

1 Einleitung

1.1 *Epidemiologische Bedeutung von Infektionskrankheiten*

Die epidemiologische Bedeutung von Infektionskrankheiten unterlag im letzten Jahrhundert einem deutlichen Wandel [1]. Jahrtausende lang waren Infektionskrankheiten eine häufige Todesursache und standen deshalb im Mittelpunkt des Interesses in der Medizin. Aufgrund von Verbesserungen der Hygienemaßnahmen, der Entwicklung von Schutzimpfungen und Chemotherapeutika kam es aber dazu, dass die großen Seuchen wie z. B. Pest, Pocken, Fleckfieber oder Diphtherie in den letzten Jahrzehnten an Häufigkeit abgenommen haben [2]. Die Bedrohung durch Mikroorganismen und Infektionskrankheiten galt gegen Ende der 70er Jahre des letzten Jahrhunderts sogar als gebannt bzw. als sicher unter Kontrolle [1]. In den folgenden Jahren wurde deshalb die Prophylaxe von Infektionskrankheiten vernachlässigt. Aus heutiger Sicht ist jedoch festzustellen, dass sowohl alte als auch neue Infektionskrankheiten aufgrund unterschiedlicher Faktoren wieder an Bedeutung gewinnen [1]. Es wurden und werden immer wieder neue, bisher unbekannte Mikroorganismen als Ursache von neuen Infektionskrankheiten gefunden [2]. So stieg z. B. in den Vereinigten Staaten von Amerika im Zeitraum von 1980 bis 1992 der Anteil von Infektionskrankheiten an der Gesamtmortalität auf 22% an; Infektionskrankheiten sind somit auf der Liste der wichtigsten Todesursachen von Platz 5 auf Platz 3 aufgestiegen [3].

1981 traten in den USA 219 Todesfälle durch die bisher unbekannte Krankheit AIDS auf. Im Jahre 1983 konnte MONTAGNIER nachweisen, dass die Krankheit AIDS durch das HI-Virus hervorgerufen wird. 1985 waren bereits 7.351 Erkrankungen und 2.469 Todesfälle durch AIDS bekannt [4]. Die Gesamtzahl der an AIDS verstorbenen oder infizierten Personen in der Bundesrepublik Deutschland wird auf 65.000 geschätzt; die Anzahl der Neuinfektionen liegt dabei zwischen 2.000 und 2.500 pro Jahr [4]. Im Februar 2003 traten in der chinesischen Provinz Guangdong erstmals 305 Fälle einer ungewöhnlichen Lungenentzündung auf. Es stellte sich heraus, dass es sich dabei um die zuvor noch unbekannte Infektionskrankheit SARS handelt, die durch das SARS-CoV hervorgerufen wird. Im Jahr 2003 waren bereits 8.098 Fälle bekannt und 774 Patienten verstarben an der Krankheit [5,6].

Die Ursachen für die wieder zunehmende Bedeutung von Infektionskrankheiten sind vielfältig; hierzu zählen:

- soziodemographische Faktoren wie Überbevölkerung, bewaffnete Konflikte, Nahrungsmangel und Flüchtlingsbewegungen in den unterentwickelten Ländern sowie die Zunahme älterer und/oder immunsupprimierter Personen in den entwickelten Ländern [1],

- Zunahme des internationalen Reiseverkehrs und Handels, besonders im Bereich der Lebensmittelversorgung [3],
- Rückgang der Bereitschaft vieler Eltern ihre Kinder impfen zu lassen, bzw. erhebliche Impflücken bei Erwachsenen [3],
- der Zunahme von infektionsgefährdeten Bevölkerungsgruppen wie z. B. von intravenös drogenabhängigen Personen oder Homosexuellen [3,7],
- Zusammenbrechen staatlicher Organisations- und Führungsstrukturen im Gesundheitswesen in den Nachfolgestaaten der Sowjetunion [1],
- massiver Einsatz von Chemotherapeutika wie Antibiotika in der Medizin, Landwirtschaft und Fischerei und deren Freisetzung in die Umwelt mit der Folge der Zunahme antibiotikaresistenter Mikroorganismen [1],
- Fähigkeit der Mikroorganismen, sich durch genetische Variabilität immer wieder an neue Situationen anzupassen [2],
- Entwicklung von Antibiotikaresistenzen durch Mutation und Selektion bzw. Konjugation von Plasmiden,
- Anwendung neuer wenig- oder minimalinvasiver Methoden in Diagnostik und Therapie [2], verbunden mit einer Zunahme und vermehrtem Einsatz von schwer zu reinigenden und hitzestabilen Instrumenten [7].

Durch die Zunahme von Infektionskrankheiten sind auch der Zahnarzt bzw. die Zahnärztin, die Zahnarthelferin bzw. der Zahnarthelfer, der Zahntechniker bzw. die Zahntechnikerin sowie die Patienten und Patientinnen einem erhöhten Infektionsrisiko ausgesetzt.

Dazu kommt noch, dass Infektion nicht gleichbedeutend mit Krankheit ist, da sie nicht nur symptomatisch, sondern auch asymptomatisch und ohne nachweisbare Schäden verlaufen kann [9]. Gerade bei diesen Patienten ist man – wie auch bei Patienten, die sich in der Inkubationszeit befinden - dazu geneigt, das bestehende Infektionsrisiko zu unterschätzen. Gerade in diesem Zeitraum kann – da die Immunabwehr noch nicht eingesetzt hat – sowohl Blut als auch Speichel eine hohe Konzentration an Krankheitserregern aufweisen [8].

1.2 Zahnmedizinisch relevante Erreger und Infektionskrankheiten

Zu den Krankheitserregern, die nach heutigem Kenntnisstand in der Zahnmedizin von Bedeutung sind, zählen vor allem jene, die in der Mundhöhle vorkommen [10]. Ökologisch betrachtet handelt es sich bei der Mundhöhle um ein Öko-System, dass durch Nischen, Feuchtigkeit, Angebot an Substrat, annähernd konstant warmen Temperaturen ein ideales System für Mikroorganismen darstellt [11]. Zurzeit lassen sich über 300 verschiedene Erreger in der Mund-

höhle identifizieren. Man unterscheidet dabei zwischen einer Standort- und einer Durchgangsflorea. Die Standortflora ist individuell sehr unterschiedlich und altersabhängig; bei der Geburt ist die Mundhöhle steril, der Gipfel der Erregerbesiedlung liegt zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr, um danach wieder abzusinken; dazu bestehen tageszeitliche Schwankungen. Die Bakterienflora der Mundhöhle wird zudem noch beeinflusst von Mundhygienemaßnahmen, der Bezahnung und dem Vorhandensein von Zahnersatz [12]. Mikrobiologisch besteht die Standortflora aus fakultativ pathogenen aeroben sowie anaeroben Bakterien, die sich mit dem Immunsystem des Wirtsorganismus im Gleichgewicht befinden. Es gibt kaum einen Mikroorganismus, der – insofern er überhaupt beim Menschen gefunden wird – nicht auch einmal gelegentlich in der Mundhöhle vorkommen kann [13]. Bei den Erregern von Infektionskrankheiten handelt es sich vor allem um Viren, Bakterien und Pilze [14]; ferner auch um Prionen [15].

1.2.1 Viren

Bei Viren handelt es sich um Makromoleküle, die aus Protein und je nach Virusart, einem RNA- oder DNA- Genom bestehen. Sie weisen weder Zellstruktur noch einen eigenen Stoffwechsel auf, sondern werden ausschließlich durch lebende Zellen repliziert, was aufgrund der im Virusgenom festgelegten Information geschieht [16]. Einige Viren sind zudem mit einer lipidhaltigen Hülle umgeben, die sich aus zellulären Membranen ableitet [8]. Gemäß einer Stellungnahme der Kommission für Krankenhaushygiene am Robert Koch-Institut sind besonders folgende Viren in der zahnärztlichen Praxis relevant:

- Hepatitis B-Viren
- Hepatitis C-Viren
- Herpes simplex-Viren (HSV)
- HIV
- Viren, die zu Infektionen des oberen Respirationstraktes führen können [14].

Da der Durchseuchungsgrad mit HSV I in der deutschen Bevölkerung relativ hoch ist – 1998 wiesen 85,2% der Bewohner in den alten Bundesländern und 88,5 % der Bewohner in den neuen Bundesländern eine Seroprävalenz für HSV I auf [17] - ist es bemerkenswert, dass EPSTEIN et al trotz chemischer Desinfektion noch Herpes simplex-Viren auf zahnärztlichen Winkelstücken nachweisen konnten [18].

