

Untersuchungen zur antimikrobiellen Wirkung von Mundspüllösungen

Dissertation

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

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich- Schiller- Universität Jena

von

Sandra Lange

geboren am 10.11.1978 in Lutherstadt Wittenberg

Gutachter:

1. Prof. Dr. W. Pfister, Jena
2. Prof. Dr. E. Glockmann, Jena
3. Prof. Dr. H.-G. Schaller, Halle/ Saale

Tag der öffentlichen Verteidigung: 07.02.2012

Abkürzungsverzeichnis

ADA	American Dental Association
AmF	Aminfluorid
API	Approximaler- Plaque- Index
C. albicans	Candida albicans
CHX	Chlorhexidin
CPC	Cetylpyridiniumchlorid
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
E. coli	Escherichia coli
E. faecalis	Enterococcus faecalis
P. aeruginosa	Pseudomonas aeruginosa
S. aureus	Staphylococcus aureus
S. mutans	Streptococcus mutans
S. salivarius	Streptococcus salivarius
S. sanguinis	Streptococcus sanguinis
SBI	Sulkus- Blutungs- Index
SnF ₂	Zinnfluorid
WHO	World Health Organization

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	1
2. Einleitung	3
2.1 Mikroorganismen der Mundhöhle	4
2.2 Plaque als Ursache für Karies, Gingivitis und Parodontitis	7
2.3 Karies, Gingivitis und Parodontitis	8
2.4 Prophylaxe der häufigsten Erkrankungen der Mundhöhle	10
2.5 Anforderungen an Mundspüllösungen	11
2.6 Einteilung der Mundspüllösungen	12
2.7 Wichtige Inhaltsstoffe der Mundspüllösungen	13
3. Zielstellung	17
4. Material und Methoden	19
4.1 Prüfsubstanzen	19
4.1.1 Inhaltsstoffe der verwendeten Prüfsubstanzen	21
4.2 Verwendete Mikroorganismen	31
4.3 Nährmedien und Reagenzien	32
4.4 Versuchsdurchführung	35
4.4.1 Vorkultivierung der Mikroorganismen	35
4.4.2 Agardiffusionstest	36
4.4.3 Bouillon- Reihenverdünnungstest	37
5. Ergebnisse	39
5.1 Ergebnisse des Agardiffusionstests	39
5.1.1 Streptococcus sanguinis	40
5.1.2 Streptococcus salivarius	42
5.1.3 Streptococcus mutans	44
5.1.4 Escherichia coli	46

5.1.5	Enterococcus faecalis	48
5.1.6	Candida albicans	50
5.1.7	Tabellarischer Überblick zur Wirkung der verwendeten Mundspüllösungen in der Gebrauchskonzentration gegenüber den ausgewählten Mikroorganismen im Agardiffusionstest	52
5.2	Ergebnisse des Bouillon- Reihenverdünnungstests	53
5.2.1	DontoDent	54
5.2.2	Meridol	56
5.2.3	Elmex	58
5.2.4	Listerine	60
5.2.5	Today Dent	62
5.2.6	Perlodent	64
5.2.7	Odol- med3	66
5.2.8	Odol- Mundwasser	68
5.2.9	Dentagard	70
5.2.10	Elkadent	72
5.2.11	Tabellarischer Überblick zur Wirkung der verwendeten Mundspüllösungen in der 0,5- fachen Konzentration gegenüber den ausgewählten Mikroorganismen im Bouillon- Reihenverdünnungstest	74
6.	Diskussion	75
6.1	Diskussion zur Versuchsdurchführung	75
6.2	Diskussion der Ergebnisse des Agardiffusionstests	77
6.3	Diskussion der Ergebnisse des Bouillon- Reihenverdünnungstests	80
6.4	Vergleich der Ergebnisse beider Versuche	85
6.5	Diskussion zu den Inhaltsstoffen der Mundspüllösungen	87
6.6	Vergleich der Ergebnisse mit denen anderer Autoren	91
7.	Schlussfolgerung	99
8.	Literaturverzeichnis	101

9. Danksagung

10. Ehrenwörtliche Erklärung

1. Zusammenfassung

Der Mundspüllösung wird in der heutigen Zeit aufgrund ihrer prophylaktischen und therapeutischen Wirkung eine zunehmende Bedeutung beigemessen. Oftmals ist eine mechanische Plaquebeseitigung nicht ausreichend. Eine sorgfältige und regelmäßig durchgeführte Mundhygiene ist für die meisten Patienten nur begrenzt sicher zu stellen. Die Ergebnisse zahlreicher Studien zur Mundgesundheit belegen diese These.

Mundspüllösungen können eine sinnvolle Ergänzung darstellen, wenn sie als Additivum zu den täglichen Mundhygienemaßnahmen eingesetzt werden.

In der vorliegenden in vitro- Studie wurden verschiedene kommerziell erhältliche Mundspülungen und Mundwässer hinsichtlich ihres antimikrobiellen Potentials getestet. Dazu wurden Keime der Residentflora, drei Vertreter der oralen Streptokokken, *Streptococcus sanguinis*, *Streptococcus salivarius* und *Streptococcus mutans*, Mikroorganismen der Transientflora, zwei Darmbakterien, darunter *Escherichia coli* und *Enterococcus faecalis*, ein Hefepilz, nämlich *Candida albicans* und abschließend *Staphylococcus aureus* und *Pseudomonas aeruginosa* verwendet, um ein möglichst breites Spektrum an Mikroorganismen abzudecken.

Anhand der Ergebnisse zweier Versuchsreihen sollte die Wirksamkeit von 10 ausgewählten Mundspüllösungen auf diese ausgesuchten Keime näher betrachtet werden.

In einem Vorversuch, dem Agardiffusionstest, spiegelten unterschiedlich ausgeprägte Hemmhofbildungen die differenten antimikrobiellen Effekte der verwendeten Testsubstanzen wieder. Im Hauptversuch, dem Bouillon- Reihenverdünnungstest, konnten anschließend quantitative Ergebnisse ermittelt werden, die Aussagen über den Grad der Wirksamkeit der Mundspüllösungen zulassen. Sowohl im Agardiffusionstest als auch im Bouillon- Reihenverdünnungstest wurden unterschiedliche Konzentrationen der Mundspüllösungen erprobt. Aufgrund der Versuchsdurchführung war es im Verdünnungsversuch nur möglich, die Testung mit 0,5- facher, bzw. 0,25- facher Konzentration durchzuführen. Im Agardiffusionsversuch hingegen konnte zusätzlich die Gebrauchskonzentration verwendet werden.

Die Ergebnisse des Agardiffusionstests zeigten eindeutig, dass die Mundwässer nur eine schwache bis keine Wirkung entfalten konnten. Listerine zeichnete sich durch eher kleine Hemmhofbildungen aus. Auch eine Steigerung der Konzentration änderte in den meisten Fällen nichts an deren Wirksamkeit. Sehr überzeugend waren Meridol, Elmex und Today Dent. Schon unter Verwendung niedriger Konzentrationen wurden Hemmhöfe gemessen. Ihnen kommt das größte antikariogene Potential zu.

Im Bouillon- Reihenverdünnungstest waren die Ergebnisse für einzelne Mundspüllösungen abweichend. Ein generelles Fehlen antimikrobieller Effekte eines Produktes konnte nicht festgestellt werden. Lediglich ein Versagen bei bestimmten Mikroorganismen war zu bemerken. Listerine zeigte insgesamt eine gute Wirkung im Verdünnungstest. Fünf der verwendeten Präparate lagen in ihrer Wirksamkeit sogar noch über der von Listerine. Sie überzeugten mit sehr guten Ergebnissen. Dazu zählten wiederum Meridol und Elmex, aber auch Odol- med3, DontoDent und Perlodent. Hier genügten oftmals schon niedrige Konzentrationen, um ein vollständiges Absterben der Mikroorganismen zu initiieren. Die verbliebenden geringen Zahlen an Restkeimen konnten durch eine Verdoppelung der Konzentration eliminiert werden.

Betrachtet man die Inhaltsstoffe der einzelnen Mundspüllösungen, vor allem die Fluoride, so kann deren antimikrobielles Potential erklärt werden. Hinsichtlich der mengenmäßigen Zusammensetzung der Lösungen konnten keine verwertbaren Daten gesichert werden. Eine Mitbetrachtung dieser Variablen musste ausgeschlossen werden.

Durch einen Vergleich mit den Ergebnissen anderer Autoren wird deutlich, dass von bestimmten antimikrobiellen Stoffen ein äußerst wirksamer Effekt ausgeht. Trotz allem sind zur Vervollständigung weitere Untersuchungen in vivo notwendig, um zu beurteilen, ob die hier ermittelten Effekte auch am tatsächlichen Wirkort, in der Mundhöhle, bestätigt werden können.

Für den prophylaxeorientierten Verbraucher kann diese Arbeit einen Anhaltspunkt liefern, sich in der schier unübersichtlichen Anzahl an erhältlichen Produkten besser zurecht zu finden, um die für ihn passende Mundspüllösung auswählen zu können.

2. Einleitung

In unserer heutigen Gesellschaft suggerieren strahlend weiße Zähne ein Bild von Gesundheit, körperlichen Wohlbefindens, Erfolg und Attraktivität. „Damit Sie auch morgen noch kraftvoll zubeißen können“ oder „Odol wirkt auch da, wo die Zahnbürste nicht hinkommt“ sind gängige Werbeslogans. Verbunden mit dem heutigen Schönheitsideal und einem zunehmenden Gesundheitsbedürfnis haben diese Texte ihren festen Platz in der Werbung und in den Köpfen der Bevölkerung.

Daneben tauchen immer wieder Schlagwörter wie Zahnfleischprobleme, Kariesschutz und Plaquekontrolle auf. Durch umfangreiche Aufklärungen in den zahnärztlichen Praxen fand ein Umdenken statt. War die Zahnmedizin des 20. Jahrhunderts in den westlichen Industriestaaten vorwiegend kurativ ausgerichtet, so nehmen Prophylaxe und Prävention heutzutage einen großen Stellenwert ein. Noch in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts betrug die Kariesfrequenz in der Bundesrepublik Deutschland nahezu 100%. Drei Viertel der Bundesdeutschen wiesen mehr oder weniger ausgeprägte entzündliche Erkrankungen des Zahnfleischsaumes oder des Parodontiums auf (32).

Insgesamt hat sich das Mundhygieneverhalten bis heute deutlich gebessert. Dies belegte auch die vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV) des Instituts der Deutschen Zahnärzte 2006. So konnte ein deutlicher Rückgang der Karieserfahrung bei Kindern und Jugendlichen, aber auch bei Erwachsenen verzeichnet werden (47). Die Individualprophylaxe trug entscheidend zur Minimierung des Karies- und Parodontitisrisikos bei.

Dennoch muss beobachtet werden, dass eine regelmäßige und effektive Mundhygiene nicht von allen Patienten erreicht werden kann. Oftmals genügt das Zähneputzen allein nicht, um die häufigsten Erkrankungen der Mundhöhle, Karies und entzündliche Parodontalerkrankungen, zu vermeiden.

Gängige Prophylaxestrategien basieren auf der vollständigen Entfernung von bestehendem Zahnbelag. Ziel ist eine Hemmung der Etablierung des Biofilms auf den Zähnen (9).

Eine zusätzliche, unterstützende Möglichkeit, neben der täglich durchgeführten, häuslichen Mundhygiene, in Form des Putzens mittels Zahncreme und Bürste, ist die Mundspüllösung. Schon seit Jahren wird intensiv nach chemischen Substanzen geforscht, die die patientenabhängige mechanische Plaquekontrolle ergänzen können. Nicht die vollständige

Keimfreiheit auf der Zahnoberfläche soll erreicht werden, sondern vielmehr ein gesundes ökologisches Gleichgewicht der oralen Mikroorganismen.

Einfach in der Anwendung entfalteten Mundspüllösungen ihre Wirkung auch im Bereich der Schleimhäute und dienen der Ergänzung der lokalen mechanischen Plaquebeseitigung.

Zudem können antibakterielle Wirkstoffe, die meist wasserlöslich sind, einfacher in Mundspüllösungen eingebracht werden. Zahnpasten sind sehr komplex zusammengesetzt, dadurch treten häufiger Inkompatibilitäten auf (9).

Mundspüllösungen mit geeigneten Wirkstoffen befinden sich in einer nahezu unübersichtlichen Anzahl auf dem Markt und haben zum Ziel, die Plaquebildung zu hemmen und somit der Entstehung von Karies und Gingivitis entgegenzutreten (40).

Diese in vitro- Studie soll die antibakterielle Wirkung von ausgewählten handelsüblichen Mundspüllösungen untersuchen.

2.1 Mikroorganismen der Mundhöhle

In der Mundhöhle können nach neusten Schätzungen mehr als 700 verschiedene Mikroorganismen differenziert werden (13). Es herrscht eine große Artenvielfalt. Neben den Bakterien zählen auch nichtbakterielle Arten, wie Pilze, Viren und Protozoen dazu. Die Mundhöhle bietet als Biotop für Mikroorganismen optimale Lebensbedingungen (44). Man unterscheidet zwischen einer relativ konstanten Mikroflora, die sogenannte Residentmikroflora und einer Transientflora. Die Residentflora hat eine charakteristische Zusammensetzung und steht in der Regel mit dem Wirt im Einklang. Sie beschreibt Mikroorganismen, die regelmäßig von einem Standort isoliert werden können (59). Zur physiologischen Mundflora gehören neben apathogenen auch pathogene Keime aerober oder anaerober Natur.

Die Bakterien nehmen einen wichtigen Stellenwert ein und bilden den Hauptanteil der oralen Mikroflora. Man unterscheidet Micrococcaceae, Streptococcaceae, Peptostreptococcaceae, Actinomycetaceae, Lactobacillus, Bifidibacterium, Eubacterium, Propionibacterium, aber auch Mycobacteriaceae, Bacteroidaceae, zu denen unter anderem

Porphyromonas gehört, Bakterien der HACEK- Gruppe, Spirochaetaceae, Helicobacter, Veillonellaceae sowie Neisseriaceae.

Die normale Standortflora besteht vorwiegend aus Streptococcaceae. Diese Bakterienfamilie umfasst 7 Gattungen. Davon sind unter klinischem Gesichtspunkt Streptokokken und Enterokokken bedeutungsvoll.

Auf die in der Arbeit verwendeten Keime soll nun im Folgenden näher eingegangen werden.

Streptokokken sind unbewegliche, grampositive und fakultativ anaerobe Bakterien. Sie besitzen die Fähigkeit zur Anheftung an nahezu jeder Oberfläche. Weiterhin können sie vorhandene Nahrungsquellen rasch und optimal nutzen. Ein entscheidender Vorteil ist ihre Resistenz gegenüber dem Wirtsimmunsystem, durch Beeinflussung der Wirtsabwehr.

Die aktuelle Klassifizierung teilt die Streptokokken in 3 Gruppen ein.

Aus didaktischen Gründen kann man Streptokokken in pyogene, orale und diverse Arten unterscheiden.

Die oralen Streptokokken werden ihrerseits nochmals unterteilt in eine Streptococcus salivarius- Gruppe, die Mutans- Gruppe, die Milleri- Gruppe und die Streptococcus sanguinis- und S. mitis- Gruppe.

Vorwiegend auf der Zunge, im Speichel und der bukkalen Mukosa lokalisiert sind Vertreter der Streptococcus salivarius Gruppe. Streptococcus mutans ist im oralen Biofilm und in Kariesläsionen zu finden. Er ist an der Entstehung von Karies und Endokarditiden beteiligt.

Zum Habitat der Milleri- Gruppe gehört neben der Mundhöhle auch der obere Respirationstrakt. Bakterien dieser Gruppe rufen hauptsächlich orofaziale, zerebrale und abdominale Abszesse hervor. Ebenfalls heimisch im Bereich der oberen Luftwege, des Pharynx und der Mundhöhle sind Bakterien der Streptococcus sanguinis- und S. mitis- Gruppe. Metastatische Infektionen, Pneumonien und septische Krankheitsbilder zählen zu den vorwiegend verursachten Erkrankungen dieser Mikroorganismen (59).

Zu den Bakterien der transienten Mikroflora gehören Escherichia coli und Enterococcus faecalis. Enterococcus faecalis ist den Streptococcaceae zuzuordnen und kann durch bestimmte Merkmale von diesen getrennt werden. Er zeigt eine hohe Hitzestabilität bis 45°C, kann sich auch bei einem pH-Wert von 9,6 vermehren und ist salztolerant. Sein

natürliches Habitat hat dieses Bakterium im Darm. Es besitzt nur ein geringes pathogenes Potential, ist aber häufig im Zusammenhang mit Mischinfektionen bei nosokomialen Infektionen zu lokalisieren.

Escherichia coli ist fakultativ anaerob, gramnegativ, säurebildend und stäbchenförmig. Er gehört zu der Familie der Enterobacteriaceae und ist ebenfalls vorwiegend im Darm zu finden (39).

Zu der Familie der Pseudomonaden gehört *Pseudomonas aeruginosa*. Dieses gramnegative Stäbchen kann der transienten Mikroflora der Mundhöhle zugeordnet werden.

Pseudomonaden sind typische Nasskeime und kommen im Erdboden, in Oberflächengewässern, im Leitungswasser, aber auch im Darm des Menschen vor. Sie sind überwiegend bei nosokomialen Infektionen als Erreger anzutreffen (39).

Die Micrococcaceae sind aerobe bzw. fakultativ anaerobe Bakterien. Zu ihnen gehört *Staphylococcus aureus*. Er ist ein humanpathogener Keim, der ursächlich für verschiedene Infektionen im Kopf- und Halsbereich verantwortlich ist. Bei nahezu 40% der Bevölkerung ist er im Nasopharynx nachweisbar. Von dort gelangt er in die Mundhöhle und kann deshalb auch als transients Besiedler der oralen Schleimhaut bezeichnet werden. Er ist fähig einen Fibrinschutzwall zu bilden und ist damit ideal vor einer Phagozytose geschützt. Dadurch kann seine pathogene Potenz gestärkt werden. Er ist außerdem hitzestabil, kälteresistent und toleriert hohe Kochsalzkonzentrationen. Die durch *Staphylococcus aureus* hervorgerufenen Infektionen bleiben in der Regel örtlich begrenzt und führen ohne entsprechende Therapie zu einem Abszess (59).

Hefepilze sind in der Mundhöhle hauptsächlich als Sprosspilze der Gattung *Candida* zu finden. Es existieren über 163 Arten, wobei nur ca. 10% humanpathogen sind. Häufigster Erreger in der Mundhöhle ist *Candida albicans*. Hefepilze rufen Schleimhaut- und Organmykosen hervor. Sie wachsen bei 37°C, produzieren proteolytische und lipolytische Enzyme und haben ein hohes Oberflächenadhäsionspotential. *Candida albicans* wird als dimorphe Pilzspezies bezeichnet. Die oxidative Verwertung von Kohlenhydraten führt zum Wachstum des Pilzes. Außerdem kann er eingeschränkt mit Hilfe der Gärung Glucose, Maltose und Galactose anaerob metabolisieren. Somit ist eine Nahrungskonkurrenz zum

Streptococcus mutans ausgeschlossen. Er kann durch verschiedene Mutationsvorgänge seine Struktur verändern und wird vom Wirt immunologisch nur verzögert oder nicht erkannt (59).

