instrumentenreinigung jetzt objektiver überprüfbar*
60. Miele Pressemitteilung Nr. 194/2006, *Präzisere Kontrolle: Färbung des Protein-Schnelltests jetzt messbar*
61. OLG Koblenz: *Aktenzeichen 5 U 1711/05*
62. Bundesgerichtshof: *Aktenzeichen VI ZR 158/06*
63. Produktinformation Firma Macherey-Nagel, Düren,
64. Pflegeanweisung für zahnärztliche Winkelstücke nach DIN EN 17664, Gebrauchsanweisung 1.001.9415-03.05-1, Firma KaVo, Biberach
65. Epidemiologisches Bulletin Nr. 33, Robert Koch-Institut, 2000

66. Michels, W., Telefongespräch; Oktober 2004
67. Simonis, A., persönliches Gespräch; Dezember 2007

## **Danksagungen**

Besonders danken möchte ich meinem Doktorvater Prof. Dr. W.B. Freesmeyer, sowie Prof. Dr. H. Martiny und Dr. A. Simonis für ihre kontinuierliche fachliche und menschliche Begleitung meiner Dissertation.

Bei Frau H. Neumann möchte ich mich für ihre engagierte Hilfe bei allen labortechnischen Problemen bedanken.

Meiner Frau Melanie Paul und meinen Eltern Dr. Wolfgang und Barbara Paul möchte ich ebenfalls für ihre tatkräftige Unterstützung danken.

Der Firma KaVo danke ich für die Bereitstellung der Geräte und Materialien.

## **Lebenslauf**

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

### **Erklärung**

„Ich, Christian Paul, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Zahnärztliche Übertragungsinstrumente aus hygienischer Sicht“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.“

24. April 2009

Unterschrift

(Christian Paul)