1.2.2 Bakterien

Bakterien sind prokaryonte, einzellige Mikroorganismen ohne echten Zellkern. Sie enthalten als Genom eine ringförmige, doppelsträngige DNA, die nicht von einer Membran umhüllt ist (Kernäquivalent). Die DNA enthält im Gegensatz zu eukaryonter DNA keine Introns. Sie können zusätzliche DNA in Form von Plasmiden tragen (z. B. mit Resistenzfaktoren) und bilden selbst ihre RNA [8,19]. In einer Stellungnahme der Kommission für Krankenhaushygiene am Robert Koch-Institut (RKI) wird besonders folgenden Bakterien in der zahnärztlichen Praxis Bedeutung beigemessen:

Legionellen,

Mycobacterium tuberculosis,

Pseudomonaden (insbesondere *Pseudomonas aeruginosa*),

Staphylokokken,

Streptokokken [14].

1.2.3 Pilze

Unter Pilzen versteht man eukaryontische, wenig differenzierte, in der Regel myzelbildende, kohlenstoffheterotrophe Lebewesen mit charakteristischen Zellwänden, die Chitin enthalten [20]. Von den über 100.000 bekannten Pilzarten führt jedoch nur ein kleiner Teil zu Infektionskrankheiten – den so genannten Mykosen. Die Mykosen lassen sich nach der Art des Erregers in Dermatophyten, Hefen und Schimmelpilze einteilen. Für die Zahnmedizin ist v. a. die Hefe *Candida (C.) albicans* relevant; sie kann bei immunsupprimierten Patienten und bei Prothesenträgern zur Krankheit Soor führen [21,22].

1.2.4 Prionen

Prion-Krankheiten sind zahlenmäßig von geringer Bedeutung [23], werden aber in den Richtlinien zur Infektionskontrolle in zahnärztlichen Behandlungseinrichtungen aus dem Jahre 2003 der Centers for Disease Control (CDC) aufgeführt. Der Begriff Prion wurde erstmals im Jahre 1982 von PRUSINER [24] eingeführt und ist eine Abkürzung für proteinaceous infectious particles. Es handelt sich dabei um eiweißartige infektiöse Partikel, die normalerweise in einer nicht-pathogenen Form vorliegen. Der wesentliche Unterschied zur pathogenen Form liegt in einer Konformationsänderung der Proteinstruktur. Beim Zusammentreffen von pathogener- und nicht-pathogener Form kommt es zu einer autokatalytischen Reaktion, in deren Verlauf alle nicht-pathogenen Moleküle die Konformation der pathogenen Prion-Moleküle annehmen [23,25]. Dabei ist besonders die variante Creutzfeld-Jakob Krankheit (CJK) in der

Medizin relevant, da iatrogene Übertragungen auf andere Patienten beschrieben worden sind [23].

1.2.5 Übertragungswege

Allgemein können Erreger auf unterschiedlichen Wegen übertragen werden und zwar durch direkten Kontakt oder durch indirekten Kontakt über ein Vehikel, aerogen über die Luft oder vektorieell über einen tierischen Erreger [26]. In der Zahnheilkunde kann noch unterschieden werden zwischen einer Übertragung von der Patientin bzw. dem Patienten auf die Behandlerin bzw. den Behandler und umgekehrt, sowie die Kreuzinfektion auf folgende Patienten [27].

Speziell bei dentalen Übertragungsinstrumenten gibt es drei Möglichkeiten der Übertragung von Mikroorganismen:

- Versprühen von im Kühlwasser vorhandenen Mikroorganismen,
- Sprayrückprall aus der Mundhöhle des Patienten,
- Verschleppung von Mikroorganismen von Patient zu Patient durch unzureichende Aufbereitung der Übertragungsinstrumente.

Um das Übertragungsrisiko, das von Übertragungsinstrumenten in der zahnärztlichen Praxis ausgeht, abschätzen zu können, verglichen VACHER et al 1996 das Aerosol zahnärztlicher Übertragungsinstrumente vor und nach einer Kontamination an 30 Patienten. Die Ergebnisse der Studie weisen darauf hin, dass in drei Fällen (10%) noch Mikroorganismen gefunden wurden und damit ein Infektionsrisiko bestand [28].

1.3 Gesetzliche Rahmenbedingung zum Schutz des Patienten vor nosokomialen Infektionen

Um die oben beschriebenen Übertragungswege und Infektionsketten zu unterbrechen, wurden von der Legislative der Bundesrepublik Deutschland zahlreiche Gesetze, Ordnungen, Richtlinien und Erlasse verfasst. So wird z. B. im Grundgesetz vom 23. Mai 1949 dem Bürger das Recht auf körperliche Unversehrtheit (GG Artikel 2 Absatz 2) zugesichert. Der 17. Abschnitt des Strafgesetzbuches legt das Strafmaß für Straftaten gegen die körperliche Unversehrtheit fest. Im Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB) ist die Schadensersatzpflicht bei schuldhafter Schädigung eines Patienten normiert. In den §§ 135-137 des V. Sozialgesetzbuches werden alle Leistungserbringer im Gesundheitswesen zur Einführung eines einrichtungsinternen Qualitätsmanagement-Systems aufgefordert. Das Gesetz bezieht sich dabei auch auf die Aufbereitung von Medizinprodukten, da ein nachvollziehbares Qualitätsmanagement nur mit validierten Verfahren realisierbar ist [29]. Regelungen, die Zahnärzte und Ärzte zur gewissenhaften

Berufsausübung und zur Information über die dafür geltenden Vorschriften verpflichtet, sind zu dem in den Kammer-Gesetzen der einzelnen Länder enthalten [14]. Nach einer Vorgabe des RKI ist eine Reinigung und Desinfektion der inneren und äußeren Oberflächen und damit der Wechsel der Übertragungsinstrumente nach jedem Einsatz am Patienten notwendig [14]. Die fachlichen Empfehlungen des RKI sind zwar im Gegensatz zu Gesetzen nicht rechtsverbindlich.

Äußerungen von Bundesoberbehörden gelten aber als so genannte antizipierte wissenschaftliche Sachverständigengutachten, die in der Regel den aktuellen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse wiedergeben. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, dass diese Empfehlungen in Verbindung mit Haftungsfragen und juristischen Auseinandersetzungen sehr wohl mittelbar auch rechtlich von Bedeutung sein können.

Der vom Deutschen Arbeitskreis für Hygiene in der Zahnarztpraxis (DAHZ) erarbeitete Hygieneleitfaden bietet eine übersichtliche Hilfestellung zur Gestaltung eines Desinfektionsplanes. Grundlage für die Reinigung und Desinfektion von Medizinprodukten sind in Deutschland

- das Medizinproduktegesetz (MPG) [30],
 - die Medizinprodukte-Betreiber-Verordnung (MPBetreibV) [31],
 - die Empfehlung des RKI "Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten" [32],
 - sowie die Normen DIN EN ISO 15883-1 [33] und DIN EN ISO 15883-2 [34]
 - und die daraus abgeleiteten Empfehlungen der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut „Infektionsprävention in der Zahnheilkunde – Anforderungen an die Hygiene“ [14]
- und der bereits erwähnte Hygieneleitfaden des DAHZ [35].

Zweck des Medizinproduktegesetzes ist es, den Verkehr mit Medizinprodukten zu regeln und dadurch für die Sicherheit, Eignung und Leistung der Medizinprodukte sowie die Gesundheit und den erforderlichen Schutz der Patienten, Anwender und Dritter zu sorgen (MPG § 1). Im Medizinproduktegesetz wird eine Vielzahl europäischer Normen und nationaler Regelungen (Gerätesicherheitsgesetz, Medizingeräteverordnung, Eichordnung usw.) zusammengefasst. Dadurch sollen Handelshindernisse innerhalb des europäischen Wirtschaftsraumes abgebaut und gleichzeitig sichergestellt werden, dass überall in der europäischen Union die gleichen Sicherheitsbestimmungen gültig sind. Dabei versteht man unter Medizinprodukten alle Gegenstände, die mittels ihrer Funktion zum Zwecke

- a) der Erkennung, Verhütung, Überwachung, Behandlung oder Linderung von Krankheiten,
b) der Erkennung, Verhütung, Überwachung, Behandlung, Linderung oder Kompensierung von Verletzungen oder Behinderungen,
c) der Untersuchung, der Ersetzung oder der Veränderung des anatomischen Aufbaus oder eines physiologischen Vorganges oder
d) der Empfängnisverhütung zu dienen bestimmt sind [30],
als Medizinprodukte, sofern sie nicht unter das Arzneimittelrecht fallen.