2.2 Plaque als Ursache für Karies, Gingivitis und Parodontitis

Die dentale Plaque gilt als Hauptursache für ganz unterschiedliche Erkrankungen wie Karies, Gingivitis und Parodontitis.

Die Plaque ist definiert als ein zäher, verfilzter Zahnbelag, der aus verschiedenen Bakterien, bakteriellen Stoffwechselprodukten, Nahrungsresten und Speichelbestandteilen besteht.

Dabei adhäriert sie vorwiegend an Zahnflächen, die nicht der mechanischen Reinigung durch Zunge, Lippen und Wange ausgesetzt sind. Sie haftet besonders gut an sogenannten Prädispositionsstellen in der Mundhöhle, zahnärztlichen Restaurationen, Prothesen und kieferorthopädischen Apparaturen. Obgleich die Zahnplaque meistens im Zusammenhang mit spezifischen Krankheiten wie Karies und Parodontitiden gesehen wird, ist sie auch normaler Bestandteil des Ökosystems der Mundhöhle (44).

Für die pathogene Wirkung der Plaque ist die Tatsache, dass sie sich als mikrobieller Biofilm darstellt, von entscheidender Bedeutung. Biofilme sind räumlich organisierte Gemeinschaften von Mikroorganismen, welche in eine Matrix von extrazellulären polymeren Substanzen eingebettet sind. Sie bieten einen optimalen Schutz gegenüber der unspezifischen Abwehr des Körpers und ermöglichen eine höhere Überlebensfähigkeit der Mikroorganismen. Biofilme lassen sich keinesfalls allein auf das Gebiet der Zahnmedizin beschränken. Sie kommen ubiquitär, auf der Haut, im Darm, der Schleimhaut aber auch in Leitungssystemen vor. Deshalb müssen zahlreiche und insbesondere humanmedizinische Erkrankungen als biofilmbasiert und nicht als „Infektion durch Bakterien“ angesehen werden (5).

Die Plaquebildung ist ein geordneter, dynamischer Prozess (2). Auf der gereinigten Zahnoberfläche bildet sich bereits nach Sekunden ein unstrukturierter azellulärer Film. Dieser wird als Pellikel oder exogenes Schmelzoberhäutchen bezeichnet. Es besteht aus sauren prolinreichen Proteinen, Glykoproteinen und Serumproteinen, Enzymen und

Immunglobulinen. Proteine besitzen eine gewisse Eigenladung. Dadurch ist eine Bindung an die Kalziumionen und Phosphatgruppen der Zahnhartsubstanz möglich. Die Pellikel ist die Basis für die Biofilmbildung.

Auf dem Schmelzoberhäutchen etablieren sich sogenannte Pionierkeime, vor allem *Streptococcus sanguinis*. Später folgen Vertreter der Mutans- Gruppe, welche mithilfe von extrazellulären Polysacchariden einen guten Halt finden. Sie fördern mit ihren klebrigen Polysacchariden die Bindung weiterer Bakterien und tragen somit ausschlaggebend zum Plaquewachstum bei. Zu Beginn überwiegen Aerobier, danach kommen durch stetiges Aufwachsen und Vermehren anaerobe Mikroorganismen dazu, wie Actinomyzeten, Fusobakterien und Veillonellen.

In der Mundhöhle können auf Dauer nur solche Bakterien überleben, die in der Lage sind sich an Oberflächen anzuheften (44). In der ausgereiften Plaque, die sich innerhalb von 10-14 Tagen herausbildet, befinden sich mehr als 100 verschiedene Arten (59).

2.3 Karies, Gingivitis und Parodontitis

Karies ist eine multifaktorielle Erkrankung primär mikrobieller Genese. Sie entsteht durch das Zusammenspiel azidogener Bakterien, deren Stoffwechselprodukten und einer exogenen Substratzufuhr. Dabei müssen die gebildeten Säuren ausreichend Zeit haben, um auf den Zahnschmelz einzuwirken (59).

Noch heute gilt die 1898 von Miller aufgestellte Theorie, dass Karies durch säurebildende Mikroorganismen verursacht wird. *Streptococcus mutans* wird ein besonders hohes kariogenes Potential zugeschrieben (43). Er kann die im Speichel enthaltenden Kohlenhydrate zu organischen Säuren fermentieren. Bei entsprechendem Zuckerkonsum reichen die Pufferkapazitäten des Speichels nicht mehr aus und es kommt zu einer Demineralisierung des Zahnschmelzes. Der Verlust an Zahnhartsubstanz, durch das Herauslösen von Kalzium und Phosphat, ist die Folge.

Die Gingivitis ist in der Mehrzahl der Fälle eine plaquebedingte akute oder chronische Erkrankung des Zahnfleisches. Hyperplastische, pilzbedingte oder virale Gingivitiden und

Manifestationen im Bereich der Gingiva, aufgrund systemischer Erkrankungen oder allergischer Reaktionen sind davon zu unterscheiden.

Im Gegensatz zur Flora des entzündungsfreien Periodonts zeigt sich bei einer Gingivitis eine deutliche Zunahme gramnegativer anaerober Keime wie Bacteroides- Arten und Veillonellen (56).

Die Pathogenese der Gingivitis kann in einzelne Läsionsphasen unterteilt werden. Sie beginnt mit einer Initiailläsion, in der eine erhöhte Exsudatbildung und ein Kollagenverlust vorherrschend sind. Die zweite Phase kennzeichnet sich durch die Bildung eines klinischen Sulkus aus. Nimmt die Plaque weiter zu, kommt es zum Übergang in die etablierte Phase und somit zu einer manifesten Gingivitis (43).

Die Gingivitis ist dadurch gekennzeichnet, dass die Entzündung auf das Bindegewebe des Zahnfleisches beschränkt bleibt. Findet jedoch eine Ausbreitung in Richtung Alveolarknochen und in das Periodontalligament statt, spricht man von einer Parodontitis. 1978 wurde laut WHO die Gingivitis als Initialerkrankung und die Parodontitis als Gingivitis- Folgerkrankung anerkannt (29).

Erstmals beschrieb Pierre Fauchard 1733 klinisch umfassend die Parodontalerkrankung als Zahnfleischskorbut. Später wurden verschiedene Termini wie Paradentose oder Parodontose verwendet.

Die Parodontitis ist eine Erkrankung des Zahnhalteapparates. Es werden entzündliche von nicht- entzündlichen Formen unterschieden. Letztere werden akut traumatisch, mechanisch, thermisch oder durch Strahlentherapie verursacht. Mikroorganismen, deren Enzyme, Toxine und Metaboliten das Parodont schädigen, sind für die entzündliche Variante verantwortlich. Hier findet ein entzündlich- resorptiver Verlust an Knochen und ligamentärem Faserapparat statt. Merkmale einer Parodontitis sind der Attachementverlust, eitriges Sulkusfluid als Exsudat bei akuten Schüben, rezidivierende Parodontalabszesse, Lockerung, Wanderung und Verlust der Zähne. Man unterscheidet eine aktive von einer inaktiven Phase. Während der Stagnation der Erkrankung kann wieder Knochen aufgebaut und Fasern regeneriert werden (29).

Auch bei der Parodontitis dominieren gramnegative Mikroorganismen, vor allem Keime der Bacteroides- Gruppe, Fusobakterien und Vertreter der Haemophilus- Aggregatibacter- Gruppe, Kapnozytophagen und Eikenella corrodens (55, 56).

2.4 Prophylaxe der häufigsten Erkrankungen der Mundhöhle

Karies und ihre Folgeerkrankungen Pulpitis und apikale Parodontitis, sowie Gingivitis und die marginale Parodontitis werden ursächlich durch Mikroorganismen der Plaque und deren Stoffwechselprodukte hervorgerufen, wenn das Gleichgewicht zwischen pathogenen Mikroorganismen und stabilisierenden Bakterien gestört ist. Das Anlagern und das Wachstum dieser pathogenen Keime lässt auf der Zahnoberfläche einen aktiven Biofilm entstehen. Dieser ist durch die Selbstreinigungskräfte der Mundhöhle nicht mehr zu eliminieren. Deshalb muss oberstes Ziel der primären Prävention der dentalen Erkrankungen eine plaque- und zahnsteinfreie Mundhöhle sein. Sie beinhaltet die persönliche altersgerechte und zweckmäßige Zahn- und Mundpflege, regelmäßige Zahnarztbesuche, die Ernährungsberatung- und -lenkung, Fluoridapplikationen und teilweise eine Versiegelung tiefer Zahnfissuren (43).

Den wichtigsten Part in der Prävention nimmt die mechanische Plaqueentfernung ein. Die American Dental Association (ADA) empfiehlt ein zweimaliges tägliches Zähneputzen mit einer fluoridhaltigen Zahncreme, davon einmal in Kombination mit Zahnseide bzw. Interdentalbürsten (3). Die Dauer des Zähneputzens ist abhängig von den persönlichen Ausgangsvoraussetzungen.

Wichtiger als die Dauer sollte laut Empfehlung der DGZMK aber die Systematik und Vollständigkeit der Reinigungsprozeduren sein. Außerdem sollte darauf geachtet werden, dass alle empfohlenen Hilfsmittel zum Einsatz kommen (23).

Oftmals zeigt sich aber, dass gerade die mechanische Plaquekontrolle für viele Patienten eine besondere Herausforderung darstellt. Deshalb sind Mundspüllösungen mit geeigneten Wirkstoffen im Sinne einer chemischen Plaquekontrolle eine sinnvolle Ergänzung (35).

Oral wirksame antimikrobielle Substanzen können die bestehende Plaque reduzieren oder die Plaqueneubildung- und Reifung verhindern bzw. hemmen (29). Sie entfalten ihre Wirkung im gesamten Bereich der Mundhöhle und können eine Keimreduktion sowohl im Speichel als auch auf den Schleimhäuten und der Zunge initiieren.

Mundspüllösungen sollten nach dem Zähneputzen angewendet werden, um den positiven Reinigungseffekt und die Zahnpastawirkung zu verstärken. Der Hauptanteil der Plaque kann

somit im Vorfeld entfernt werden. Übrig bleibt lediglich eine dünne Schicht, die von den chemischen Substanzen der Mundspüllösung leicht weiter reduziert werden kann (51).

Nur durch das Zusammenwirken von Zahnarzt und Patient, durch entsprechende Aufklärung, Instruktion und Motivation ist die Schaffung einer relativ plaquefreien Mundhöhle zu verwirklichen.

2.5 Anforderungen an Mundspüllösungen

Die antibakteriellen Wirkstoffe in Mundspüllösungen sollen als Unterstützung der mechanischen Mundhygiene angewendet werden. Der Restbiofilm, der beim Zähneputzen nicht vollständig entfernt werden konnte, kann durch die chemischen Substanzen inaktiviert werden (5).

Eine Grundvoraussetzung für den Einsatz plaquehemmender Substanzen ist deren gezielte, antibakterielle Wirksamkeit, ohne dabei Nebenwirkungen aufzuweisen. Sowohl lokal als auch systemisch müssen diese Wirkstoffe unbedenklich sein.

Die Plaquehemmung basiert auf verschiedenen Aspekten. Es gibt Wirkstoffe, die durch eine direkte bakterizide Wirkung die Bakterienzahl minimieren. Wiederum andere Substanzen wirken hemmend auf den Bakterienstoffwechsel und verzögern somit das Wachstum und die Neubildung der Plaque. Sie können einmal an der Schmelzoberfläche angreifen und diese für eine Pellikelbildung weniger anfällig machen oder sie binden an das Pellikel selbst (15). Aufgrund ihres präventiven Einsatzes müssen sie häufig über einen längeren Zeitraum appliziert werden. Deshalb dürfen Mundspüllösungen nicht toxisch wirken, kein Allergisierungspotential besitzen, nicht über die oralen Schleimhäute absorbiert werden, keine Geschmacksstörungen hervorrufen und keine Verfärbungen oraler Strukturen verursachen. Sie müssen im Verdauungssystem abzubauen sein.

Das ökologische System der Mundhöhle muss im Gleichgewicht gehalten werden. Deshalb ist eine Spezifität gegen krankheitserregende Bakterien notwendig, die die normale schützende Mikroflora der Mundhöhle erhält. Es dürfen sich keine Resistenzen bilden.

Ein zusätzlicher Aspekt ist die Substantivität. Eine ausreichend lange Retention an die Zahnoberfläche und an das orale Weichgewebe in einer entsprechenden Konzentration muss gewährleistet sein, um eine effektive Wirkungsentfaltung zu erzielen. Denn antibakterielle Substanzen können nur nach längerer Verweildauer in der Mundhöhle wirksam werden, da der Speichel einen Verdünnungseffekt besitzt.

Mundspüllösungen müssen für den Benutzer einfach in der Anwendung sein und einen frischen und angenehmen Geschmack besitzen.

Ebenfalls muss ein angemessenes Kosten- Nutzen- Verhältnis gewahrt werden (61, 34).

2.6 Einteilung der Mundspüllösungen

Schon vor mehr als 3 Jahrhunderten benutzten die Menschen Essig als Mundspüllung. Heutzutage kann eine Vielzahl an unterschiedlichen Substanzen identifiziert werden. Um einen genauen Überblick zu erhalten, werden Mundspüllösungen je nach ihrer Wirkungsweise in verschiedene Generationen eingeteilt.

Die Mittel der 1. Generation zeichnen sich durch eine geringe Substantivität, von nur einigen Minuten, aus. Sie besitzen aber eine Spezifität und ausreichende Effizienz gegenüber den oralen Mikroorganismen. Dazu zählen bestimmte Enzyme und Antibiotika, Fluoride (Monofluorophosphate, Natriumfluorid), Hexetidin, Sanguinarin, quarternäre Ammoniumverbindungen (CPC) und ätherische Öle.

Eine ausreichend hohe Substantivität, sowie Spezifität und Effizienz kennzeichnen die Mundspüllösungen der zweiten Generation. Sie verweilen bis zu Stunden aktiv in der Mundhöhle. Solche Eigenschaften besitzen Triclosane, Amin- und Zinnfluoride sowie das Bisbiguanid Chlorhexidin.

Noch nicht vollständig getestet wurden Substanzen der dritten Generation, zu denen man die Aminoalkohole (Octapinol, Decapinol) zählt. Diese Stoffe sollen eine Adhäsionsminderung der oralen Mikroflora an der Schmelzoberfläche bewirken. Sie sind ohne eigentliche antibakterielle Wirkung.

Die Mundspüllösungen der zweiten Generation stellen das Mittel zur Wahl zur Zeit dar (52).

Eine weitere Einteilung kann, nach Art der Wirkung der Mundspüllösungen, vorgenommen werden. Hier unterscheidet man die Gruppe der antimikrobiellen Substanzen, die bakterizide und bakteriostatische Effekte in vitro besitzen. Desweiteren gibt es plaquereduzierende oder plaqueinhibierende Stoffe, die die Plaquemenge oder die Plaquequalität verringern sollen. Diese können aber nicht in jedem Fall suffizient die Karies- und Gingivitisentstehung beeinflussen.

Wohingegen die Anti- Plaque Substanzen diesen Effekt besitzen. Sie verringern also die Plaque, so dass ein weitgehender Schutz gegen Karies und Gingivitis erreicht werden kann. Die nächste Gruppe sind die Anti- Gingivitis Substanzen. Sie verringern gingivale Entzündungszeichen, ohne dabei jedoch zwangsläufig die bakterielle Plaque zu beeinflussen. Speziell wirksam gegen den subgingivalen Biofilm sind die Stoffe der letzten Gruppe, der Anti- Parodontitis- Substanzen (19).

2.7 Wichtige Inhaltsstoffe der Mundspüllösungen

Als Träger für plaquehemmende Wirkstoffe werden in zunehmenden Maße Mundspüllösungen eingesetzt. Sie besitzen einen Vorteil gegenüber Zahnpasten. Durch die fehlende Komplexbildung mit anderen Pastenbestandteilen kann eine damit eventuell verbundene verringerte Wirksamkeit, ausgeschlossen werden.

Im Folgenden werden die wichtigsten Wirkstoffe der Mundspüllösungen beschrieben.

a) Fluoride

Fluorid ist ein essentielles Spurenelement. Wir nehmen es täglich mit unserer Nahrung auf. Mineralwässer, bestimmte Tee- und Salzsorten und Fisch enthalten Fluoride. Auch in unserem Trinkwasser ist es in unterschiedlichen Konzentrationen zu finden. Wichtigste tägliche Fluoridquelle stellt die Zahnpasta dar. Man unterscheidet Monofluorophosphate, Natriumfluoride und Amin/ Zinnfluoridverbindungen.

Fluoride kennzeichnen sich durch eine kariespräventive Wirkung aus. Sie beeinflussen das De- und Remineralisationsgleichgewicht in der Mundhöhle.

Fluoride besitzen oberflächenaktive Eigenschaften, mit denen sie die bakterielle Adhäsion verändern können. Sie bilden monomolekulare Schichten aus und führen damit zu einer verlangsamten Plaqueauflagerung. Die Phase der initialen Plaquebildung verzögert sich somit, ebenfalls die Rekolonisation. Damit verbleibt ausreichend Zeit für eine ungestörte Remineralisation. Amin- und zinnhaltige Präparate sind den Natriumfluoridverbindungen, in der Ausbildung der fluoridhaltigen Deckschicht, deutlich überlegen.

Ein weiterer Vorteil der Fluoride liegt in ihrer antiglykolytischen Wirkung. Durch die Anwesenheit von Fluoriden können Bakterienenzyme, die für den Zuckerstoffwechsel notwendig sind, gehemmt werden. Wiederum im Nachteil sind die Monofluorophosphate und Natriumfluorid, da beide Substanzen die bakterielle Zellmembran schlechter durchdringen können als Amin- oder Zinnfluoride. Durch die Hemmung der Stoffwechselaktivität der Bakterienzelle wird die Säureproduktion und das Bakterienwachstum verringert (42).

Aminfluorid und Zinnfluorid sind seit den 50er Jahren bekannt. Aminfluorid besitzt einen schwach sauren pH- Wert zwischen 4,5- 5. Dies führt zu einer leichten Anlösung der Schmelzoberfläche. Kalziumfluorid kann ausfallen und bildet auf dem Schmelz eine dünne homogene Schicht, die die Säureresistenz erhöht. Zinnfluorid hemmt deutlich die Plaque. Nachteil dieser Substanz ist allerdings seine geringe Stabilität und kurze Haltbarkeit. Deshalb konnte es sich als Einzelpräparat in Mundspüllösungen nicht durchsetzen. Aber in Kombination mit Aminfluorid, welches stabilisierend auf das Zinnmolekül wirkt, konnte ein hochwirksames Präparat erzeugt werden (8). Vor allem das Zinnion ist in dieser Kombination für die gute Plaquehemmung, von bis zu sechs Stunden, und gute Substantivität verantwortlich. Außerdem wirkt Zinn bakterio-statisch oder bakterizid. Zusätzlich zur Plaquereduktion, die auch Brex 1990 nachgewiesen hat, kann eine Remineralisation der Zähne durch den Fluoridanteil als positiver Nebeneffekt angesehen werden (20, 61). Als Nachteil zu werten ist, dass dieses Kombinationspräparat diskrete Verfärbungen der Zahnoberfläche verursachen kann (17).