In der Medizinproduktebetriebsverordnung [31] wird das Errichten, Betreiben und Anwenden von Medizinprodukten geregelt. Sie ist das eigentlich bedeutende Regelwerk für Anwender und Betreiber.

1.4 Instrumenten-Aufbereitung

Die Instrumentenaufbereitung dient der Prophylaxe von Infektionen; sie umfasst die Vorgänge Reinigung, Desinfektion und ggf. Sterilisation (Abb. 2-1) [36-39]. In den „Anforderungen der Hygiene an die Aufbereitung von Medizinprodukten“ werden zusätzlich die sachgerechte Vorbereitung, das Spülen und Trocknen, die Prüfung auf Sauberkeit und Unversehrtheit, die Pflege und Instandsetzung sowie die Funktionsprüfung und, je nach Erfordernis, die Kennzeichnung und Verpackung zu den Bestandteilen der Aufbereitung gezählt [36].

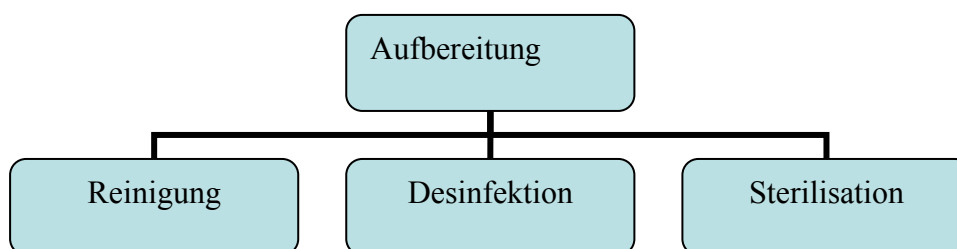


Abbildung 1-1: Schritte bei der Instrumentenaufbereitung

Aufbereitungsverfahren sollten in möglichst kurzer Zeit alle Krankheitserreger vollständig und dauerhaft inaktivieren, gleichzeitig aber eine geringe Toxizität und eine hohe Materialverträglichkeit aufweisen. Da diese Forderungen gegensätzliche Materialeigenschaften ver-

langen, ist bei der Auswahl des Aufbereitungsverfahrens ein Kompromiss zu schließen, der sich am Verwendungszweck orientiert.

1.4.1 Reinigung

Bei der Reinigung handelt es sich um einen Eckpfeiler der Infektionsprävention in der zahnärztlichen Praxis [40,41]; sie spielt bei der sicheren Aufbereitung von Medizinprodukten eine ganz entscheidende Rolle [42]. Man versteht dabei unter Reinigung die Entfernung unerwünschter Substanzen von Oberflächen [43]. Unter anderem kommt es bei einer gründlichen Reinigung auch zu einer Reduktion von Bakterien, Viren, Pilzen und Prionen. Es ist zudem bei der Aufbereitung von Medizinprodukten in besonderer Weise zu berücksichtigen, dass eine sichere Desinfektion und Sterilisation nur bei vorangegangener gründlicher Reinigung erreicht werden kann. Rückstände von z. B. Gewebe, Blut oder pharmakologischen Substanzen können nämlich sowohl die Effektivität der Desinfektion als auch der Sterilisation herabsetzen [42,44]. Die Reduktion von Mikroorganismen auf ein gewünschtes Maß geschieht umso schneller, je niedriger die Ausgangskoloniezahlen sind [37,45]. Ziel der Reinigung muss deshalb ein optisch sauberes Instrument sein, bei dem auch die Erregerzahlen reduziert sind [46]. Um geeignete Aufbereitungsverfahren und Reinigungsmittel auswählen zu können, müssen ausreichende Informationen über die Art der Rückstände, die wahrscheinlichen Mengen und den Antrocknungsgrad vorliegen [40,45].

Bei der Reinigung stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung:

- Abwaschen mit Wasser,
- mechanisch mit Bürste oder mit Ultraschall,
- chemisch mit Alkalien und Oxidantien oder durch sauer eingestellte Reiniger,
- enzymatisch.

Versuche von DIETZE et al haben gezeigt, dass bei der Reinigung der mechanischen Entfernung von optisch sichtbaren Verunreinigungen mit einer Bürste eine Schlüsselrolle bei der Aufbereitung von Endoskopen zukommt [47].

1.4.2 Desinfektion

Unter Desinfektion versteht man eine Maßnahme, bei der durch Abtötung bzw. Inaktivierung, eine Reduktion von Mikroorganismen erreicht wird – für Bakterien bei der Instrumentendesinfektion eine Reduktion um mindestens fünf Zehnerpotenzen [20,48]. Der Erfolg der Desinfektion wird dabei von vielen Faktoren beeinflusst:

- von der Art der Mikroorganismen,

- von der Anzahl der Mikroorganismen,
- von der Art des organischen Materials (Stuhl, Blut),
- und von der Art und Zustand des Desinfektionsguts [37].

Zur Instrumentendesinfektion stehen verschiedene Desinfektionsverfahren zur Verfügung – chemische, physikalische und chemisch-thermische Verfahren. Bei den chemischen Verfahren sollen mit chemischen Desinfektionswirkstoffen wie Alkohol, Peressigsäure, Glutaraldehyd etc. Mikroorganismen irreversibel geschädigt und/oder inaktiviert werden. Dies kann durch folgende Mechanismen geschehen: Zum einen kann durch Adsorption an die Zelloberfläche der Mikroorganismen eine Änderung der Ladung und dabei eine Unterbrechung des Zellstoffwechsels stattfinden. Zum anderen können sie durch Wasserentzug das Zellsystem verändern oder zu Interaktionen mit Enzymen in der Zelle oder zur Auflösung der Zytoplasmamembran führen [49].

1.4.3 Sterilisation

Unter Sterilisation versteht man einen Vorgang, bei dem ein Gegenstand oder Medizinprodukt von Mikroorganismen und Sporen frei gemacht wird. Nach DIN EN 556 darf dabei maximal an einem von einer Million sterilisierten Gegenständen nur noch ein vermehrungsfähiger Mikroorganismus vorhanden sein. Dies kann sowohl durch Abtötung als auch durch irreversible Inaktivierung erfolgen (DIN 58948).

Um dieses Ziel zu erreichen, stehen verschiedene Methoden zur Sterilisation zur Verfügung, wobei gemäß einer Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut und einer Empfehlung des Deutschen Arbeitskreises für Hygiene in der Zahnarztpraxis der Dampfsterilisation der Vorzug zu geben ist [14,35].

1.5 Schwierig aufzubereitende Medizinprodukte in der Zahnmedizin

Die Effektivität der oben aufgeführten Aufbereitungsverfahren ist jedoch nicht bei allen Medizinprodukten gleich groß. In der Medizin und auch in der Zahnmedizin kommt eine Reihe von Instrumenten zum Einsatz, die nur schwer oder zum Teil auch gar nicht aufbereitet werden können. Zu diesen so genannten „Probleminstrumenten“ gehören unter anderem zahnärztliche Übertragungsinstrumente [50]. Des Weiteren werden Endodontienadeln [51], zahnärztliche Bohrer [52] und Diamanten zu den Probleminstrumenten gerechnet [15,53].

Probleminstrumente in der Medizin zeichnen sich dadurch aus, dass sie entweder aus Materialien bestehen, die thermolabil sind und/oder enge Hohlräume, die schlecht zu reinigen sind, besitzen. Zu den thermolabilen Materialien zählen z. B. Polymere. Dabei versteht man unter

Polymeren Makromoleküle, die durch Polymerisation, Polykondensation oder durch Polyaddition aus kleineren, entsprechend reaktionsfähigen Einzelmolekülen (Monomer) entstehen [54]. Die Auswirkung von Sterilisationsverfahren auf Polymere wurde 1994 von MIGNOT und ARNAUD [55] untersucht. Sie kamen dabei zu dem Ergebnis, dass sich nur wenige Kunststoffe mit den verwendeten Verfahren sicher sterilisieren lassen. Als Schlussfolgerung dieser Studie wird gefordert, dass für jedes Material ein geeignetes Sterilisationsverfahren empfohlen werden soll [55]. Dazu kommt noch, dass viele Probleminstrumente Hohlräume und enge Lumina besitzen, die einer mechanischen Reinigung kaum zugänglich sind. Gemäß dem Gesetz von Bernoulli ist der Druck in der Engstelle einer Strömung vermindert [56], wodurch auch der Druck in den engen Luft- und Wasserkanälen reduziert ist. Dadurch kann die Spülwirkung bei der Reinigung reduziert sein. Dieses hydrodynamische Paradoxon lässt sich – solange die Reibungsarbeit vernachlässigt werden kann – leicht quantitativ beschreiben. In diesem Fall wird die Volumenarbeit nur zur Erzeugung kinetischer Energie verwendet, und die Summe beider Energien ist konstant [56].