Natriumfluorid und Natriummonofluorophosphat sind ebenfalls kariespräventiv. Sie besitzen aber nur eine geringe Substantivität, werden also nicht effektiv an Oberflächen der Mundhöhle gebunden. Die Hemmung des Bakterienwachstums, durch Inaktivierung von bakteriellen Enzymen, wirkt im Falle von Natriumfluorid und Natriummonofluorophosphat

erst bei hohen Konzentrationen, die nach Anwendung von fluoridhaltigen Mundspüllösungen nicht erreicht werden (31).

Entscheidend für die Wirksamkeit der Fluoride ist deren Dosierung: hoch dosierte Fluoridpräparate remineralisieren eher die Oberflächen, niedrig Dosierte sind tiefenwirksamer (64). Fluoride sollten das ganze Leben lang zugeführt werden (43).

Grundsätzlich ruht die Fluoridprophylaxe auf zwei Säulen, einer enteralen Zufuhr und zumindest einer lokalen Fluoridierung (40).

b) Metallsalze

Metallsalze besitzen antibakterielle Eigenschaften. Bekannt ist vor allem die antimikrobielle Wirkung von Metall- Ionen wie Kupfer, Zinn und Zink. Die Wirkung hängt von der Art des Metallsalzes, der Konzentration und Häufigkeit der Anwendung ab. Sie bewirken eine Hemmung der bakteriellen Glykolyse. Damit kann das Säurepotential der dentalen Plaque vermindert werden (1).

c) Cetylpyridiniumchlorid (CPC)

CPC ist eine quaternäre Harnstoffverbindung mit plaqueinhibierender Wirkung. In der Mundhöhle kann diese Substanz leicht an orale Oberflächen binden. CPC führt zu einem signifikanten Abfall der Speichelbakterienzahlen. Die Wirkungsdauer beträgt ca. drei Stunden (58). Es wirkt vorwiegend hemmend auf grampositive Bakterien, ist also in der frühen Phase der Plaquebildung wirksam.

Durch zahlreiche Einflüsse kann diese Hemmung jedoch wiederum blockiert werden, z.B. durch einen niedrigen pH- Wert (61). Als nachteilig bewertet werden hervorgerufene Verfärbungen an den Zahnoberflächen, sowie die vermehrte Zahnsteinbildung. Gelegentlich kann CPC ein Mundbrennen oder Schleimhautdesquamationen verursachen (2).

d) Ätherische Öle

Ätherische oder essentielle Öle, wie Thymol, Menthol und Eucalyptol werden seit Jahren in Mundspüllösungen eingesetzt. Bekanntester Vertreter ist dabei Listerine. Mundspüllösungen

mit essentiellen Ölen führen zu einer Reduktion der supragingivalen Plaque und zu einem Rückgang der Gingivitis (2, 22). Bekannte Nachteile sind der schlechte Geschmack, die geringe Wasserlöslichkeit und das Auftreten von Zahnverfärbungen (61).

e) Naturprodukte

Kräuter- und Pflanzenextrakte, wie Kamille, Salbei und Minze finden schon seit Jahrhunderten Anwendung in der Mundhöhle. Sie können den pH- Wert des Speichels in den alkalischen Bereich verschieben und werden somit unterstützend in der Therapie von Parodontalerkrankungen eingesetzt (68).

Sanguinarin wird häufig verwendet, in der Regel in Kombination mit Zinkchlorid. Es besitzt aber nur eine geringe Substantivität und liegt in der aktiven Form in keiner ausreichenden Konzentration in der Mundhöhle vor (42).

f) Alkohol

Alkohol kann in entsprechend hoher Konzentration lebende Bakterien abtöten. Er gilt aber aus ethischen Gründen nicht als Chemotherapeutikum (60, 61).

Viele Wirkstoffe in Mundspüllösungen erfordern aufgrund ihrer Unlöslichkeit in Wasser das Vorhandensein von Äthanol. Die Konzentration in solchen Präparaten beträgt zwischen 5 und 15 %.

Nebenwirkungen werden als Desquamation der Mundschleimhaut oder Mundbrennen beschrieben, desweiteren können Geschmacksveränderungen auftreten.

Es ist von einer länger dauernden Verwendung, als Vorsichtsmaßnahme, abzuraten. Bei Personen, denen der Konsum von Alkohol verboten ist, besteht die Gefahr des Missbrauches solcher Lösungen.

Außerdem kann durch den Zusatz von Alkohol die Wirksamkeit von Mundspüllösungen nicht signifikant verbessert werden (12). Erst bei höheren Konzentrationen (40%) konnte eine Reduktion im Wachstum des dentalen Biofilms festgestellt werden (18).

3. Zielstellung

Mundspüllösungen nehmen in der heutigen Zeit an Bedeutung zu, da die mechanische Plaquerreduktion durch die Zahnbürste oder andere Hilfsmittel (Zahnseide, Interdentalbürsten) zur Interdentalraumreinigung oft nicht ausreichend ist (38). Sie werden mit unterschiedlichen Wirkstoffen angeboten.

Chlorhexidindigluconat zeigte in zahlreichen Studien eine hohe Effektivität und gilt als Goldstandard sowohl bei der Bekämpfung von Kariesbakterien als auch bei der Vorbeugung und Therapie von Zahnfleischentzündungen (9). Da diese Substanz aber für eine Langzeitanwendung, aufgrund der zahlreichen Nebenwirkungen ungeeignet ist, sollte deren Gebrauch medizinisch indiziert sein und auf eine kurze Dauer beschränkt bleiben.

Alternativen Produkten, die in ihrer Wirkung moderater erscheinen, ist in der täglichen Anwendung der Vortritt zu überlassen.

In dieser in vitro- Studie sollte die antimikrobielle Wirksamkeit von kommerziell erhältlichen Mundspüllösungen untersucht werden. Aufgrund der Vielfalt der auf dem Markt befindlichen Mundspüllösungen beschränkte ich meine Auswahl auf 10 Präparate, die im Rahmen dieser Studie einer Erprobung zugeführt worden. Ausgenommen sind Mundspülungen mit dem Wirkstoff Chlorhexidindigluconat.

Diese 10 Produkte sollten das breite Spektrum der angebotenen handelsüblichen Mundspüllösungen reflektieren. Ich wählte bewusst Produkte, die zu den führenden Mundspülungen gehören, aber auch Discountermarken und Mundwässer aus. Dabei war mir die Zusammensetzung der einzelnen Lösungen wichtig. Die verschiedenen Produkte sollten miteinander verglichen und Unterschiede hinsichtlich ihrer antimikrobiellen Wirksamkeit herausgearbeitet werden.

Als Testerreger wurden Mikroorganismen der Residentflora und der Transientflora verwendet.

Mithilfe eines Agardiffusionstests konnte in der ersten Versuchsreihe ein grober Überblick über eventuelle antimikrobielle Effekte herausgestellt werden. Im zweiten Schritt wurde ein Bouillon- Reihenverdünnungstest durchgeführt. Dieser sollte quantitative Aussagen hinsichtlich der Wirksamkeit der einzelnen geprüften Mundspülungen ergeben. Die Mundspüllösungen wurden in unterschiedlichen Konzentrationen untersucht, um

festzustellen, ob und inwieweit ein Verdünnungseffekt durch den Speichel Einfluss auf die Wirksamkeit hat.

Zusammenfassend soll mit dieser Arbeit dem Verbraucher eine Orientierungshilfe geboten werden, die es ihm ermöglicht ein geeignetes Produkt auswählen zu können.

4. Material und Methoden

4.1 Prüfsubstanzen

Es wurden zehn zufällig ausgewählte Mundspülungen, bzw. Mundwässer getestet, um ein breites Spektrum, der auf dem Markt befindlichen Angebote abzudecken.

1. DontoDent Mundspülung

dm- Drogeriemarkt GmbH Co.KG
Carl-Metz-Str.1 , 79185 Karlsruhe
Telefon: 0721-5592-0
Telefax: 0721-552213
servicecenter@dm-drogeriemarkt.de

2. Meridol- Mundspülung

3. Elmex-Mundspülung

GABA GmbH
Berner Weg 7, 79539 Lörrach
Telefon: 07621-907-0
Telefax: 07621-907-4-99
www.gaba-dent.de

4. Listerine

Johnson& Johnson C/O Pleon GmbH
Huschbergerstr. 6, 40212 Düsseldorf
Telefon: 0211-9541-2445
Telefax: 0211-551651
www.listerine.de

5. Today Dent

Rewe- Zentral- Aktiengesellschaft
Domstr. 20, 50603 Köln
Telefon: 0221-1490
Telefax: 0221-4990-00
www.rewe.de

6. Perlodent

Rossmann GmbH
Isernhägenerstr. 16, Postfach 1362,
30938 Burgwedel
Telefon: 05139-8980
Telefax: 05319-8984999
www.rossmann.de

7. Odol-med3 Mundspülung

8. Odol- Mundwasser

GlaxoSmithKline
Consumer Healthcare GmbH & Co.KG
Bußmatten 1, 77815 Brühl
Telefon: 07223-760
Telefax: 077223-764000
www.gsk-consumer.de
www.odol.de

9. Dentagard

Colgate- Palmolive GmbH
Lübecker Str. 128, 22087 Hamburg
Telefon: 0800-725-6654
www.colgate.de

10. Elkadent

Dental-Kosmetik GmbH & Co.KG
Katharinenstr. 4, 01099 Dresden
Telefon: 0351-8500-300
info@dental-kosmetik.de

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wurde eine Einteilung der Mundspüllösungen in Mundspülungen, zu denen DontoDent, Meridol, Elmex, Listerine, Today Dent, Perlodent und Odol- med3 gehören und Mundwässer Odol-Mundwasser, Dentagard und Elkadent vorgenommen.

4.1.1 Inhaltsstoffe der verwendeten Prüfsubstanzen

DontoDent

Inhaltsstoffe:

Aqua

Glycerin

Phenoxyethanol

Sodium Benzoate

Lauriminodipropionate

Xylitol

Disodium Phosphate

Potassium Acesulfame

Panthenol

Sodium Fluoride

Aroma

Chamomilla recutita

Salvia Officinalis

Mentha Piperita

Citric Acid

CI 42090

Funktion:

Lösungsmittel

Lösungsmittel, feuchtigkeitsbewahrend

Konservierungsmittel

Konservierungsmittel, pH- Wertregulator

Tensid

Süßstoff

Kariesschutz, pH- Wertregulator

Süßstoff

feuchtigkeitsbewahrend

kariespräventiv, Natriumfluorid 500 ppm

Geschmack

Kamille, entzündungshemmender

Wirkstoff

Salbei, antiseptischer Wirkstoff

Pfefferminze, Geschmack

Konservierungs- und Säuerungsmittel

Farbstoff

Anwendungsgebiete laut Herstellerangaben:

vermindert Neubildung von Zahnbelag

schützt vor Karies und Parodontitis

für frischen Atem

beugt Zahnfleischprobleme vor

Preis pro Anwendung: 0,03- 0,05 €

Meridol- Mundspülung

Inhaltsstoffe:

Aqua

Xylitol

Sodium Saccharin

PVP (Polyvinylpyrrolidon)

PEG-40 Hydrogenated Castor Oil

Olaflur

Zinnfluorid

Aroma

CI 42051

Funktion:

Lösungsmittel

Süßstoff

Süßstoff

Stabilisator

Emulgator (Lösungsvermittler)

kariespräventiv, Aminfluorid 125ppm

kariespräventiv, 125 ppm

Pfefferminz, Sternanis, Eugenol, Vanillin,

Krauseminzöl

Farbstoff, Ariavitblau

Anwendungsgebiete laut Herstellerangaben:

bei Gingivitis

bei Parodontitis

bei nicht intakter Mundflora

für Patienten mit eingeschränkter Mundhygiene (im Alter oder durch Behinderung, durch prothetische Versorgungen)

Preis pro Anwendung: 0,14- 0,15 €

Elmex- Mundspülung

Inhaltsstoffe:

Aqua

PEG-40 Hydrogenated Castor Oil

Olafur

Aroma

Potassium Acesulfame

Sodium Fluoride

Polyaminopropyl Biguanide

Hydrochloric Acid

Funktion:

Lösungsmittel

Emulgator (Hydriertes Rizinusöl)

kariespräventiv

Aminfluorid 100 ppm

Geschmack, z.B. Anethol, Menthol,

Pfefferminzöl

Süßstoff

kariespräventiv,

Natriumfluorid 150 ppm

Konservierungsstoff

pH- Wertregulator

Anwendungsgebiete laut Herstellerangaben:

im Rahmen der täglichen Mundpflege zur Optimierung des Kariesschutzes nach dem abendlichen Zähneputzen

insbesondere bei erschwerter Mundhygiene durch das Tragen von kieferorthopädischen Geräten

Preis pro Anwendung: 0,14 €

Listerine

Inhaltsstoffe:

Aqua

Alcohol

Sorbitol

Eukalyptol, Menthol, Thymol

Methylsalicylat

Poloxamer 407

Benzoic Acid

Sodium Saccharin

Sodium Benzoate

Sodium Fluoride

Aroma

CI 42053

Funktion:

Lösungsmittel

Lösungsmittel, 20%

Süßstoff

ätherische Öle, antiseptischer Wirkstoff

entzündungshemmender Wirkstoff

Lösungsvermittler

Benzoessäure, pH-Wertregulator,

Konservierungsmittel

Saccharinnatrium, Süßstoff

Natrium Benzoat, pH-Wertregulator

Konservierungsmittel

kariespräventiv, Natriumfluorid 100 ppm

Geschmack

Farbstoff

Anwendungsgebiete laut Herstellerangaben:

Ergänzung der täglichen Mundhygiene

stärkt den Zahnschmelz, Kariesschutz

bekämpft schädliche Bakterien, die Zahnbelag und Zahnfleischentzündungen hervorrufen

sorgt für Atemfrische

Preis pro Anwendung: 0,16- 0,28 €

Today Dent

Inhaltsstoffe:

Aqua
Propylene Glycol
Poloxamer 407
PEG-60 Hydrogenated Castor Oil
Disodium Phosphate
Citric Acid
Cetylpyridinium Chloride
Sodium Saccharin
Aroma
Menthol
Sodium Fluoride
Anethole
Limonene
Sodium Benzoate
CI 47005
CI 42090

Funktion:

Lösungsmittel
Lösungsmittel
Lösungsvermittler
Emulgator
Kariesschutz, pH- Wertregulator
Konservierungs- und Säuerungsmittel
antimikrobieller Wirkstoff
Süßstoff
Geschmack
ätherischer Wirkstoff
kariespräventiv, Natriumfluorid 200 ppm
Duft- und Aromastoff
Duftstoff
pH- Wertregulator, Konservierungsmittel
Farbstoff
Farbstoff

Anwendungsgebiete laut Herstellerangaben:

hemmt Bakterien, die Zahnbelag, Karies und Parodontitis verursachen
antimikrobielle Wirkung

Preis pro Anwendung: 0,08 €

Perlodent

Inhaltsstoffe:

Aqua
Alcohol
Aroma
Cocamidopropyl Betaine
Cetylpyridinium Chloride
Disodium Phosphate
Sodium Fluoride
Citric Acid
Bisabolol
Salvia Officinalis Oil
Eugenol
Chamomilla Recutita Flower Extract

Eugenia Caryophyllus Flower Extract
Salvia Officinalis
Sodium Benzoate
Potassium Sorbate
Sodium Saccharin
CI 42090

Funktion:

Lösungsmittel
Lösungsmittel
Geschmack
Tensid
antimikrobieller Wirkstoff
Kariesschutz, pH- Wertregulator
Natriumfluorid 440 ppm
Konservierungs- und Säuerungsmittel
entzündungshemmender Wirkstoff
Salbei, antiseptischer Wirkstoff
Nelkenöl, antiseptischer Wirkstoff
Kamille, entzündungshemmender
Wirkstoff

Nelke, antiseptischer Wirkstoff
Salbei, antiseptischer Wirkstoff
pH- Wertregulator, Konservierungsmittel
Konservierungsmittel
Süßstoff
Farbstoff

Anwendungsgebiete laut Herstellerangaben:

schützt vor Karies und Zahnfleiscentzündungen
beugt Parodontitis vor
reduziert Mundgeruch und bakteriellen Zahnbelag

Preis pro Anwendung: 0,05 €

Odol-med3

Inhaltsstoffe:

Aqua
Alcohol
Propylene Glycol
Cetylpyridiniumchloride
Zincchloride
Chamomilla Recutita Water

Bisabolol
Panthenol
Eugenia Caryophyllus Leaf Oil
Salvia Officinalis Oil
Aroma
PEG-60 Hydrogenated Castor Oil
Sodium Saccharin
Disodium Phosphate
Sodium Fluoride

Citric Acid
Eugenol
CI 42090

Funktion:

Lösungsmittel
Lösungsmittel, 9 Vol %
Lösungsmittel
antimikrobieller Wirkstoff, 0,05%
Zinkchlorid
Kamille, entzündungshemmender
Wirkstoff
entzündungshemmender Wirkstoff
feuchtigkeitsbewahrend
Nelkenöl, entzündungshemmend
Salbei, antiseptischer Wirkstoff
Geschmack
Emulgator
Süßstoff
Kariesschutz, pH- Wertregulator
kariespräventiv,
Natriumfluorid 250 ppm
Konservierungs- und Säuerungsmittel
Duftstoff, antiseptischer Wirkstoff
Farbstoff

Anwendungsgebiete laut Herstellerangaben:

wirksam bei Zahnfleischentzündungen
wirksam bei Zahnfleischbluten
wirksam bei Parodontitis
sorgt für Atemfrische

Preis pro Anwendung: 0,07- 0,13 €

Odol- Mundwasser

Inhaltsstoffe:

Aqua

Alcohol

Aroma

Propylene Glycol

Polysorbate 20

Sodium Saccharin

Eugenol

Linalol

Limonene

Funktion:

Lösungsmittel

Lösungsmittel, 15 %

Geschmack

Lösungsmittel

Emulgator

Süßstoff

Nelkenöl, antiseptischer Wirkstoff

Duftstoff

Duftstoff

Anwendungsgebiete laut Herstellerangaben:

bekämpft schlechten Atem

Preis pro Anwendung: 0,01 €

Dentagard

Inhaltsstoffe:

Aqua

Alcohol

Aroma

PEG-40 Hydrogenated Castor Oil

Sodium Saccharin

Commiphora Myrrha Extract

Menta Piperita

Salvia Officinalis Oil

Chamomilla Recutita Extract

Limonene

CI 74260, 77891

Funktion:

Lösungsmittel

Lösungsmittel

Geschmack

Emulgator

Süßstoff

Myrrhe

Pfefferminze

Salbei, antiseptischer Wirkstoff

Kamille, entzündungshemmend

Duftstoff

Farbstoffe

Anwendungsgebiete laut Herstellerangaben:

zahnfleischbelebend

zur Unterstützung der natürlichen Mundflora

Preis pro Anwendung: 0,01 €

Elkadent

Inhaltsstoffe:

Aqua
Alcohol
Aroma
Sodium C14-17Alkyl Sec Sulfonate
Zinc Chloride
Illicium Verum Oil
Sodium Saccharin
Lavendula Angustifolia
Eugenol
Limonene
Linalol
Ascorbic Acid

Funktion:

Lösungsmittel
Lösungsmittel
Geschmack
Tensid
antibakterieller Wirkstoff
Sternanis
Süßstoff
Lavendel, beruhigend
Duftstoff, antiseptischer Wirkstoff
Duftstoff
Duftstoff
Oxidationsschutzmittel

Anwendungsgebiete laut Herstellerangaben:

für langanhaltende Atemfrische

Preis pro Anwendung: 0,01 €

4.2 Verwendete Mikroorganismen

Es wurden Mikroorganismen der Resident- und der Transientflora in zwei unterschiedlichen Versuchsreihen verwendet.

Im ersten Schritt wurde ein Agardiffusionstest mit folgenden Keimen durchgeführt.

Bakterien der residenten Mikroflora der Mundhöhle:

Streptococcus sanguinis	Mitis-Gruppe, fakultativ anaerob, grampositiv
Streptococcus salivarius	Salivarius-Gruppe, fakultativ anaerob, grampositiv
Streptococcus mutans	Mutans-Gruppe, fakultativ anaerob, grampositiv

Bakterien der transienten Flora der Mundhöhle:

Escherichia coli	fakultativ anaerob, gramnegativ
Enterococcus faecalis	fakultativ anaerob, grampositiv

Hefepilz:

Candida albicans	aerob, grampositiv
-------------------------	--------------------

In der zweiten Versuchsreihe wurde ein Bouillon- Reihenverdünnungstest durchgeführt mit den bereits im Agardiffusionstest verwendeten Mikroorganismen und zusätzlich folgenden Keimen.

Bakterien der transienten Flora der Mundhöhle:

Staphylococcus aureus	fakultativ anaerob, grampositiv
Pseudomonas aeruginosa	aerob, gramnegativ

Die verwendeten Stämme der Mikroorganismen waren klinische Isolate und wurden der Sammlung des Instituts für Medizinische Mikrobiologie des Universitätsklinikums Jena entnommen.

4.3 Nährmedien und Reagenzien

a) Columbiaagar mit defibriniertem Schafblut

Firma: OXOID/ Art.Nr. CM 331

Zusammensetzung: Spezialpepton 23 g/l
Stärke 1g/l
Natriumchlorid 5 g/l
Agar 10 g/l
defibriniertes Schafblut 100ml
pH 7,3 (+/- 0,2)

Verwendung: Selektivnährboden für orale Streptokokken, *S. aureus*, *P. aeruginosa*
für die Vorkultivierung
zur Herstellung der inkubierten Nährböden zur Verwendung im
Agardiffusionstest
zur Herstellung der Nährböden für den Bouillon-
Reihenverdünnungstest

b) Caseinpepton- Sojamehlpepton- Agar (CASO- Agar)

Firma: OXOID / Art.Nr. CM 131

Zusammensetzung: Caseinpepton 15 g/l
Sojamehlpepton 5 g/l
Natriumchlorid 5 g/l
Agar 15 g/l
pH 7,3 (+/- 0,2)

Verwendung: als Nährmedium für *E. coli*, *E. faecalis*
für die Vorkultivierung
zur Herstellung der inkubierten Nährböden zur Verwendung im
Agardiffusionstest
zur Herstellung der Nährböden für den Bouillon-
Reihenverdünnungstest

c) Sabouraud- Glucose- Nährmedium

Firma: OXOID / Art.Nr. CM 41

Zusammensetzung: Mykologisches Pepton 10 g/l
Glucose 40 g/l
Agar 15 g/l
pH 5,6 (+/- 0,2)

Verwendung: als Nährmedium für *C. albicans*
für die Vorkultivierung
zur Herstellung der inkubierten Nährböden zur Verwendung im
Agardiffusionstest
zur Herstellung der Nährböden für den Bouillon-
Reihenverdünnungstest

d) Sabouraud- Bouillon, steril

Firma: OXOID / Art.Nr. CM 147

Zusammensetzung: Caseinpepton, pankreatisch verdaut 5 g/l
Fleischpepton, peptisch verdaut 5 g/l
Glucose 20 g/l
pH 5,7 (+/- 0,2)

Verwendung: zur Kultivierung und Keimzahleinstellung von *C. albicans*

e) Dextrose- Lösung, steril

Verwendung: zur Kultivierung und Keimzahleinstellung von oralen Streptokokken,
E. coli, *E. faecalis*, *P. aeruginosa* und *S.aureus*

f) Glucose- Bouillon, steril

Firma: OXOID / Art.Nr. CM 175

Zusammensetzung: Fleischextrakt Lab-Lemco 3 g/l
Tryptose 10 g/l
Glucose 5 g/l
Natriumchlorid 5 g/l

Verwendung: zur Herstellung der Keimsubstrat- Suspension im Bouillon-
Reihenverdünnungstest

g) Natriumchlorid- Lösung, steril

Verwendung: zur Herstellung der Suspension im Agardiffusionstest
zur Verdünnung der Keimsubstrat- Suspension im Bouillon-
Reihenverdünnungstest

4.4 Versuchsdurchführung

Im Rahmen dieser in vitro- Studie werden zwei verschiedene Versuchsreihen durchgeführt:

1. Agardiffusionstest
2. Bouillon- Reihenverdünnungstest

Ziel der Arbeit war ein Nachweis der antimikrobiellen Wirksamkeit von Mundspüllösungen. Dabei kamen die „Richtlinien für die Prüfung und Bewertung chemischer Desinfektionsverfahren“ zur Anwendung (14).

In vitro- Tests sollen, unter Berücksichtigung unterschiedlicher Konzentrationen und Einwirkzeiten, Aussagen über entwicklungshemmende und keimtötende Eigenschaften von Substanzen treffen.

Für die notwendigen Ausgangsverdünnungen wurden Kochsalzlösungen verwendet.

Es findet zum einen ein qualitativer Suspensionsversuch statt, als auch ein quantitativer.

Beide dienen der Bestimmung der bakteriziden, bzw. fungiziden Wirkung der Prüfsubstanzen.

Mithilfe des qualitativen Suspensionsversuches kann der wirksame Konzentrationsbereich ermittelt werden. Im darauffolgenden quantitativen Suspensionsversuch werden die Kolonien nach der Bebrütung ausgezählt.

Entsprechende Bakterienstämme und die Pilzkultur, Nährböden und Verdünnungsreihen waren notwendig und wurden, wie im Folgenden beschrieben, hergestellt und verwendet.

4.4.1 Vorkultivierung der Mikroorganismen

Die ausgewählten Keimarten wurden für 48 Stunden auf geeignete Nährböden im CO₂-Brutschrank (10% CO₂) vorkultiviert. Streptococcus salivarius, Streptococcus sanguinis und Streptococcus mutans, sowie Pseudomonas aeruginosa und Staphylococcus aureus benötigen Columbia-Agar um wachsen zu können. Für Escherichia coli und Enterococcus faecalis wurde CASO- Agar verwendet. Sabouraud- Agar stellte den Nährboden für Candida albicans dar.

Anschließend wurden die so gezüchteten Mikroorganismen mittels steriler Impfösen von den Nährböden entnommen und in 5 ml sterile Dextrose-Lösung eingebracht. Da im Speichel

durchschnittlich 10^8 Keime enthalten sind, wurde die Keimdichte pro ml Dextrose- Lösung ebenfalls auf 10^8 mittels Trübungsstandards nach Mc Farland 6 eingestellt. Somit erhielt man eine Keimsuspension, die für den Agardiffusionstest und den Bouillon-Reihenverdünnungstest verwendet werden konnte.

4.4.2 Agardiffusionstest

Nährbodenherstellung

Von der vorher hergestellten Keimsuspension (4.4.1) wurden jeweils 0,5 ml entnommen und in 500 ml flüssiges Nährmedium, mit Hilfe steriler Pipetten, eingebracht. Dadurch konnte eine Verdünnung von 1:1000 erreicht werden. Somit ergab sich eine Keimzahl von 10^5 Keimen pro ml Nährmedium. Für die einzelnen Nährbodenplatten wurden Petri- Schalen, in der Größe 55 x 16 mm, verwendet und mit 15 ml des inkubierten Nährmediums gefüllt. Nach dem Abkühlen der Platten wurden diese mittels eines sterilen Stanzzylinders in der Mitte ausgestanzt. Das so verursachte Loch hatte einen Durchmesser von 8 mm.

Suspensionsherstellung der Mundspüllösungen

Es wurde von einer durchschnittlichen Gebrauchskonzentration von 20 ml Mundspülung pro Spülvorgang ausgegangen. Dabei wurden Herstellerangaben genutzt. 20 ml Mundspülung entspricht in Rahmen der Untersuchung der einfachen Konzentration (Gebrauchskonzentration). Für die notwendigen Verdünnungsreihen wurde sterile Kochsalzlösung verwendet. Die 0,5- fache Konzentration entstand durch eine Verdünnung von 10 ml purer Lösung mit 10 ml der Kochsalzlösung. Die 0,25- fache Konzentration erreichte man mit der Verdünnung der 0,5- fachen Konzentrationsmenge. Dabei wurden wieder 10 ml der 0,5- fachen Konzentration mit 10 ml Kochsalzlösung vermischt. Eine Ausnahme stellten die Mundwässer dar. Bei ihnen handelt es sich um Konzentrate. Deshalb wurden nur 5 Spritzer des jeweiligen Mundwassers in 150 ml Kochsalzlösung als Gebrauchskonzentration hergestellt und in gleicher Weise verfahren wie bei den Mundspülungen zuvor beschrieben.

Durchführung des Agardiffusionstests

In die jeweiligen Agarböden wurden 0,3 ml der einzelnen Mundspüllösungen pipettiert.

Danach kamen sie für 48 Stunden in eine Brutkammer bei 37°C.

Nach der Bebrütung konnte dann festgestellt werden, ob sogenannte Hemmhöfe entstanden sind. Diese wurden dann mit einem Lineal vermessen.

Getestet wurden in der ersten Versuchsreihe alle 10 Mundspüllösungen. Die dazu verwendeten Keime waren die drei oralen Streptokokken, der Escherichia coli-, der Enterococcus faecalis- und der Candida albicans- Stamm.

Die Mundspüllösungen lagen in Gebrauchskonzentration, in 0,5- facher und 0,25- facher Konzentration vor.

Alle Versuche wurden zweimal durchgeführt.

4.4.3 Bouillon- Reihenverdünnungstest

Nährbodenherstellung

Es wurden maschinell hergestellte Nährböden in Petri- Schalen, der Größe 94 x 16 mm verwendet. Diese enthielten 18 ml Agar.

Wieder wurde Columbia- Agar für die Streptokokken, Pseudomonas aeruginosa und Staphylococcus aureus genutzt. Die Coli- Bakterien und Enterokokken wurden auf CASO- Agar angezüchtet und Candida albicans auf Sabouraud- Agar.

Suspensionsherstellung der Mundspüllösungen

Diesmal wurde eine Dextrosebouillon zur Verdünnung genutzt. Diese ist notwendig, um ein Keimwachstum zu erzielen. Zur Herstellung der 0,5- fachen Konzentration wurden 10 ml Dextrosebouillon in 10 ml Mundspülung gemischt. Weiterhin wurde eine Suspension mit der 0,25- fachen Konzentration hergestellt. Eine Nullprobe, um das Keimwachstum zu dokumentieren, bestand für jede Keimart aus 20 ml reiner Dextrosebouillon.

Durchführung des Bouillon- Reihenverdünnungstests

Es stand für jede Keimart eine Nullprobe zur Verfügung. Diese bestand aus einer Bouillon ohne Zugabe von Mundspüllösungen. Weiterhin waren für jede Keimart 20 ml

Mundspüllösung- Dextrosebouillongemische mit 0,5- facher und 0,25- facher Konzentration

vorhanden. In jede Nullprobe und in die unterschiedlich konzentrierten Mundspüldextrosesuspensionen wurden jeweils 0,2 ml der vorher hergestellten Keimsuspension, die unter Punkt 4.4.1 beschrieben steht, pipettiert. Die daraus resultierende Keimzahl betrug dann 10^6 Keime pro ml. Eine Verdünnungsreihe jeder Bouillon, zum Zeitpunkt Null, mit dem Faktor 10^{-1} - 10^{-5} wurde hergestellt. Davon wurden jeweils 0,1 ml auf die entsprechenden Nährböden ausgespatelt. Danach kamen die Agarböden in den CO_2 - Brutschrank für 48 Stunden. Eine weitere Verdünnungsreihe zum Zeitpunkt $t=2$ fand entsprechend zwei Stunden später statt. Dabei wurden auch wieder 0,5 ml aus den einzelnen Bouillons in Röhrchen pipettiert und aus denen dann erneut 0,5 ml entnommen werden konnten, um eine weitere Verdünnung zu erreichen. Ausgestrichen auf die Agarplatten wurden diese im 37°C temperierten Brutschrank gestellt. Nach 48 Stunden konnte man die Kolonien auf den Böden auszählen und mit der Nullprobe vergleichen. Auch diese Versuchsreihe wurde zweimal durchgeführt.

5. Ergebnisse

5.1 Ergebnisse des Agardiffusionstests

Der Agardiffusionstest wurde als Hemmhoftest durchgeführt. Er soll einen schnellen Überblick über eventuelle antimikrobielle Effekte der zu untersuchenden Testsubstanzen liefern. Die drei Streptokokkenarten, Escherichia coli, Enterococcus faecalis und Candida albicans wurden in dieser Versuchsreihe verwendet.

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Agardiffusionstests tabellarisch und grafisch, geordnet nach Keimen, dargestellt (Tabellen 1- 6; Abb. 1- 6).

Es sei erwähnt, dass aufgrund der Versuchsdurchführung in jede Agarplatte ein Loch mit dem Durchmesser von 8 mm gestanzt wurde. Bei der Ausbildung eines Hemmhofes ist dieser theoretisch immer um 8 mm größer als der Abgelesene. Kam es zu keiner Hemmhofbildung, wurde dieser Effekt mit 0 angegeben. Das entspricht der üblichen Vorgehensweise für das Ablesen eines Agardiffusionstests zur Bestimmung der Empfindlichkeit gegenüber Antibiotika in der klinischen Mikrobiologie.

Erläuterung zu den Abbildungen:

Abszisse: für jede der getesteten Mundspüllösungen sind drei Konzentrationen mittels Säulen dargestellt

1. Säule = 0,25- fache Konzentration
2. Säule = 0,5- fache Konzentration
3. Säule = Gebrauchskonzentration

Ordinate: abgelesener Hemmhofdurchmesser in [mm]

5.1.1 Streptococcus sanguinis

Tabelle 1: Agardiffusionstest; mittlerer Hemmhofdurchmesser in [mm] in Abhängigkeit von verschiedenen Konzentrationen der Mundspüllösungen

Mundspüllösung	0,25- fach	0,5- fach	1- fach
DontoDent	12	13	14
Meridol	12	14	16
Elmex	12	15	17
Listerine	10	12	11
Today Dent	15	16	20
Perlodent	12	13	16
Odol-med3	0	10	12
Odol- Mundwasser	0	12	12
Dentagard	11	11	12
Elkadent	0	0	0

Bei sieben der ausgewählten Mundspüllösungen zeigten sich bereits bei 0,25- facher Konzentration Hemmhöfe in unterschiedlichen Größen. Eine Ausnahme bildeten die Mundwässer Odol und Elkadent. Bei beiden war keine Wirkung erkennbar. Elkadent konnte in keiner der getesteten Konzentrationen überzeugen. Ebenfalls bei der Mundspülung Odol-med3 konnte in der 0,25- fachen Konzentration keine Wirksamkeit nachgewiesen werden. Erst bei der Verwendung der 0,5- fachen Konzentration fand eine Wachstumshemmung von Streptococcus sanguinis statt. Dentagard und Odol- Mundwasser zeigten ähnliche Hemmhöfe bei 0,5- facher Konzentration bzw. Gebrauchskonzentration. Gute Ergebnisse erzielten die Mundspülungen Elmex, Meridol und Perlodent. In der Gebrauchskonzentration konnte Today Dent besonders deutlich das Wachstum supprimieren, überzeugte aber auch schon in niedrigen Konzentrationen.

Bei der Verwendung der Gebrauchskonzentration wurde *Streptococcus sanguinis* von 90% der Produkte in seinem Wachstum gehemmt.

In Abbildung 1 wurden die Hemmhofdurchmesser grafisch dargestellt.