1.5.1 Winkelstücke und Turbinen

Nach der Einführung der Turbine im Jahre 1962 wurde ab 1966 der Mikromotor eingeführt. Es handelt sich dabei um einen kleinen Motor an einem Schlauch, auf den Hand- oder Winkelstücke aufgesteckt werden können [57]. Bei Winkelstücken und Turbinen handelt es sich um Übertragungsinstrumente; sie übertragen die Rotationsbewegung von der zahnärztlichen Behandlungseinrichtung auf den eingespannten Bohrer oder Schleifkörper. Je nachdem, ob die rotatorische Bewegung der zahnärztlichen Behandlungseinheit durch die innere Mechanik des Winkelstückes verringert oder erhöht wird, unterscheidet man Reduzierstücke und Schnellläufer. Je nach Drehzahlbereich sind die Übertragungsinstrumente farbcodiert:

Grün - unterer Drehzahlbereich mit Übersetzung 30:1 bis 2:1,

Blau - Mittlerer Drehzahlenbereich mit Übersetzung 1:1,

Rot/Orange – oberer Drehzahlenbereich mit Übersetzungen 1:3 bis 1:5,75 [58].

Bei Schnellläufern kann eine Umdrehungszahl von ca. 120.000 Umdrehungen pro Minute; bei Turbinen sogar eine Umdrehungszahl von 300.000-400.000 Umdrehungen pro Minute erreicht werden [59]. Damit bei diesen hohen Umdrehungszahlen und der durch Reibung erzeugten Wärme keine irreversiblen Schädigungen der Pulpa entstehen [60], besitzen Übertragungsinstrumente zur Kühlung je einen Luft- und Wasserkanal. Da diese Luft- und Wasserkanäle ein sehr enges Lumen – weniger als 0,7 mm Durchmesser bei einer Länge von mehr als 70 mm [61] – besitzen, stellen sie bei der Aufbereitung ein großes Problem dar (Abb. 2-2).

Eine mechanische Reinigung mit einem Bürstchen ist nicht möglich. Dazu müsste das Winkelstück zerlegt werden, was sehr zeitaufwendig ist und sich auch nicht bei allen Winkelstücken realisieren lässt. Ein weiterer Grund, der die Aufbereitung erschwert, liegt vor allem in der Oberflächenbeschaffenheit. PELZNER et al untersuchten 1977 an sechs verschiedenen Übertragungsinstrumenten den Einfluss der Oberflächengestaltung auf die Desinfizierbarkeit und kamen zu dem Ergebnis, dass große und glatte Oberflächen besser aufzubereiten sind als grazile und rauhe Oberflächen [62]. Hinzu kommt, dass manche Winkelstücke Materialkomponenten enthalten, die gegenüber Hitze oder chemischen Substanzen empfindlich reagieren. So lassen z. B. Gummidichtungen an Hand- und Winkelstücken keine Heißluftsterilisation zu. Instrumente mit Gummidichtungen können deshalb nur mit feuchter Hitze sterilisiert werden [63]. Vor allem bei älteren Übertragungsinstrumenten mit Lichtleitern, deren Faseroptiken aus etwa 3.000 einzelnen Glasfasern bestehen, besteht die Gefahr, dass die Lichtleiterleistung bei häufigem Sterilisieren nachlässt. Übertragungsinstrumente der neueren Generation besitzen Lichtleiter aus einem einzigen, viel robusteren Glasstab mit längerer Lebensdauer [63].

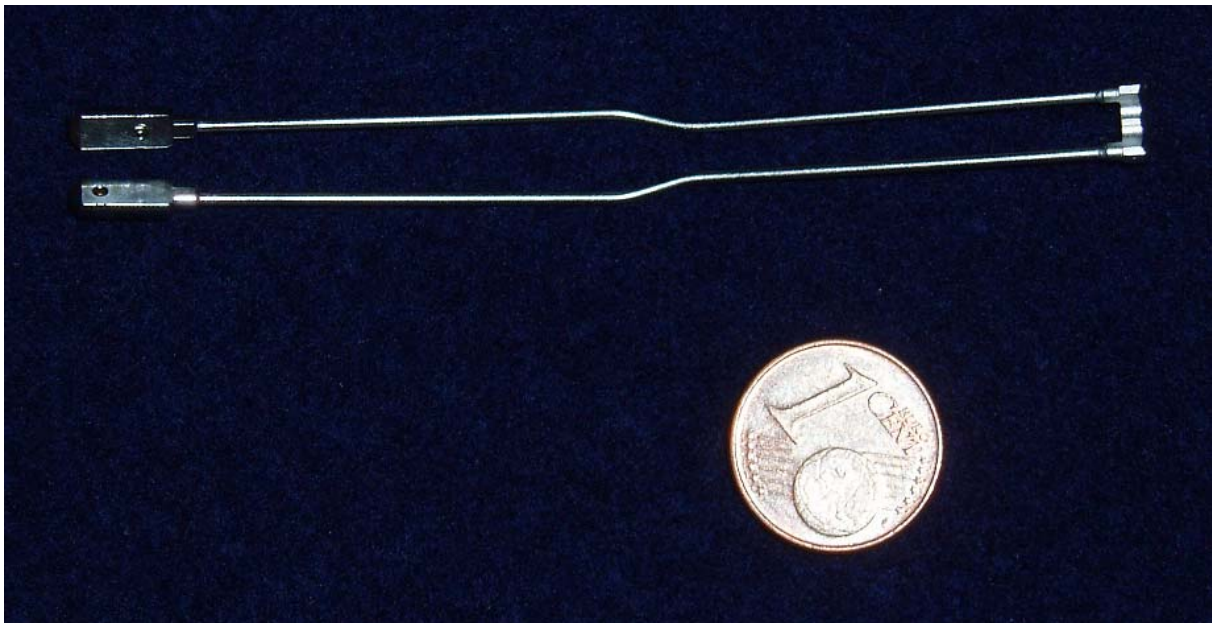


Abbildung 1-2: 70 mm langer Luft- und Wasserkanal eines zahnärztlichen Winkelstückes im Vergleich zu einer 1-Cent-Münze

1.6 Studien zum Hygieneverhalten von Zahnärzten

Untersuchungen zum Hygieneverhalten von Zahnärzten haben gezeigt, dass eine Diskrepanz zwischen Hygiene-Vorschriften bzw. -Richtlinien und Hygieneverhalten in der Zahnarztpra-

xis existiert. SCHRADER untersuchte z. B. anhand eines Fragebogens den Stand der Hygienemaßnahmen in Berliner Zahnarztpraxen. Er stellte dabei unter anderem fest, dass nur 26 % der befragten Zahnärzte ihre Übertragungsinstrumente entsprechend den Richtlinien des Robert Koch-Institutes aufbereiten [64]. Veröffentlichungen aus anderen Nationen wie z. B. Österreich [65], Neuseeland [66], Kanada [67] oder der südafrikanischen Stadt Durban [68] zeigen ein ähnliches Hygieneverhalten von Zahnärzten. Ein Hauptgrund dafür ist sicherlich, dass der Infektionsschutz einen hohen finanziellen, zeitlichen und personellen Aufwand verlangt, der noch keine Berücksichtigung im zahnärztlichen Vergütungssystem gefunden hat [69-71]. Neben dem finanziellen Aspekt wird von einigen Behandlern auch sicherlich das Übertragungsrisiko von Infektionskrankheiten durch dentale Übertragungsinstrumente unterschätzt.

1.7 Wahrscheinlichkeit einer Übertragung von Mikroorganismen durch dentale Übertragungsinstrumente

Besteht die Gefahr der Übertragung von Mikroorganismen durch dentale Übertragungsinstrumente wirklich?