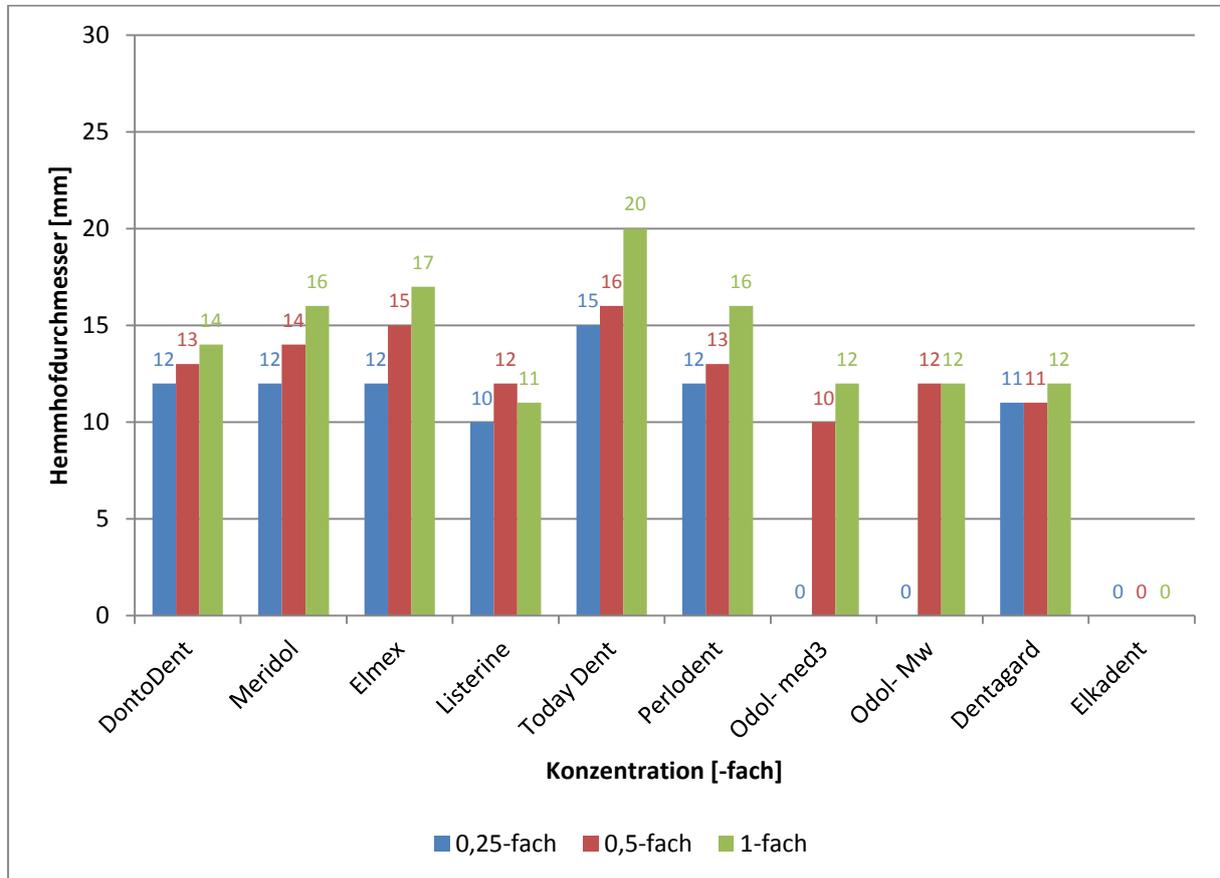


Abb. 1: Agardiffusionstest; Mittlerer Hemmhofdurchmesser in [mm] in Abhängigkeit von verschiedenen Konzentrationen der Mundspüllösungen für *S. sanguinis*

5.1.2 Streptococcus salivarius

Tabelle 2: Agardiffusionstest; mittlerer Hemmhofdurchmesser in [mm] in Abhängigkeit von verschiedenen Konzentrationen der Mundspüllösungen

Mundspüllösung	0,25- fach	0,5- fach	1- fach
DontoDent	11	13	13
Meridol	13	15	17
Elmex	13	14	18
Listerine	0	0	10
Today Dent	12	12	14
Perlodent	10	14	18
Odol-med3	12	13	14
Odol- Mundwasser	0	0	0
Dentagard	0	0	0
Elkadent	0	0	0

Für die 0,25- fache Konzentration der Mundspüllösungen zeigten sich bei mehr als der Hälfte der getesteten Produkte Hemmhöfe in unterschiedlichen Größen. Die Mundwässer konnten in keiner der Konzentrationen eine Wirksamkeit erkennen lassen. Listerine konnte eine Hemmwirkung erst in der Gebrauchskonzentration erreichen. In 0,25- facher und 0,5- facher Konzentration waren die Ergebnisse unbefriedigend. Bei der Verwendung der Gebrauchskonzentration zeigten vor allem Perlodent und Elmex eine gute Wachstumshemmung. Überzeugend war ebenfalls Meridol. Unter Verwendung der Gebrauchskonzentration fand eine Wachstumssupprimierung des Bakteriums von 70 % der verwendeten Mundspüllösungen statt.

Abbildung 2 verdeutlicht die ermittelten Hemmhofdurchmesser.

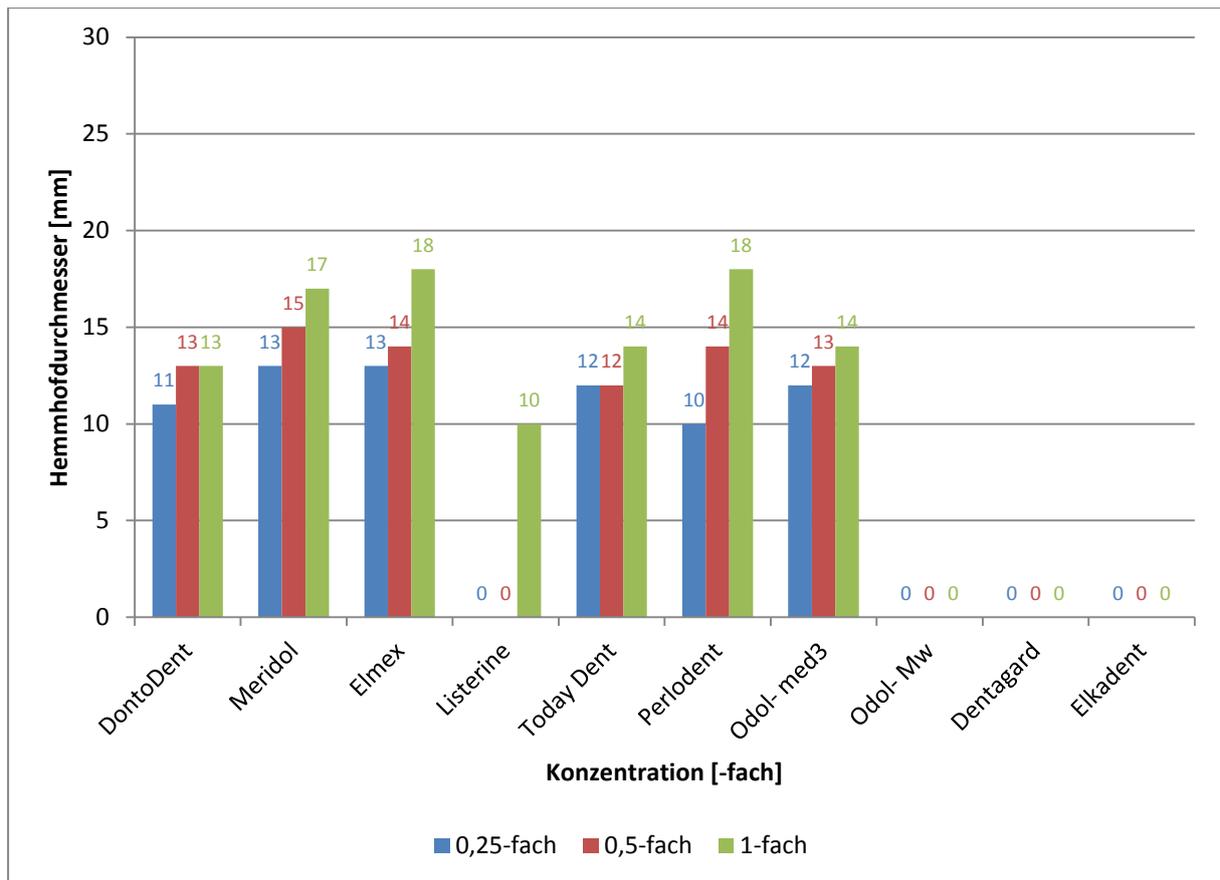


Abb. 2: Agardiffusionstest; Mittlerer Hemmhofdurchmesser in [mm] in Abhängigkeit von verschiedenen Konzentrationen der Mundspüllösungen für *S. salivarius*

5.1.3 Streptococcus mutans

Tabelle 3: Agardiffusionstest; mittlerer Hemmhofdurchmesser in [mm] in Abhängigkeit von verschiedenen Konzentrationen der Mundspüllösungen

Mundspüllösung	0,25- fach	0,5- fach	1- fach
DontoDent	12	13	13
Meridol	15	17	18
Elmex	15	17	20
Listerine	0	0	0
Today Dent	17	20	25
Perlodent	0	0	0
Odol-med3	0	12	14
Odol- Mundwasser	0	0	0
Dentagard	0	12	12
Elkadent	0	0	0

Bereits in der 0,25- fachen Konzentration waren sehr gute Ergebnisse bei den Mundspülungen Meridol, Elmex und Today Dent zu finden. Diese steigerten sich bei der Erhöhung der Konzentration bis zur Gebrauchskonzentration vor allem bei Today Dent. Perlodent und Listerine konnten in keiner Konzentration überzeugen. Ebenso Odol- Mundwasser und Elkadent. Nur bei Dentagard, durch einen Anstieg der Konzentration, konnten Hemmhöfe beobachtet werden. Insgesamt zeigten auch hier 60 % der Mundspüllösungen eine hemmende Wirkung.

In Abbildung 3 sind die Hemmhofdurchmesser grafisch dargestellt.

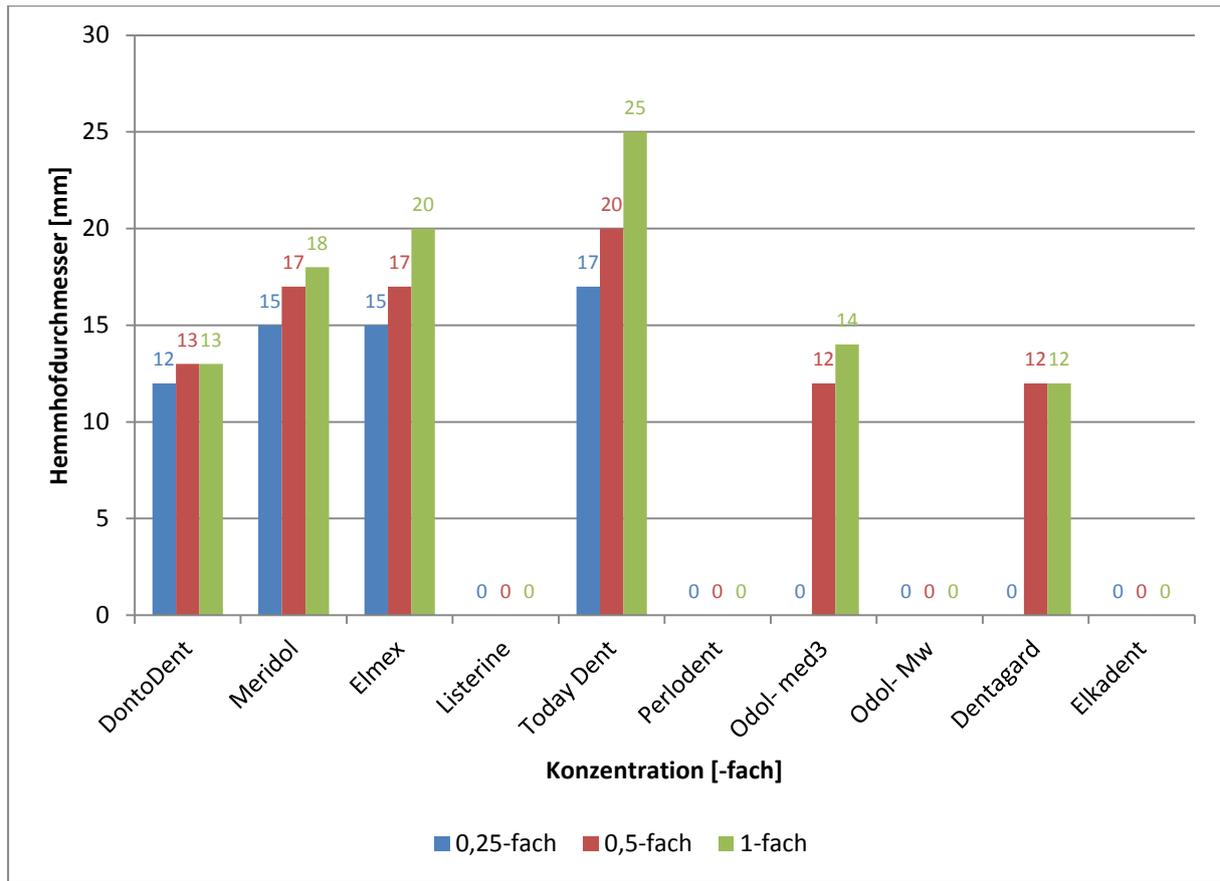


Abb. 3: Agardiffusionstest; Mittlerer Hemmhofdurchmesser in [mm] in Abhängigkeit von verschiedenen Konzentrationen der Mundspüllösungen für *S. mutans*

5.1.4 Escherichia coli

Tabelle 4: Agardiffusionstest; mittlerer Hemmhofdurchmesser in [mm] in Abhängigkeit von verschiedenen Konzentrationen der Mundspüllösungen

Mundspüllösung	0,25- fach	0,5- fach	1- fach
DontoDent	12	12	13
Meridol	0	11	12
Elmex	10	12	13
Listerine	0	0	0
Today Dent	15	15	16
Perlodent	0	12	12
Odol-med3	0	1	11
Odol- Mundwasser	0	0	0
Dentagard	0	0	0
Elkadent	0	0	0

Hemmhöfe in 0,25- facher Konzentration wurden nur bei drei Mundspüllösungen gemessen, bei DontoDent, Elmex und Today Dent. Zudem überzeugte Today Dent mit der besten Wirksamkeit in allen Konzentrationen. Meridol und Perlodent verbesserten ihre Wirksamkeit durch eine Steigerung der verwendeten Konzentration und zeigten Hemmhöfe bei 0,5- facher Konzentration, bzw. Gebrauchskonzentration. Bei Listerine, Odol- Mundwasser, Dentagard und Elkadent konnte keine Wirksamkeit nachgewiesen werden. Unter Verwendung der Gebrauchskonzentration konnte Escherichia Coli in seinem Wachstum von 60% der Produkte gehemmt werden.

Abbildung 4 zeigt die dazugehörige Grafik.

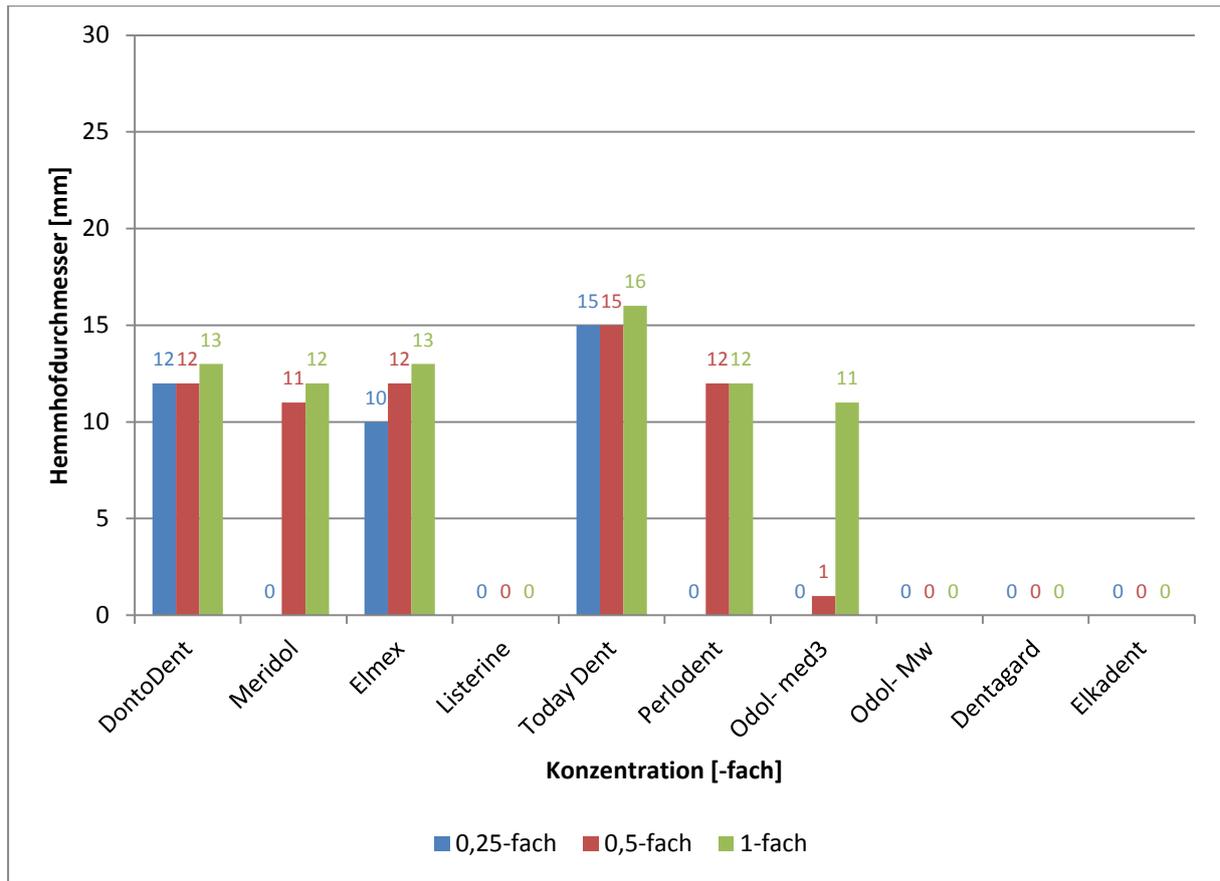


Abb. 4: Agardiffusionstest; Mittlerer Hemmhofdurchmesser in [mm] in Abhängigkeit von verschiedenen Konzentrationen der Mundspüllösungen für E. coli

5.1.5 Enterococcus faecalis

Tabelle 5: Agardiffusionstest; mittlerer Hemmhofdurchmesser in [mm] in Abhängigkeit von verschiedenen Konzentrationen der Mundspüllösungen

Mundspüllösung	0,25- fach	0,5- fach	1- fach
DontoDent	13	14	17
Meridol	13	14	17
Elmex	13	15	16
Listerine	0	0	10
Today Dent	17	17	18
Perlodent	13	13	13
Odol-med3	12	13	14
Odol- Mundwasser	0	0	0
Dentagard	0	0	0
Elkadent	0	0	0

Mit 0,25- facher Konzentration hemmten über die Hälfte der getesteten Lösungen. Dabei war Today Dent sehr überzeugend. Aber auch Meridol, Elmex und DontoDent zeigten ähnliche Ergebnisse bei der Verwendung der Gebrauchskonzentration. Listerine war erst wirksam in der Gebrauchskonzentration. Nach wie vor unwirksam waren die drei Mundwässer. 70% der Mundspüllösungen, wenn sie in der Gebrauchskonzentration verwendet wurden, führten zu einer Reduzierung des Wachstums.

Abbildung 5 zeigt die verschiedenen Hemmhofverläufe.

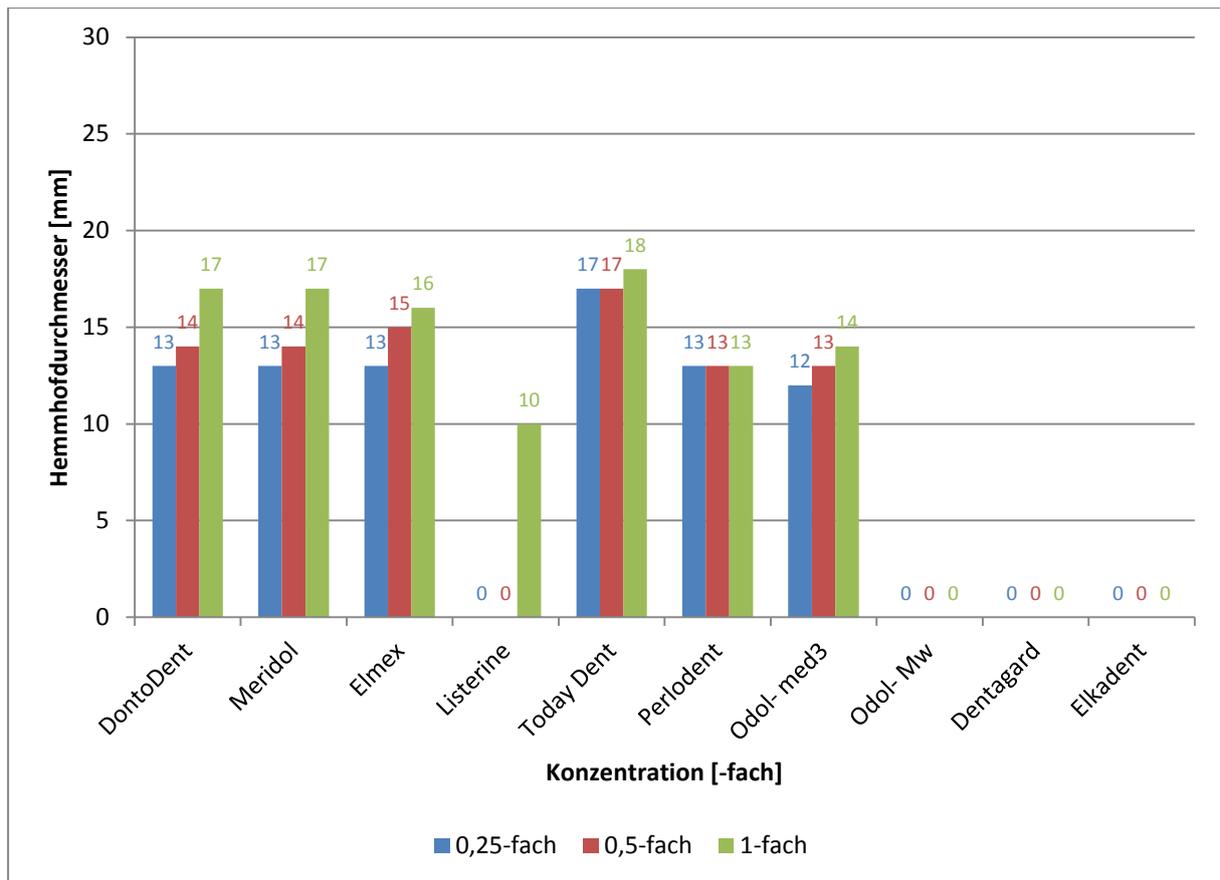


Abb. 5: Agardiffusionstest; Mittlerer Hemmhofdurchmesser in [mm] in Abhängigkeit von verschiedenen Konzentrationen der Mundspüllösungen für *E. faecalis*

5.1.6 Candida albicans

Tabelle 6: Agardiffusionstest; mittlerer Hemmhofdurchmesser in [mm] in Abhängigkeit von verschiedenen Konzentrationen der Mundspüllösungen

Mundspüllösung	0,25- fach	0,5- fach	1- fach
DontoDent	11	13	16
Meridol	0	0	0
Elmex	0	0	10
Listerine	0	0	0
Today Dent	11	13	16
Perlodent	12	13	15
Odol-med3	10	12	15
Odol- Mundwasser	0	0	0
Dentagard	0	0	0
Elkadent	0	0	0

Vier Mundspülungen zeigten eine Wachstumshemmung von *Candida albicans* bereits in 0,25- facher Konzentration, DontoDent, Today Dent, Perlodent und Odol- med3. Diese steigerten ihre Wirksamkeit nochmals mit der Erhöhung auf die Gebrauchskonzentration. Meridol, Listerine und die drei Mundwässer überzeugten nicht. Elmex konnte in der höchsten Konzentration eine Wirksamkeit erreichen. Das bedeutet, dass 50 % der verwendeten Lösungen in der Gebrauchskonzentration eine Wachstumshemmung der Hefe hervorriefen.

Die ermittelten Hemmhofdurchmesser zeigt die Abbildung 6.

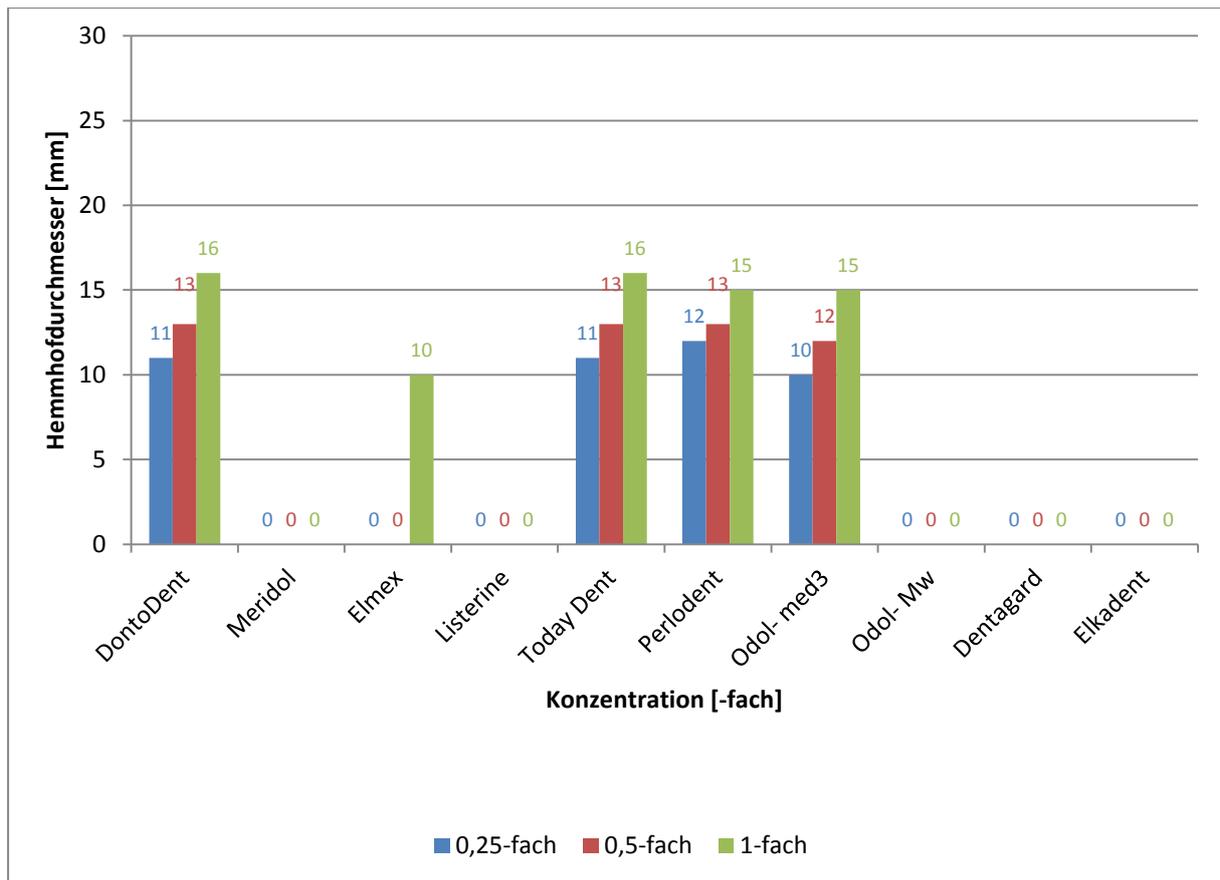


Abb. 6: Agardiffusionstest; Mittlerer Hemmhofdurchmesser in [mm] in Abhängigkeit von verschiedenen Konzentrationen der Mundspüllösungen für *C. albicans*

5.1.7 Tabellarischer Überblick zur Wirkung der verwendeten Mundspüllösungen in der Gebrauchskonzentration gegenüber den ausgewählten Mikroorganismen im Agardiffusionstest

Tabelle 7: Agardiffusionstest; Wirkung der Mundspüllösungen in der Gebrauchskonzentration gegenüber 6 getesteten Mikroorganismen

Mundspüllösung	S. sanguinis	S. salivarius	S. mutans	E. coli	E. faecalis	C. albicans
DontoDent	++	++	++	++	+++	++
Meridol	++	+++	+++	++	+++	0
Elmex	+++	+++	+++	++	++	+
Listerine	++	+	0	0	+	0
Today Dent	+++	++	+++	++	+++	++
Perlodent	++	+++	0	++	++	++
Odol- med3	++	++	++	++	++	++
Odol- MW	++	0	0	0	0	0
Dentagard	++	0	++	0	0	0
Elkadent	0	0	0	0	0	0

Legende:

Hemmhofdurchmesser	Symbol	Bedeutung
0-5 mm	0	Keine Wirkung
6-10 mm	+	Schwache Wirkung
11-16 mm	++	Gute Wirkung
>16 mm	+++	Sehr gute Wirkung

5.2 Ergebnisse des Bouillon- Reihenverdünnungstests

Mithilfe des Reihenverdünnungstests wurden quantitative Ergebnisse hinsichtlich der Wirksamkeit der verwendeten Mundspüllösungen erbracht.

Diese sollen im Folgenden tabellarisch und grafisch, geordnet nach den verwendeten Mundspüllösungen, dargestellt werden (Tabellen 8- 17; Abb. 7- 16). Als Mikroorganismen wurden die bereits verwendeten oralen Streptokokken, Enterococcus faecalis, Escherichia coli, Candida albicans und zusätzlich zwei weitere Keime der transienten Flora, Pseudomonas aeruginosa und Staphylococcus aureus herangezogen.

Die Ergebnisse wurden in Wirkungsbereiche eingeteilt, um einen schnellen und einfachen Überblick zu gewährleisten. Die folgende Legende gibt Aufschluss über deren Bedeutung.

Symbol	Wirkungsbereich
0	keine Wirkung der Mundspüllösung
+	Wachstumshemmung der Keime
++	Abtötung der Keime, geringe Restkeime vorhanden
+++	vollständige Abtötung aller Keime

Erläuterung zu den Abbildungen:

Abzisse: für die verwendeten Keime sind mittels Säulen die Nullproben und die Dextrose- Mundspüllösungssuspension dargestellt

1. Säule = Nullprobe, ohne Zusatz von Mundspüllösungen zum Zeitpunkt $t = 0$

2. Säule = Nullprobe, ohne Zusatz von Mundspüllösung nach zwei Stunden

$t = 2$

3. Säule = jeweilige Mundspüllösung in 0,25- facher Konzentration, nach zwei Stunden $t = 2$

4. Säule = jeweilige Mundspüllösung in 0,5- facher Konzentration, nach zwei Stunden $t = 2$

Ordinate: Keimzahlbestimmung in [%]

5.2.1 DontoDent

Tabelle 8: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Wirkung der Mundspülung DontoDent in zwei unterschiedlichen Konzentrationen auf die ausgewählten Mikroorganismen

DontoDent	0,25- fach	0,5- fach
S. sanguinis	+++	+++
S. salivarius	+++	+++
S. mutans	+++	+++
E. coli	+++	+++
E. faecalis	+++	+++
C. albicans	+++	+++
S. aureus	+++	+++
P. aeruginosa	+	+

DontoDent Mundspülung wirkte bereits in 0,25- facher Konzentration der üblichen Gebrauchskonzentration abtötend auf nahezu alle verwendeten Mikroorganismen. Lediglich eine Ausnahme bildete dabei Pseudomonas aeruginosa. Bei diesem Keim erhielt man mit der 0,25- fachen Konzentration nur eine Wachstumshemmung. Durch eine Verdoppelung der verwendeten Konzentration konnten nur noch wenige Keime wachsen, die mit 10,71 % Restkeimen schon an der Grenze zum nächsten Wirkungsbereich lagen.

Abbildung 7 zeigt grafisch die Ergebnisse des Bouillon- Reihenverdünnungstests für DontoDent.

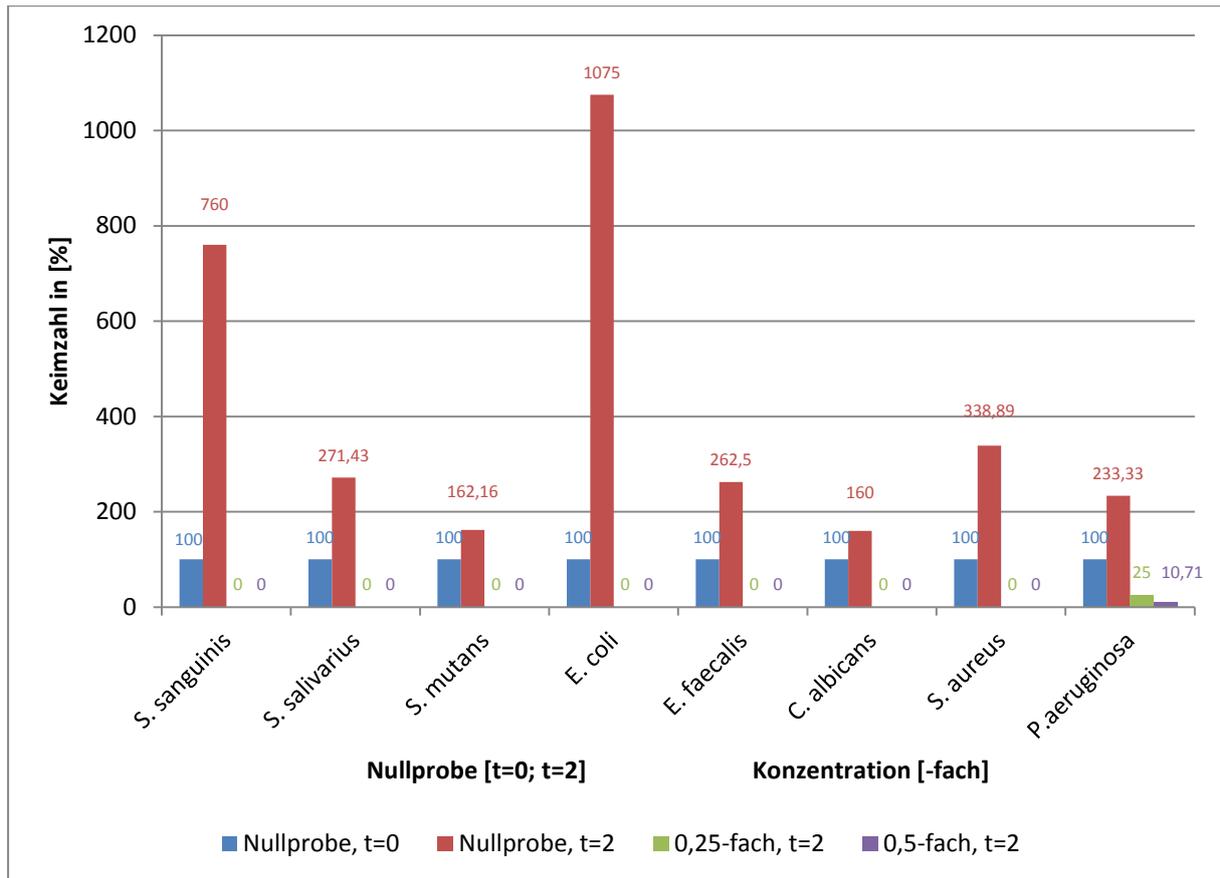


Abb. 7: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Keimzahlbestimmung in [%] von allen Mikroorganismen zum Zeitpunkt t=0 und nach zwei Stunden t=2, in Abhängigkeit der Konzentration von DontoDent

5.2.2 Meridol

Tabelle 9: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Wirkung der Mundspülung Meridol in zwei unterschiedlichen Konzentrationen auf die ausgewählten Mikroorganismen

Meridol	0,25- fach	0,5- fach
S. sanguinis	+++	+++
S. salivarius	++	+++
S. mutans	+++	+++
E. coli	++	+++
E. faecalis	+++	+++
C. albicans	+++	+++
S. aureus	+++	+++
P. aeruginosa	++	+++

Meridol zeigte sehr gute Ergebnisse bei allen eingebrachten Mikroorganismen in beiden Konzentrationen. Geringe Restzahlen an Keimen ergaben sich bei Streptococcus salivarius, bei Pseudomonas aeruginosa und bei Escherichia coli in der geringeren Konzentration. Jedoch die Erhöhung der verwendeten Konzentration führte auch in diesen Fällen zu einer vollständigen Eliminierung der Keime.

Abbildung 8 verdeutlicht die ermittelten Keimzahlen.

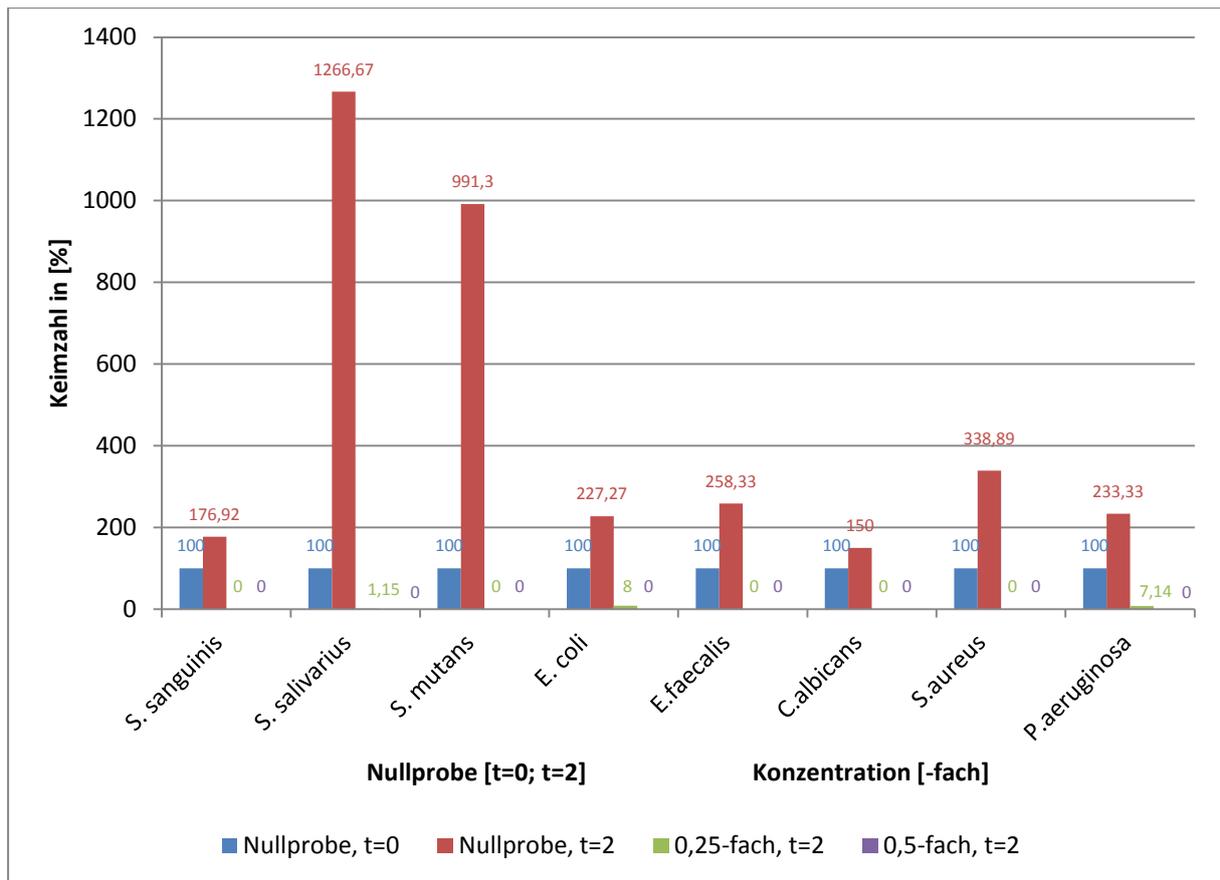


Abb. 8: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Keimzahlbestimmung in [%] von allen Mikroorganismen zum Zeitpunkt t=0 und nach zwei Stunden t=2, in Abhängigkeit der Konzentration von Meridol

5.2.3 Elmex

Tabelle 10: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Wirkung der Mundspülung Elmex in zwei unterschiedlichen Konzentrationen auf die ausgewählten Mikroorganismen

Elmex	0,25- fach	0,5- fach
S. sanguinis	+++	+++
S. salivarius	+++	+++
S. mutans	+++	+++
E. coli	+++	+++
E. faecalis	+++	+++
C. albicans	+++	+++
S. aureus	+++	+++
P. aeruginosa	+	+++

Auch Elmex erreichte sehr gute Ergebnisse. Eine vollständige Abtötung aller Keimgruppen mit 0,5- facher Konzentration konnte erzielt werden. Durch die Verwendung der 0,25- fachen Konzentration kam es bei Pseudomonas aeruginosa lediglich zu einer Wachstumshemmung.