1.7.1 Argumente gegen eine Übertragung von Mikroorganismen durch zahnärztliche Übertragungsinstrumente

Argumente gegen die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Übertragung von Mikroorganismen durch zahnärztliche Übertragungsinstrumente auf Patienten basierten vor allem auf dem Fehlen von gesicherten, dokumentierten Fällen oder einer epidemiologischen Bestätigung [18]. Es gibt keinen Fall, bei dem eine Patient zu Patient Übertragung von hämatogen übertragbaren Mikroorganismen durch kontaminierte Instrumente bestätigt wurde [72]. Ein Grund dafür mag die Dauer der Inkubationszeit sein, die bei Krankheiten wie AIDS zwischen 6 Monaten und 10 Jahren betragen kann. Bei der Hepatitis C dauert die Inkubationszeit 6-12 Wochen [20]. Es gab bisher nur einen einzigen dokumentierten Fall, bei dem ein Zusammenhang zwischen einer HIV Infektion und Zahnarztbesuchen hergestellt werden konnte. Es handelt sich dabei um den an AIDS erkrankten Zahnarzt Dr. Acer, in dessen Praxis fünf Patienten – später wurde sogar ein sechster Fall bekannt - mit dem HI-Virus infiziert wurden [73]. Mit Hilfe von drei verschiedenen genetischen Analysen wurde die Struktur der HI-Viren untersucht. Trotz hohem finanziellen Aufwand war es nicht möglich, den Übertragungsweg festzustellen [73]. Auch die Frage, ob das HI-Virus von dem Zahnarzt auf die Patienten oder von Patient zu Patient übertragen wurde, ließ sich nicht klären [72]. Hinzu kommt, dass es sich aus ethischen Gründen verbietet, Versuche zu planen, um diese Frage zu klären [74].

HARDIE führt als Argument gegen eine mögliche Übertragung von HIV durch zahnärztliche Übertragungsinstrumente die Tatsache auf, dass seit dem HIV in Nordamerika gegenwärtig ist, Frauen und Männer etwa im gleichen Umfang zahnärztliche Behandlung erhalten, während das Verhältnis von an AIDS erkrankten Männern und Frauen nicht gleich ist: In Kanada waren am 1. Januar 1992 bereits 5294 an AIDS erkrankte Männer und nur 289 an AIDS erkrankte Frauen bekannt; das entspricht einem Verhältnis von etwa 1:20 [10]. Allerdings gleicht sich das Verhältnis zwischen an AIDS erkrankten Männern und Frauen immer mehr an [4]. Anders sieht es dagegen bei dem Probleminstrument Endoskop aus. Hier gibt es zahlreiche veröffentlichte und nicht veröffentlichte Berichte, die eine Infektion mit einer Endoskopie in Verbindung bringen [75-89].

1.7.2 Argumente für eine Übertragung von Mikroorganismen durch dentale Übertragungsinstrumente

Nach dem Einsatz am Patienten können sich pathogene bzw. fakultativ pathogene Erreger auf der Außenfläche und im Inneren von Übertragungsinstrumenten befinden. Dabei besteht die Gefahr – bei insuffizienter Aufbereitung – Mikroorganismen auf nachfolgende Patienten zu übertragen [35,90]. ABEL et al gehörten mit zu den ersten, die Bakterien der Mundhöhle im Kühlwasser von zahnärztlichen Winkelstücken nach einer Zahnbehandlung feststellten: *Streptococcus (S.) mitis* konnte in 26% der Fälle, *S. salivarius* und Enterokokken in 40% der Fälle nachgewiesen werden [91]. VACHER et al veröffentlichten 1996 eine Studie, mit der nachgewiesen werden konnte, dass nach der Patientenbehandlung Übertragungsinstrumente so kontaminiert sein können, dass zu 10 % ein Infektionsrisiko besteht. Nach RABENAU et al muss im zahnärztlichen Bereich grundsätzlich eine konstruktionsbedingte Übertragung von Mikroorganismen bei rotierenden Dentalinstrumenten in Erwägung gezogen werden [92]. Zur Erklärung der Kontamination der Innenlumina der Hand- und Winkelstücken dient der sog. Rücksaugeffekt.

Bei modernen zahnärztlichen Behandlungseinrichtungen wird das zur Kühlung benötigte Wasser durch Anschluss an das Leitungswassernetz geliefert. Um eine Temperatur des Spraywassers von 35 °C am Zahn zu erreichen, werden sowohl Wasser als auch Luft in der Behandlungseinheit vorgewärmt. Dies geschieht in einem heizbaren Tank, in dem das Wasser gespeichert wird und von dort aus auf die Verbrauchstellen wie z. B. Übertragungsinstrumente verteilt wird. Um zu verhindern, dass nach Behandlungspausen abgekühltes, schmerzauslösendes Kühlwasser aus dem Wasserkanal gesprüht wird - und um das lästige Nachtropfen nach Abschalten des Übertragungsinstrumentes zu verhindern - wurde eine hydraulische Wei-

che entwickelt. Diese hydraulische Weiche funktioniert im Prinzip folgendermaßen: Im Inneren der hydraulischen Weiche trennt eine Membran die Luft- und Wasserleitung. Durch den Unterschied der Arbeitsdrücke im Luft- und Wasserkanal wird die Membran in Richtung Wasserkammer gegen eine Feder gepresst. Bei Unterbrechungen des Arbeitsvorganges werden durch die mit dem Fußschalter gekoppelten Magnetventile zuerst die Wasser- und dann die Luftzufuhr beendet. Dadurch fällt der Druck in beiden Kammern gegen Null und die zuvor durch den höheren Luftdruck gespannte Feder kann die Membran von der Wasserkammer in Richtung Luftkammer bewegen, wodurch das Volumen der Wasserkammer vergrößert wird. Bei diesem Vorgang kommt es zu einem Zurücksaugen der sich im Schlauch und Handstück befindlichen Wassersäule bis zu einer Wassermenge von ca. 1,5 ml [93]. WAGNER beschreibt sogar eine Zurückbewegung der Wassersäule von 36 cm bis in das Schlauchleitungssystem [70].

Zum Nachweis des Rücksaugeffektes werden in der Literatur verschiedene Methoden beschrieben: Von GRÄF und VOLLMUTH wurde 1977 ein Modellversuche mit *Escherichia (E.) coli* durchgeführt. Dazu wurde bei laufender Turbine der eingespannte Bohrer in ein Becherglas getaucht. Im Becherglas befand sich eine wässrige *E. coli*-Suspension, mit der die Verhältnisse beim Präparieren im Speichelmilieu der Mundhöhle nachgeahmt werden sollten. Nach dem Eintauchen wurde die Außenfläche der Übertragungsinstrumente abgewischt und das Spraywasser in Fraktionen zu je 1 ml durch zehnmalige Inbetriebnahme der Turbine aufgefangen. Die aufgefangene Menge wurde verdünnt und auf Endoagarplatten aufgebracht. Nach einer Bebrütung von 24 h konnten Mikroorganismen im Spraywasser nachgewiesen werden [93]. Um praxisnahe Bedingungen zu erreichen, wiederholten GRÄF und VOLLMUTH diesen Versuch in der menschlichen Mundhöhle. Dazu wurde bei Probanden unter Anwendung der Absaugtechnik eine Kavitätenpräparation im rechten unteren bukkalen Prämolarenbereich stimuliert. Der Proband musste vorher seine Mundhöhle ausgiebig mit einer wässrigen *E. coli*-Suspension, die etwa 6×10^7 KBE/ml enthielt, spülen. Auch bei diesem Versuch konnte anschließend *E. coli* im Spraywasser nachgewiesen werden [93].

Eine andere Methode zum Nachweis des Rücksaugeffektes wurde von mehreren verschiedenen Autoren beschrieben [94-97]. Dazu wurde der eingespannte Schleifkörper eines zahnärztlichen Übertragungsinstrumentes in ein Becherglas mit eingefärbtem Wasser eingetaucht. Bei den Farben handelte es sich um Lebensmittelfarbe [94] oder Tinte [96]. Der Rotationsvorgang wurde mehrmals unterbrochen und anschließend die Außenflächen der Übertragungsinstrumente mit einem Tuch abgewischt. Durch Inbetriebnahme des Übertragungsinstrumentes wurde das durch den Rücksaugeffekt in die Luft- und Wasserkanäle zurückgesogene Wasser

auf ein Zellstofftuch aufgebracht. Damit konnte bereits visuell eine Verschmutzung der Luft- und Wasserkanäle durch den verwendeten Farbstoff nachgewiesen werden. In Abbildung 2-3 ist das Ergebnis eines Versuches dargestellt, der im Rahmen dieser Arbeit mit einer KaVo Esthetica 1042 Einheit durchgeführt wurde.