Die Keimzahlen für Elmex sind in der Abbildung 9 dargestellt.

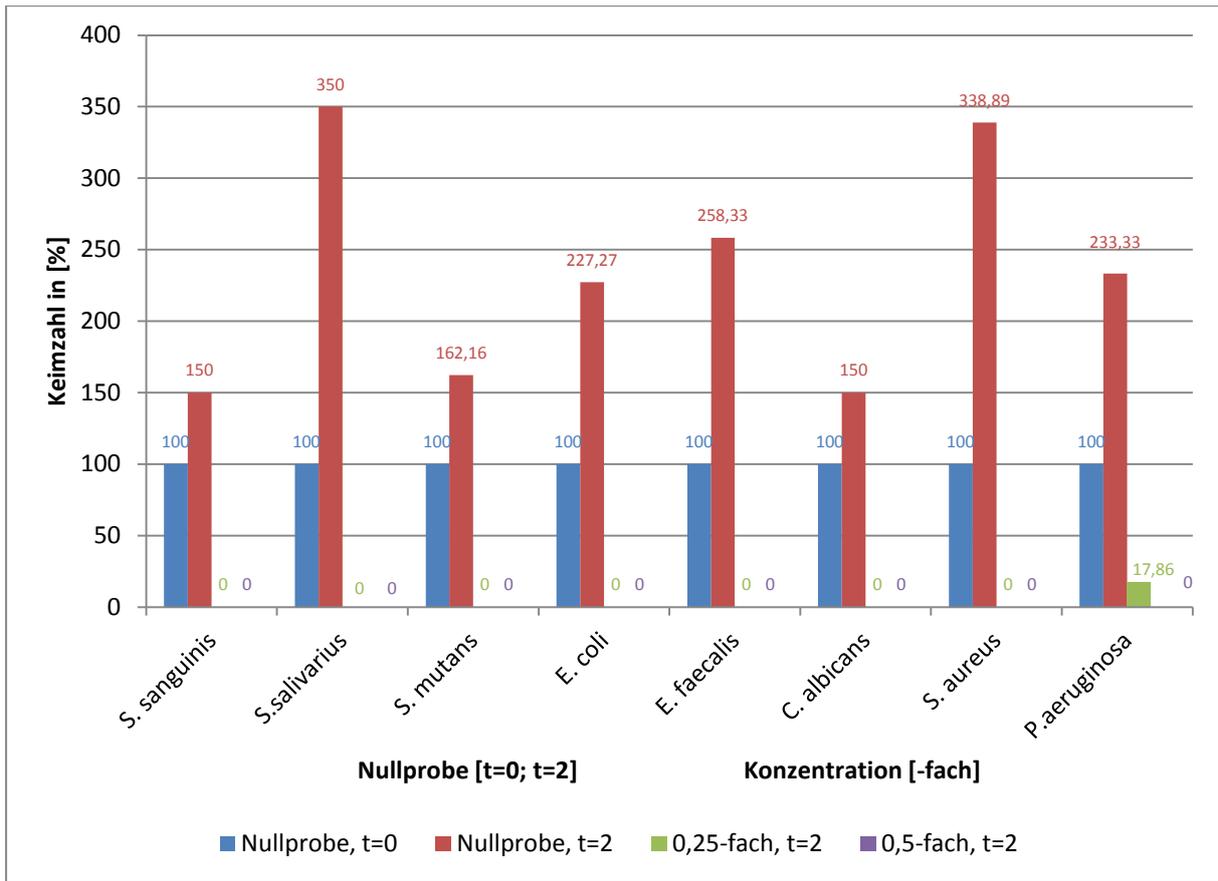


Abb. 9: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Keimzahlbestimmung in [%] von allen Mikroorganismen zum Zeitpunkt t=0 und nach zwei Stunden t=2, in Abhängigkeit der Konzentration von Elmex

5.2.4 Listerine

Tabelle 11: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Wirkung der Mundspülung Listerine in zwei unterschiedlichen Konzentrationen auf die ausgewählten Mikroorganismen

Listerine	0,25- fach	0,5- fach
S. sanguinis	+++	+++
S. salivarius	++	+++
S. mutans	++	+++
E. coli	+++	+++
E. faecalis	+	+++
C. albicans	+++	+++
S. aureus	++	+++
P. aeruginosa	0	0

Dieses Produkt wies in der 0,5- fachen Konzentration eine vollständige Keimabtötung bei nahezu allen Mikroorganismen auf. Eine deutliche Ausnahme bildete dabei Pseudomonas aeruginosa. In diesem Fall konnte keine Wirkung nachgewiesen werden, weder in 0,25- facher, noch in 0,5- facher Konzentration. Ebenfalls benötigten Streptococcus mutans, Streptococcus salivarius, Streptococcus aureus und Enterococcus faecalis eine Erhöhung der Konzentration, um vollständig abgetötet zu werden.

In der Abbildung 10 sind die Keimzahlen grafisch dargestellt.

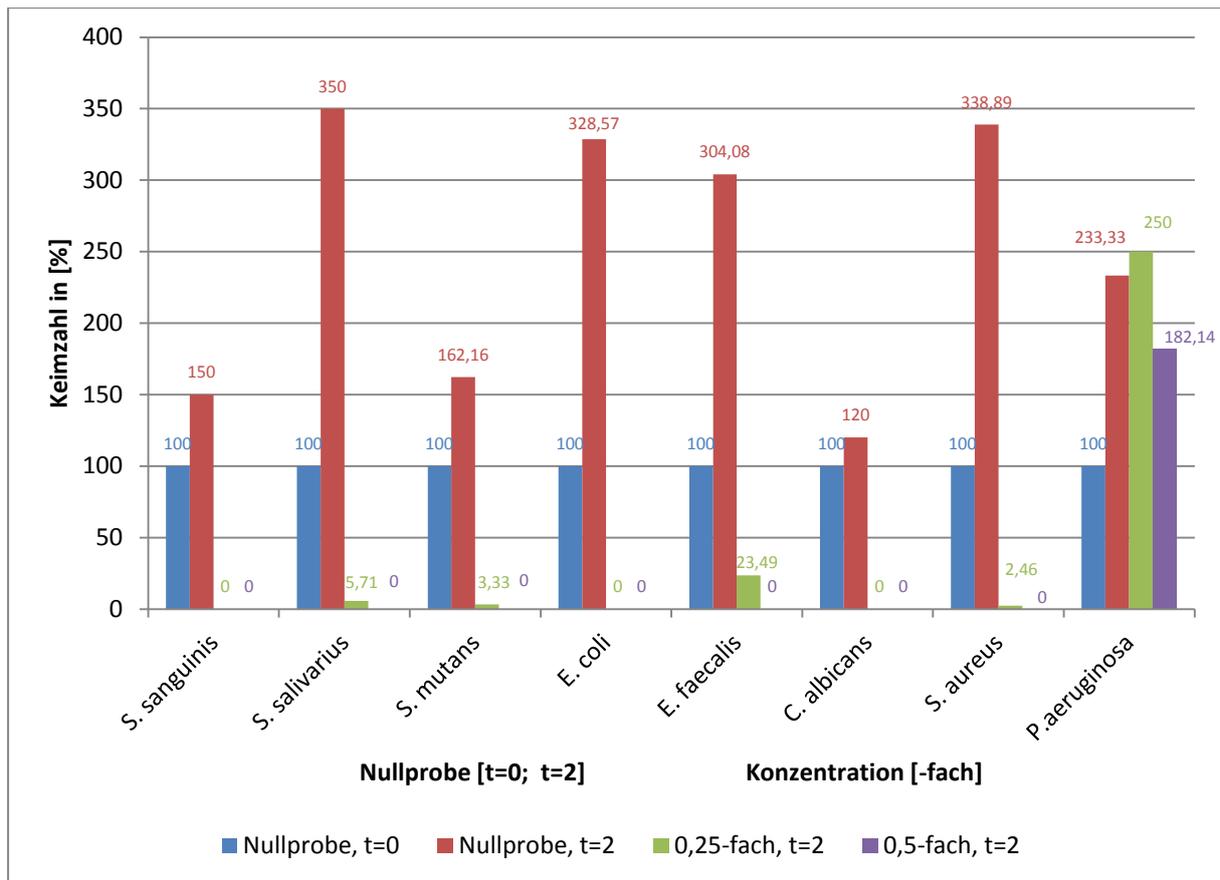


Abb. 10: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Keimzahlbestimmung in [%] von allen Mikroorganismen zum Zeitpunkt t=0 und nach zwei Stunden t=2, in Abhängigkeit der Konzentration von Listerine

5.2.5 Today Dent

Tabelle 12: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Wirkung der Mundspülung Today Dent in zwei unterschiedlichen Konzentrationen auf die ausgewählten Mikroorganismen

Today Dent	0,25- fach	0,5- fach
S. sanguinis	+++	+++
S. salivarius	+++	+++
S. mutans	+++	+++
E. coli	+++	+++
E. faecalis	+++	+++
C. albicans	+++	+++
S. aureus	0	0
P. aeruginosa	0	+

In den Keimgruppen der Streptokokken, bei Candida albicans und bei den Darmbakterien zeigte sich schon unter Verwendung der 0,25- fachen Konzentration eine vollständige Keimabtötung. Today Dent konnte gegenüber Staphylococcus aureus keine befriedigenden Ergebnisse erzielen. Ebenfalls konnte nur unter 0,5- facher Konzentration bei Pseudomonas aeruginosa eine Wachstumshemmung erreicht werden.

Alle ermittelten Keimzahlen für Today Dent sind in der Abbildung 11 dargestellt.

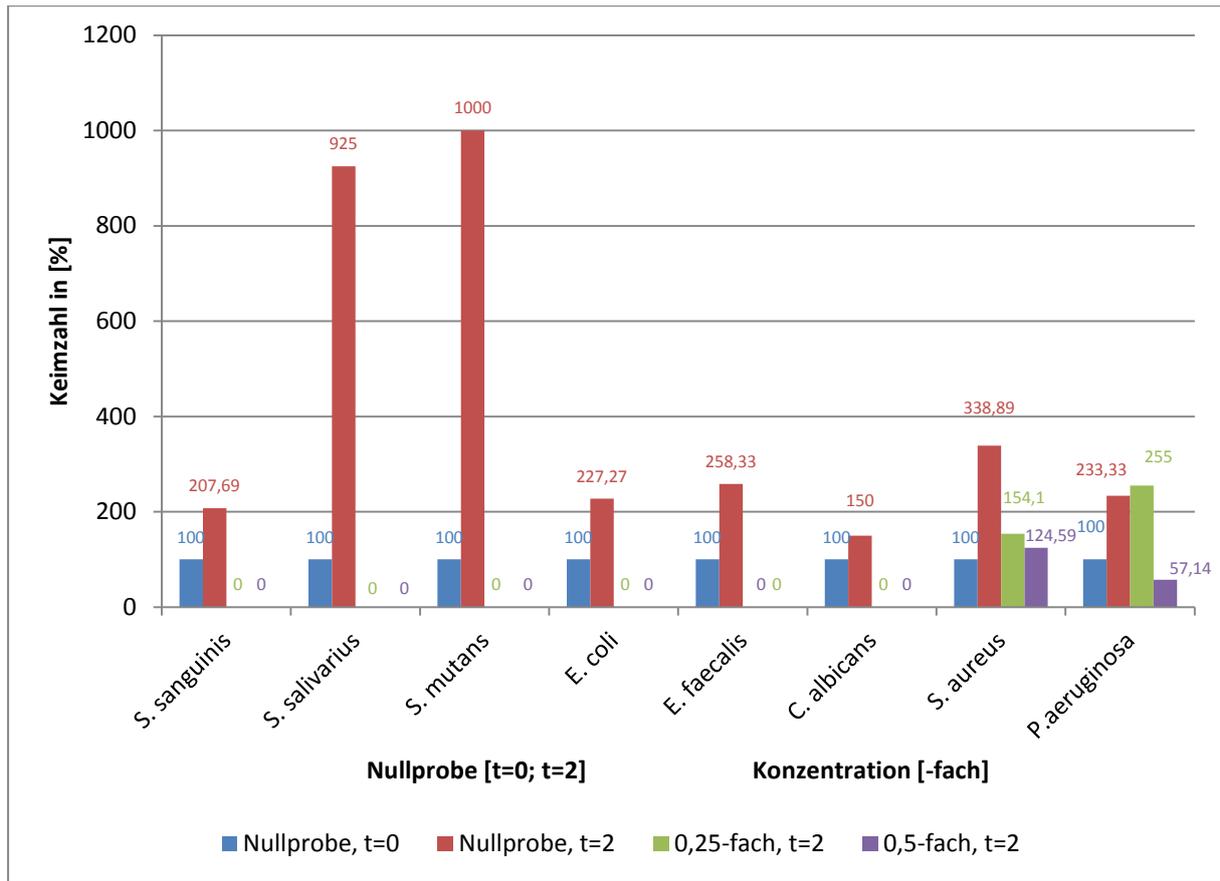


Abb. 11: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Keimzahlbestimmung in [%] von allen Mikroorganismen zum Zeitpunkt t=0 und nach zwei Stunden t=2, in Abhängigkeit der Konzentration von Today Dent

5.2.6 Perlodent

Tabelle 13: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Wirkung der Mundspülung Perlodent in zwei unterschiedlichen Konzentrationen auf die ausgewählten Mikroorganismen

Perlodent	0,25- fach	0,5- fach
S. sanguinis	+++	+++
S. salivarius	+++	+++
S. mutans	+++	+++
E. coli	++	+++
E. faecalis	+++	+++
C. albicans	+++	+++
S. aureus	+++	+++
P. aeruginosa	+	++

Perlodent brachte sehr gute Ergebnisse in nahezu allen Keimgruppen hervor. Eine Reduzierung der Mikroorganismen fand in 0,25- facher Konzentration und noch deutlicher in 0,5- facher Konzentration im Falle von Pseudomonas aeruginosa statt. Auch Escherichia coli benötigte für eine vollständige Eliminierung die höhere Konzentration. Die Abbildung 12 zeigt die dazugehörige Grafik.

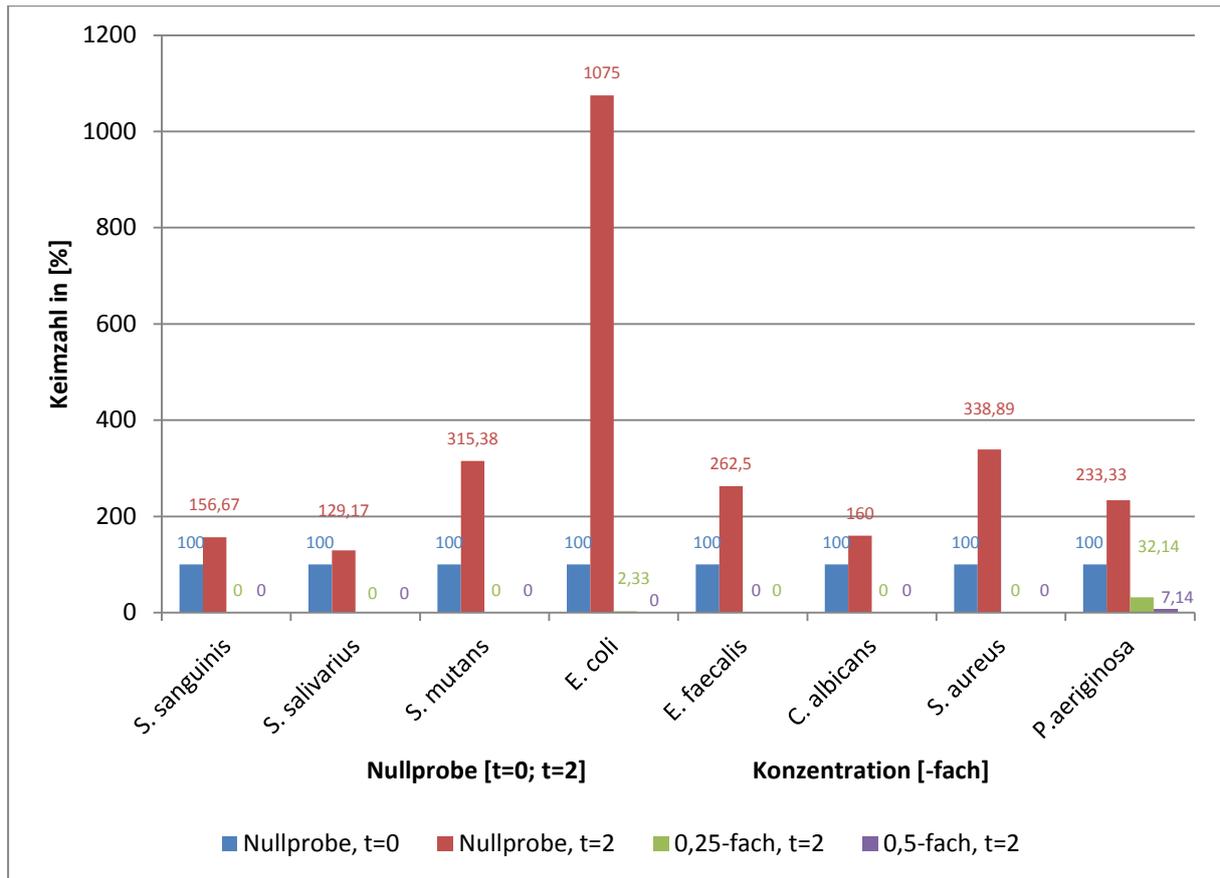


Abb. 12: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Keimzahlbestimmung in [%] von allen Mikroorganismen zum Zeitpunkt t=0 und nach zwei Stunden t=2, in Abhängigkeit der Konzentration von Perlodent

5.2.7 Odol- med3

Tabelle 14: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Wirkung der Mundspülung Odol- med3 in zwei unterschiedlichen Konzentrationen auf die ausgewählten Mikroorganismen

Odol- med3	0,25- fach	0,5- fach
S. sanguinis	+++	+++
S. salivarius	+++	+++
S. mutans	+++	+++
E. coli	+++	+++
E. faecalis	+++	+++
C. albicans	+++	+++
S. aureus	+++	+++
P. aeruginosa	+	+++

Auch dieses Produkt konnte mit seinen Ergebnissen überzeugen. In der 0,25- fachen Konzentration war lediglich bei Pseudomonas aeruginosa ein Wachstum vorhanden. Durch die Erhöhung der Konzentration wurde dieser Keim aber auch vollständig abgetötet. In der Abbildung 13 sind die ermittelten Keimzahlen grafisch dargestellt.