Abbildung 1-3: Rücksaugeffekt bei Behandlungsstuhl KaVo Esthetica 1042

SHPUNTOFF und SHPUNTOFF zeigten 1993 anhand der Bewegung einer Kerzenflamme auf, dass es bei der Turbine Areale gibt, in denen auch während des Arbeitsvorganges Unterdruck besteht. Dieses Areal befindet sich unterhalb des eingespannten Schleifkörpers [98]. In Abbildung 2-4 kann man erkennen, wie die Kerzenflamme in diesen Bereich gesaugt wird.



Abbildung 1-4: Bewegung einer Kerzenflamme durch Unterdruck zur Unterseite des eingespannten Schleifkörpers

1992 veröffentlichten LEWIS et al einen klinischen Versuch, bei dem Winkelstücke an drei Patienten eingesetzt und anschließend auf das Vorhandensein menschlicher DNA und HIV proviraler DNA untersucht wurden. Bei den Patienten handelte es sich um eine HIV-negativ getestete Person, eine HIV-positive aber symptomfreie Person und eine HIV-positive Person mit Krankheitssymptomen. Bei dem Versuch wurden anstelle von Schleifkörpern glatte Metallstifte in das Winkelstück eingespannt und für 1 Minute im Patientenmund über blutige Zahnflächen bewegt. Anschließend wurden die Außenflächen der Übertragungsinstrumente gereinigt und desinfiziert und das innere der Winkelstücke untersucht. In dem an der HIV-positiven Versuchsperson mit Symptomen eingesetzten Winkelstück konnte HIV provirale DNA nachgewiesen werden, während bei den an den beiden anderen Patienten eingesetzten Winkelstücken nur menschliche DNA nachgewiesen werden konnte [90].

CHECCHI et al untersuchten 1998 die Parameter, die einen Einfluss auf den Eintritt von Flüssigkeiten während der Stopp-Bewegungen der Rotation von zahnärztlichen Winkelstücken ausüben. Die wichtigste Rolle spielte dabei die Bohrerform. Weitere Variablen waren die Art des verwendeten Handstücks sowie die verwendete zahnärztliche Behandlungseinheit. Die Anzahl der Stopp-Vorgänge hatte jedoch keine signifikante Auswirkung auf die Kontamination der Luft- und Wasserkanäle [99]. Dieses Ergebnis wird von Studien, die HU et al 2001 veröffentlichten, bestätigt. Sie untersuchten die beeinflussenden Faktoren für die Kontamination der Luft- und Wasserkanäle und kamen dabei zu dem Ergebnis, dass vor allem die Bakterienkonzentration in der Mundhöhle, weniger die Start- und Stoppbewegungen, für den Grad der Kontamination der Luft- und Wasserkanäle verantwortlich ist [100].

Hinzu kommt, dass Übertragungsinstrumente nicht nur durch den Rücksaugeffekt kontaminiert werden, sondern auch durch die Wasserzufuhr aus der zahnärztlichen Behandlungseinrichtung [101]. Es sind zwei Fälle bekannt, bei denen immunsupprimierte Patienten mit *Pseudomonas (P.) aeruginosa* aus Wasserleitungen zahnärztlicher Behandlungseinheiten infiziert wurden [102]. Zu den in zahnärztlichen Behandlungseinheiten nachweisbaren Mikroorganismen gehören u. a. Pseudomonaden, Legionellen, *Klebsiella spp*, Aktinomyzeten ssp, Staphylokokken und Streptokokken [103]; hinzu kommen noch verschiedene Amöben-Stämme [104]. Von den frei lebenden Amöben sind besonders die Acanthamoeben und auch Naeglerien von Bedeutung, da sie Legionellen als Wirtszellen eine intrazelluläre Vermehrung ermöglichen [105]. Die nachweisbaren Konzentrationen an Mikroorganismen zeigen bei Behandlungseinheiten ohne zentrale Desinfektion nach dem Wochenende die höchsten Werte; diese liegen im Mittel bei 10^4 KBE/ml [106]. WALKER et al konnten in Proben, die in 55 Zahnarztpraxen im Südwesten von England im Jahr 2000 genommen wurden, sogar eine Bakterienkonzentration von bis zu 10^5 KBE/ml feststellen [107]. Von ABEL werden sogar Konzentrationen bis 10^6 KBE/ml beschrieben [91]. Durch ein Spülen der Kanäle für zwei Minuten können diese Konzentrationen zwar auf zwei Drittel reduziert aber nicht vollständig eliminiert werden [103].

1.8 Geräte zur Aufbereitung zahnärztlicher Winkelstücke

Zur maschinellen Reinigung, Desinfektion und Pflege von zahnärztlichen Winkelstücken gibt es – neben dem in dieser Arbeit untersuchten Turbocid – noch andere Geräte. Zu den bekanntesten gehören der KaVo-Sprayrotor, die Assistina, das KaVo-Lifetime und das Sirona-Hygienecenter. Auf diese soll im Folgenden kurz eingegangen werden:

Der **KaVo-Sprayrotor** (KaVo, Biberach) dient nur zur Pflege von Hand- und Winkelstücken. Zum Betrieb wird ein Stromanschluss mit einer Spannung von 220 V benötigt; ein Druckluftanschluss ist nicht notwendig. Ein eingebauter Mikromotor sorgt bei gedrückter Sprühtaste für eine Rotation der Mechanik in den jeweiligen Hand- und Winkelstücken. Die Dauer des Pflegevorgangs beträgt insgesamt nur einige Sekunden [63].

Bei der **Assistina** (W & H Dentalwerke, Bürmoos) handelt es sich ebenfalls um ein Gerät zur Pflege und Reinigung von dentalen Übertragungsinstrumenten. Das Gerät benötigt zwar keinen Stromanschluss, braucht aber – da es mit Druckluft arbeitet – einen Druckluftanschluss. In einem 30 Sekunden dauernden Pflegeprogramm wird zunächst das Übertragungsinstrument innen mit W & H Serviceöl gepflegt und durchgeblasen. Im Anschluss wird die Oberfläche

der Übertragungsinstrumente mit W & H Reinigungslösung desinfizierend besprüht. Die verbrauchte Lösung wird in einer Entsorgelade gesammelt [63].

Von der Firma KaVo (KaVo, Biberach) wird mit dem Instrumentenpflegeplatz **Lifetime** ein Gerät für die nasschemische Reinigung und hydrothermische Desinfektion von Hand- und Winkelstücken sowie Turbinen angeboten. Es ermöglicht eine vollautomatische Außen- und Innenreinigung, Desinfektion der Außen- und Innenflächen, Schmierung, Nachreinigung, weitgehende Trocknung und Abkühlung von jeweils bis zu sechs Hand- und Winkelstücken und/oder Turbinen. Technische Voraussetzungen für den Betrieb sind Druckluft-, Wasser-, und Stromanschluss sowie ein Wasserabfluss. Zusätzlich werden noch Reinigungsmittel, Pflegeöl und Enthärter Salz benötigt. Der Benutzer kann zwischen vier verschiedenen Programmen wählen. Die gesamte Zykluszeit beträgt für das Normalprogramm zum sofortigen Wiedereinsatz etwa 28 Minuten [108,109].

Beim **Sirona-HygieneCenter** (Siemens AG, Bensheim) handelt es sich um einen Vakuum-Sterilisator mit integrierter Reinigungs-, thermischer Desinfektions- und Pflegefunktion zur Aufbereitung von zahnärztlichen Übertragungsinstrumenten. Es können vier verschiedene Programme ausgewählt werden; die jeweilige Programmwahl hängt davon ab, ob die Instrumente für den invasiven oder nichtinvasiven Einsatz vorgesehen sind. In einem etwa 20minütigen Zyklus können dabei bis zu vier Übertragungsinstrumente gleichzeitig aufbereitet werden [109-111].

Der **Miele Reinigungs- und Desinfektionsautomat G 7881 Dental** (Miele & Cie GmbH & Co., Gütersloh) bietet verschiedene Aufbereitungsprogramme, wovon das „Vario TD“-Programm auf Reinigung und hydrothermische Desinfektion ausgerichtet ist und zur allgemeinen Infektionsprophylaxe im täglichen Praxisbetrieb entwickelt wurde. Das Programm „Vario TD“ dauert insgesamt etwa 54 Minuten [96,112].

1.9 Möglichkeiten und Richtlinien für die Kontrolle von Aufbereitungsverfahren

In der Medizinprodukte-Betreiberverordnung (MPBetreibV) ist im § 4 Instandhaltung festgelegt, dass Reinigung, Desinfektion und Sterilisation von Medizinprodukten mit validierten Verfahren durchzuführen sind. Für die Validierung und Routineüberwachung maschineller Reinigungs- und Desinfektionsprozesse für thermostabile Medizinprodukte und zu Grundsätzen der Geräteauswahl geht eine gemeinsame Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH), der Deutschen Gesellschaft für Sterilgutversorgung (DGSV) und des Arbeitskreises Instrumentenaufbereitung (AKI) näher ein [29].

Zur Beurteilung der Reinigungsleistung stehen verschiedene Methoden zur Verfügung:

- visuelle Kontrolle,
- Bestimmung des Restproteingehaltes (OPA-Methode, Radionuklidmethode, Biuretmethode, Absorptionsspektroskopische Methode)
- mikrobiologische Bestimmung der Restkontamination.

KÖHNLEIN und WERNER konnten 2004 nachweisen, dass die visuelle Kontrolle alleine nicht ausreicht, da es möglich ist, an optisch sauberen Endoskopen noch Restproteine zu bestimmen [113]. In Deutschland erfolgte die Überprüfung von Reinigungs- und Desinfektionsgeräten beinahe ausschließlich nach den Prüfvorschriften des Robert Koch- Institutes. Bei diesen mikrobiologischen Verfahren wird gewöhnlich die Reinigungs- und Desinfektionsphase gemeinsam überprüft. Da diese Richtlinien allerdings aus seuchengesetzlichen Überlegungen heraus entwickelt wurden, steht die Reduktion von Mikroorganismen im Vordergrund – nicht jedoch die Entfernung von Verunreinigungen [31,40,114]. Während für die Aufbereitungsschritte Desinfektion und Sterilisation schon akzeptierte Kontrollmethoden zur Verfügung stehen, existiert für den Reinigungsvorgang noch keine in der Bundesrepublik Deutschland anerkannte Prüfmethode [114]. Wie weit die Reinigung im einzelnen gehen soll und welches Ergebnis erreicht werden muss, wird jedoch noch diskutiert [40]. Wie im Kapitel „Reinigung“ beschrieben, kann der Reinigungsvorgang manuell, teilmaschinell oder vollmaschinell erfolgen. Im Rahmen der Qualitätssicherung ist jedoch eine objektive Validierung nur bei der vollmaschinellen Reinigung möglich. [114]. Die Validierung des Reinigungsvorganges dient dabei der Überprüfung der für das Reinigungsergebnis relevanten Parameter wie Einwirkzeit, Volumenverbrauch, Druck etc. Zur Kontrolle dieser Parameter sind für validierbare Prozesse an den Geräten Messeinrichtungen erforderlich, die eine sichere Dokumentation des Betriebsablaufes dokumentieren. Zur Überprüfung der Reinigungsleistung wurde im klinischen Alltagsbetrieb fast ausschließlich nur die visuelle Sichtkontrolle durchgeführt. Aufgrund zahlreicher subjektiver Faktoren wie z. B. der Sehschärfe oder der Arbeitseinstellung des Prüfers fordern HORNUNG und JUNGHANNß deshalb eine analytische Methode, die eine „Messung des Reinheitsgrades“ unabhängig von der prüfenden Person erlaubt [114].

Zur Überprüfung der Desinfektion werden entweder mikrobiologische oder thermoelektrische Prüfmethode angewendet. Verfahren zum Nachweis der mikrobioziden Wirkung gegenüber Bakterien und Pilzen sind in den Richtlinien für die Prüfung und Bewertung chemischer Desinfektionsmittel der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) enthalten. Gemäß der Definition der DGHM gilt ein Präparat bei der chemischen Instrumentendesinfektion als wirksam, wenn es beim DGHM-Test unter praxisnahen Bedingungen innerhalb

der vorgesehenen Zeit eine Reduktion um fünf Zehnerpotenzen sowie im Keimträgerversuch eine Abtötung der Mykobakterien erreicht werden [115]. Reinigungs- und Desinfektionsgeräte werden seit 1980 vom Robert Koch-Institut einer Prüfung unterzogen und bei Bestehen des Verfahrens in die Liste des RKI mit Typbezeichnung und Einsatzbereich aufgenommen. Bei dieser Prüfung wird allerdings nur das sog. RKI-Programm, das aus seuchenprophylaktischen Gründen erstellt wurde, durchgeführt. Bei dieser Prüfung werden spezielle offene Bioindikatoren verwendet. Es handelt sich dabei um Schrauben und Schlauchabschnitte, die mit Grießbrei oder defibriniertem Hammelblut und *Enterococcus faecium* kontaminiert werden.

1.10 Literaturübersicht – Studien zur Wirksamkeit von Geräten zur maschinellen Aufbereitung von zahnärztlichen Übertragungsinstrumenten

In der Literatur existieren verschiedene Veröffentlichungen, die mit unterschiedlichen Methoden die Reinigungs- und Desinfektionsleistung überprüfen.

1991 untersuchten GUGGENHEIM et al die Reinigungs-, Desinfektions-, und Schmierleistung des Turbocids. Sie kontaminierten dazu in einem Modellversuch fünf verschiedene Übertragungsinstrumente. Dazu wurden die Mikroorganismen (*Staphylococcus (S.) aureus* ATCC 6538, *P. aeruginosa* ATCC 15442, *C. albicans* ATCC 25618) in einer Konzentration von etwa 10^8 KBE/ml mit einem Zusatz von 5% Pferdeserum verwendet. Nach einer Trocknungsphase von 30–40 Minuten wurden die Übertragungsinstrumente im Turbocid aufbereitet. Dabei wurde als Ergebnis mindestens eine Reduktion um fünf Zehnerpotenzen für alle drei Testorganismen erreicht. Es zeigte sich aber auch, dass das Gerät nicht imstande war, Instrumente zu reinigen, die mittlere oder sehr starke innere Verschmutzungen aufwiesen [116].

Im Jahr 1993 erstellte BÖßMANN ein Gutachten zur Bestimmung der Desinfektionsleistung des Turbocids. Dabei wurden die Wasserkanäle von jeweils 8 Instrumenten mit Kontaminationslösungen verunreinigt. Um eine Eiweißbelastung zu simulieren, wurden zu 95 ml einer eingestellten Bakteriensuspension 5 ml Pferdeserum gegeben. Als Testmikroorganismen wurden verwendet:

S. aureus ATCC 6538

P. aeruginosa ATCC 15442

C. albicans ATCC 25618

Tabelle 1-1: Ergebnisse bei der Aufbereitung des Wasserkanals mit dem Turbocid (aus BÖBMANN 1993)

| Testmikro-organismus | Anzahl der Instrumente | Reduktionsfaktor (RF) | RF _{min} | RF _{max} |
|-------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 8 | 5,19 | 4,70 | 5,64 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 8 | 5,36 | 5,00 | 6,00 |
| <i>Candida albicans</i> | 8 | 5,06 | 4,51 | 5,51 |

In Tabelle 2-1 sind die durchschnittlichen Reduktionsfaktoren für acht überprüfte Wasserkanäle für verschiedene Testmikroorganismen angegeben. Es ist zu erkennen, dass bei einer Kontamination mit *P. aeruginosa* der höchste durchschnittliche Reduktionsfaktor erzielt wurde; er betrug 5,36. Beim Testorganismus *S. aureus* wurde bei acht Wasserkanälen im Durchschnitt ein Reduktionsfaktor von 5,19 erreicht, allerdings wurde bei einem Versuch nur ein Reduktionsfaktor von 4,70 erreicht.

Im Jahr 1995 verglichen ANDERSEN et al drei verschiedene Geräte zur Aufbereitung von zahnärztlichen Winkelstücken: den KaVo Sprayrotor 2115 (KaVo Danmark A/S, Dänemark), die Assistina 301 (W&H Nordic AB, Schweden), und das Turbocid (Micro-Mega, Frankreich). Es wurden dazu die Reinigungs- und Desinfektionsleistung von vier verschiedenen, künstlich kontaminierten Übertragungsinstrumenten bestimmt. Bei den Übertragungsinstrumenten handelte es sich um: KaVo 10 C, KaVo 20 C, KaVo Super Torque 630 B und KaVo Contact Air. Diese wurden mit einer Bakteriensuspension, die 10^{10} KBE/ml *S. salivarius* ATCC 13419 in einer Hirn-Herz-Suspension enthielt, kontaminiert. Nach der Aufbereitung in den verschiedenen Geräten wurde die Restkontamination mikrobiologisch bestimmt. Es wurde dabei festgestellt, dass der KaVo-Sprayrotor die Kontamination kaum verringern konnte, während die anderen beiden Geräte in der Lage waren, die Kontamination zumindest um 3,9 Zehnerpotenzen zu reduzieren. Allerdings war keines der Geräte in der Lage, die Ausgangskontamination vollständig zu entfernen. Bemerkenswert bei dieser Studie sind die Unterschiede des Aufbereitungsergebnisses bei den unterschiedlichen Winkelstücken. So wurde mit

dem Turbocid bei dem Winkelstück KaVo 10 C eine Bakterienreduktion um 7,0 Zehnerpotenzen erreicht, während beim Winkelstück KaVo 20 C gerade einmal 3,9 Zehnerpotenzen reduziert wurden [117].

1995 untersuchten GRÄF et al anhand von insgesamt 274 dentalen Übertragungsinstrumenten (Winkelstücke, Turbinen) die Eignung eines Dampfdesinfektionsverfahrens zur Aufbereitung von gebrauchtem Instrumentarium. Hierzu wurden sowohl Übertragungsinstrumente aus der Behandlungspraxis als auch nach künstlicher Kontamination mit fünf verschiedenen Prüforganismen (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecium*, *Candida albicans*) und bei unterschiedlicher Serumbelastung (1, 10, 20 Prozent) im strömenden Wasserdampf behandelt. In sämtlichen Fällen wurde dabei trotz der engen Lumina eine Reduktion der Mikroorganismen von deutlich über fünf \log_{10} -Stufen erreicht [118].

Im Jahr 1997 veröffentlichten RABENAU et al eine Studie über das Sirona Hygiene Center. Bei dieser Studie wurde der Frage nachgegangen, ob für Hand- und Winkelstücke grundsätzlich eine Sterilisation erforderlich ist, um eine Übertragung von Viren zu vermeiden, oder ob eine thermische Desinfektion ausreicht. Zu diesem Zweck wurden dazu Übertragungsinstrumente im Modellversuch experimentell mit Herpes simplex Virus Typ 1 (HSV) und dem Simian Vacuoling Virus (SV 40) kontaminiert. Nach einer Aufbereitung im Sirona-Hygienecenter erfolgte eine Messung der Infektiosität mit Hilfe von Zellkulturen, sowie bei HSV eine Bestimmung der viralen Nukleinsäure mittels Polymerase Kettenreaktion (PCR). Sowohl nach alleiniger thermischer Desinfektion ohne Reinigung als auch nach Kombination von Reinigung und nachfolgender thermischer Desinfektion konnte - auch nach Proteinbelastung - mittels Zellkulturen kein infektiöses Virus im inneren der überprüften Übertragungsinstrumenten mehr nachgewiesen werden. Infektiöses HSV und SV 40 konnten ausschließlich nach Ablauf des isolierten Reinigungsprogrammes nachgewiesen werden. Mit Hilfe von PCR Analysen konnte nachgewiesen werden, dass es bei der praxisrelevanten Kombination aus Reinigung und Desinfektion nicht immer zu einer vollständigen Ausschwemmung, sondern lediglich zu einer Inaktivierung kommt. RABENAU et al wiesen damit nach, dass eine thermische Desinfektion von zahnärztlichen Übertragungsinstrumenten ausreichend sein kann, um eine virale Kontamination zu vermeiden [92].

1999 veröffentlichte BORNEFF-LIPP ein Gutachten zur maschinellen Desinfektion von zahnärztlichen Winkelstücken und Turbinen im Miele Reinigungs- und Desinfektionsautomaten G 7781 Dental. Es wurden dabei drei verschiedene Winkelstücke und eine Turbine mit zwei verschiedenen, in Tween 80 suspendierten Prüfororganismen kontaminiert: mit *E. faecium* (ATCC 6057) in einer durchschnittlichen Ausgangskoloniezahl von $3,1 \times 10^9$ KBE/Prüfkörper

und *B. subtilis-Sporen* (ATCC 6633) in einer durchschnittlichen Ausgangskoloniezahl von $4,5 \times 10^7$ KBE/Prüfkörper. Nach einer einstündigen Antrockenzeit erfolgte eine Aufbereitung im Vario TD-Programm; als Reinigungsmittel diente das Präparat neodisher[®] medizym (Dr. Weigert, Hamburg) in 0,5 vol.%iger Verdünnung. Nach Beendigung des Vario TD-Programmes wurden die Übertragungsinstrumente entnommen, mit 50 ml sterilem doppelt destilliertem Wasser gespült und anhand der überlebenden Mikroorganismen der Reduktionsfaktor berechnet. Es wurde dabei in allen Fällen eine Reduktion der KBE von 5 log-Stufen anhand des Prüforganismus *E. faecium* belegt. Auch bei *B. subtilis-Sporen*, die eine höhere Hitzeresistenz als *E. faecium* aufweisen, wurde eine Reduktion zwischen 5 und 6 log-Stufen erreicht. Es kann daraus geschlussfolgert werden, dass es sich in diesem Zusammenhang vor allem um einen Reinigungseffekt handelt [119].

1.11 Fragestellung der Arbeit

In dieser Arbeit soll der Fragestellung nachgegangen werden, ob das Reinigungs- und Desinfektionsgerät Turbocid zur Aufbereitung von mit Blut und *E. faecium* beschmutzten zahnärztlichen Winkelstücken geeignet ist. In den Vorversuchen soll durch eine technische Überprüfung der Parameter „Dauer der einzelnen Aufbereitungsphasen“, „Volumenverbrauch an Flüssigkeiten“ und „Druck“ überprüft werden, ob der Aufbereitungsvorgang konstant abläuft. In den Hauptversuchen soll in einem praxisnahen Modellversuch an artifiziell kontaminierten Winkelstücken überprüft werden, ob eine ausreichende Reinigung und Desinfektion stattfindet. Als ausreichend gilt in diesem Fall ein Reduktion der Bakterienkonzentration um fünf Zehnerpotenzen bzw. ein Reduktionsfaktor von fünf. Im Unterschied zu Untersuchungen anderer Autoren [116,118,120] wird als Testanschmutzung anstelle von Serum gerinnungsfähiges Blut verwendet. Damit wird den Ergebnissen der Studien Rechnung getragen, die nachweisen, dass das Vorhandensein von Proteinen oder Blut – besonders von gerinnungsfähigem Blut – einen ungünstigen Einfluss auf den Aufbereitungsvorgang hat [121-123].

Im einzelnen sollen dabei in den Hauptversuchen folgende Fragestellungen untersucht werden:

- Wie hoch ist der Reduktionsfaktor bei einer Aufbereitung mit der handelsüblichen Programmierung (Hauptversuch 1)?
- Wie hoch ist der Reduktionsfaktor bei einer zweimaligen Aufbereitung (Hauptversuch 2)?
- Ist ein signifikanter Unterschied zwischen einer einmaligen Aufbereitung (Hauptversuch 1) und einer zweimaligen Aufbereitung (Hauptversuch 2) feststellbar?
- Wie hoch ist der Reduktionsfaktor bei einer einmaligen Reinigung (Hauptversuch 3)?
- Wie hoch ist der Reduktionsfaktor bei einer viermaligen Reinigung (Hauptversuch 4)?

- Ist ein signifikanter Unterschied zwischen einer einmaligen Reinigung (Hauptversuch 3) und einer viermaligen Reinigung (Hauptversuch 4) feststellbar?
- Wie hoch ist der Reduktionsfaktor bei einer einmaligen Reinigung und einer viermaligen Desinfektion (Hauptversuch 5)?
- Besteht ein signifikanter Unterschied zwischen einer einmaligen Aufbereitung (Hauptversuch 1) und einer einmaligen Reinigung und viermaligen Desinfektion (Hauptversuch 5)