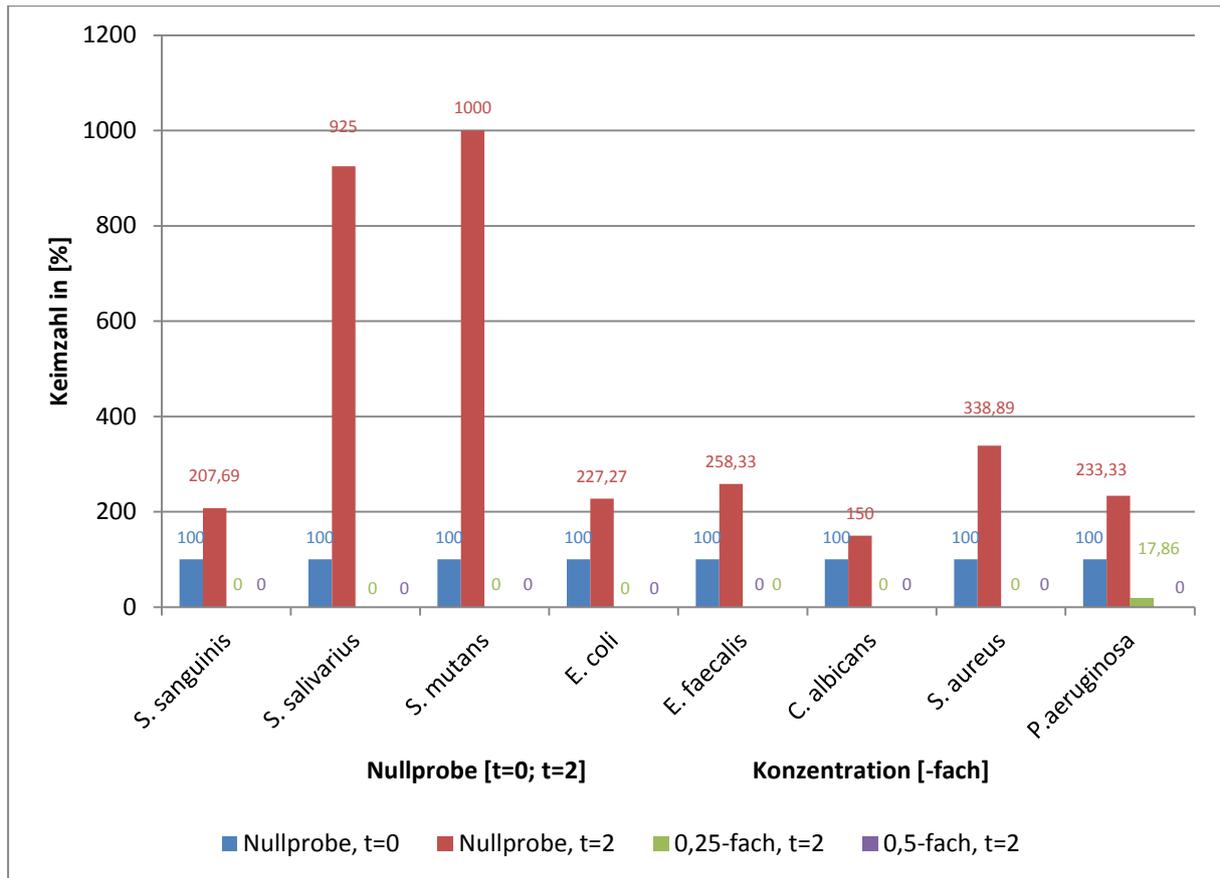


Abb. 13: Bouillon- Reihenverdünungstest; Keimzahlbestimmung in [%] von allen Mikroorganismen zum Zeitpunkt t=0 und nach zwei Stunden t=2, in Abhängigkeit der Konzentration von Odol- med3

5.2.8 Odol- Mundwasser

Tabelle 15: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Wirkung des Mundwassers Odol- Mundwasser in zwei unterschiedlichen Konzentrationen auf die ausgewählten Mikroorganismen

Odol- Mundwasser	0,25- fach	0,5- fach
S. sanguinis	+++	+++
S. salivarius	0	0
S. mutans	+	++
E. coli	0	+
E. faecalis	+	+
C. albicans	0	+
S. aureus	0	0
P. aeruginosa	0	+

Das Odol- Mundwasser erreichte nur bei der Keimart, Streptococcus sanguinis eine vollständige Abtötung, bereits schon in 0,25- facher Konzentration. Bei Streptococcus mutans und Enterococcus faecalis konnte unter Verwendung der 0,5- fachen Konzentration eine gute Keimreduzierung erzielt werden. Weniger wirksam war die Eliminierung bei Candida albicans, sowie bei Escherichia coli und bei Pseudomonas aeruginosa. Gar keinen Einfluss auf das Keimwachstum zeigte sich bei zwei Keimen, nämlich Streptococcus salivarius und Staphylococcus aureus.

Die Ergebnisse für Odol- Mundwasser sind in der Abbildung 14 dargestellt.

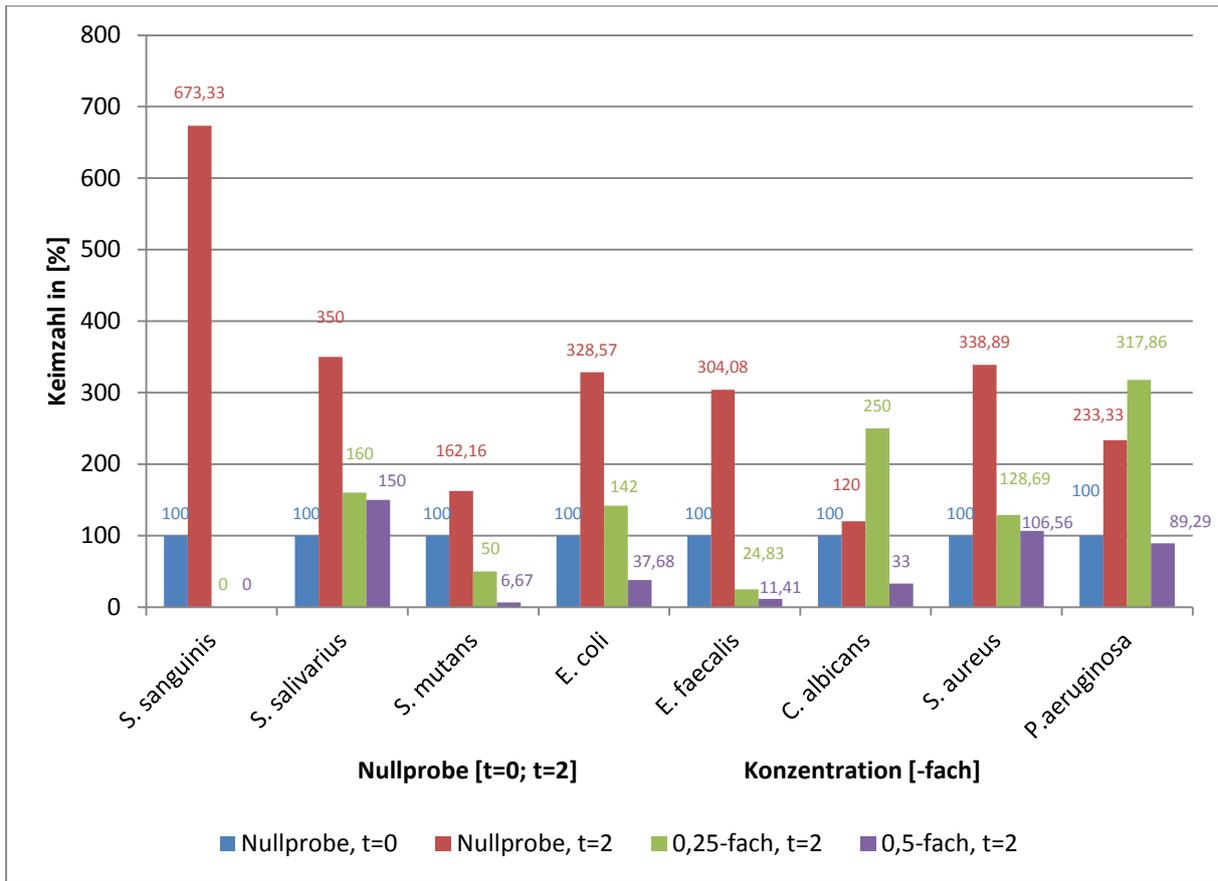


Abb. 14: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Keimzahlbestimmung in [%] von allen Mikroorganismen zum Zeitpunkt t=0 und nach zwei Stunden t=2, in Abhängigkeit der Konzentration von Odol-Mundwasser

5.2.9 Dentagard

Tabelle 16: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Wirkung des Mundwassers Dentagard in zwei unterschiedlichen Konzentrationen auf die ausgewählten Mikroorganismen

Dentagard	0,25- fach	0,5- fach
S. sanguinis	+	+
S. salivarius	0	0
S.mutans	0	+
E. coli	+	+
E. faecalis	0	+
C. albicans	0	0
S. aureus	+	+
P. aeruginosa	0	0

Dieses Produkt brachte geringe Wachstumshemmungen bei Streptococcus sanguinis und Staphylococcus aureus in beiden Konzentrationen hervor. Bei Enterococcus faecalis konnte keine Hemmung beobachtet werden in der 0,25- fachen Konzentration, wobei durch eine Erhöhung auf das doppelte gute Reduktionsraten erzielt wurden. Eine Keimabtötung, bei der nahezu nur noch Restkeime vorhanden waren, wurde bei Escherichia coli gesehen vor allem bei Verwendung der 0,5- fachen Konzentration (10,14 % Keimwachstum).

Gegen Streptococcus mutans waren nur befriedigende Ergebnisse zu beobachten. Gar keine Wirkung zeigte sich bei Streptococcus salivarius und bei Candida albicans.

Abbildung 15 zeigt die dazugehörige Grafik.

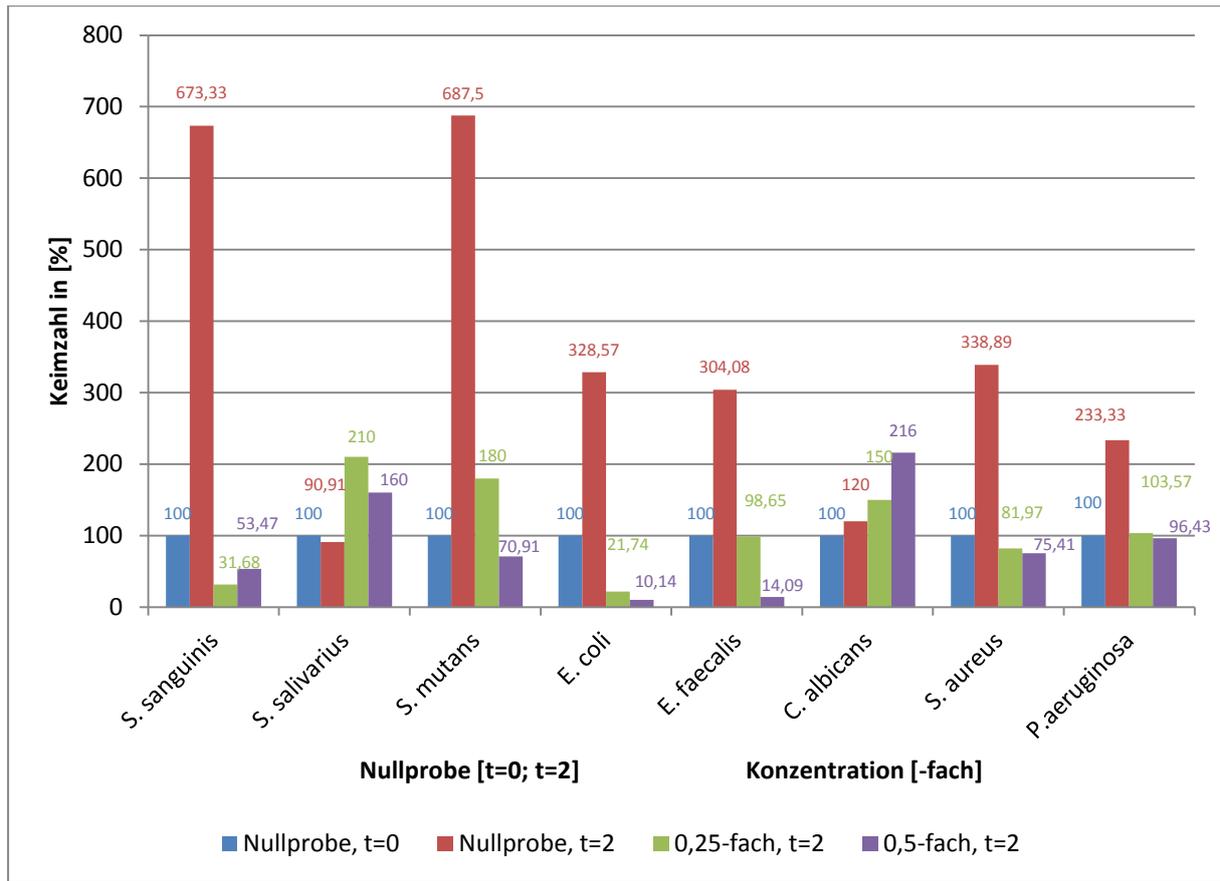


Abb. 15: Bouillon- Reihenverdünungstest; Keimzahlbestimmung in [%] von allen Mikroorganismen zum Zeitpunkt t=0 und nach zwei Stunden t=2, in Abhängigkeit der Konzentration von Dentagard

5.2.10 Elkadent

Tabelle 17: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Wirkung des Mundwassers Elkadent in zwei unterschiedlichen Konzentrationen auf die ausgewählten Mikroorganismen

Elkadent	0,25- fach	0,5- fach
S. sanguinis	+++	+++
S. salivarius	+	++
S. mutans	+	++
E. coli	+	+
E. faecalis	+	+
C. albicans	+	0
S. aureus	+	+
P. aeruginosa	0	+

Eine vollständige Abtötung war im Fall von Streptococcus sanguinis in beiden Konzentrationen zu sehen. Gute Keimreduktionsraten wurden bei Streptococcus mutans und Streptococcus salivarius erreicht. Nur eine geringe Wachstumshemmung konnte erkannt werden in der 0,25- fachen Konzentration bei Staphylococcus aureus und Enterococcus faecalis. Durch eine Verdoppelung der verwendeten Konzentration wurden diese Keime jedoch gut in ihrem Wachstum gehemmt. Unbefriedigend waren die Ergebnisse für Pseudomonas aeruginosa.

Die entsprechenden Keimzahlen sind in der folgenden Grafik dargestellt.

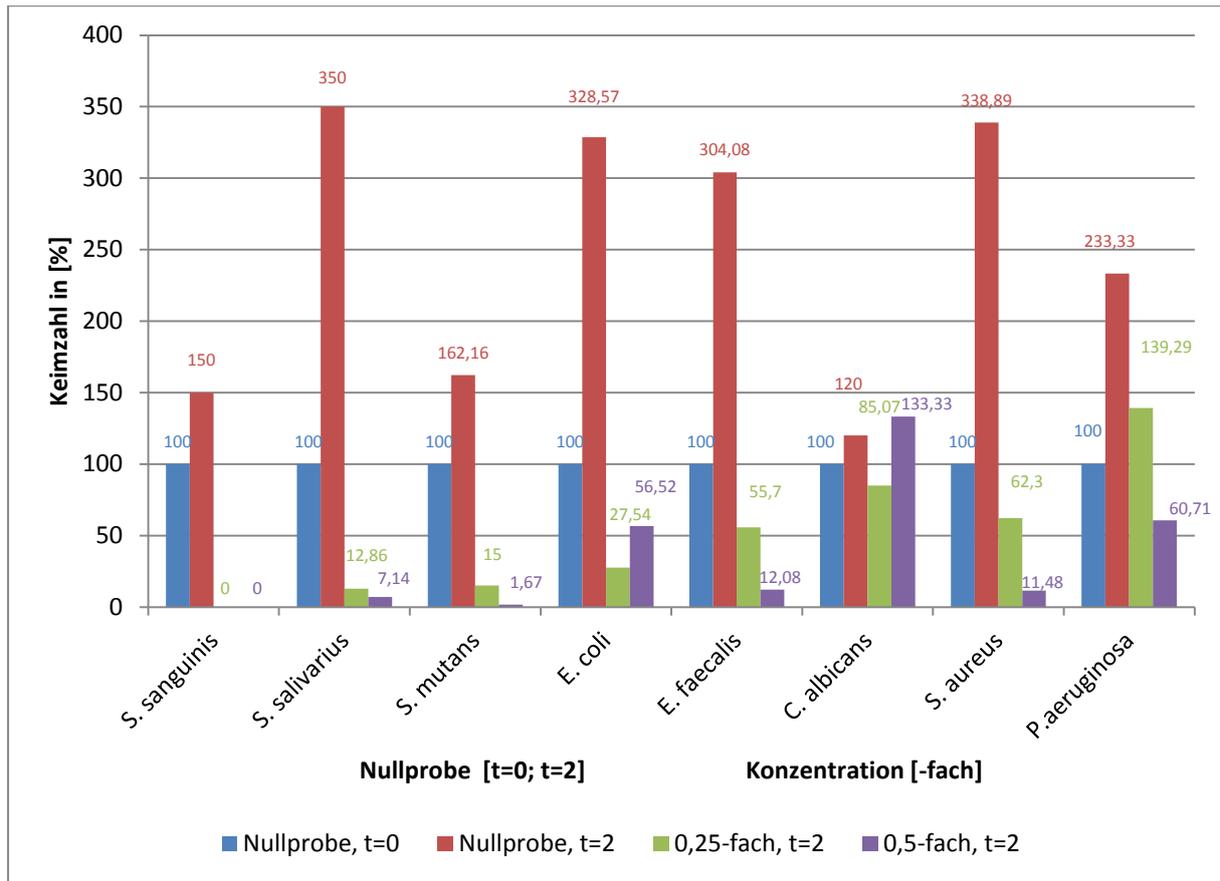


Abb. 16: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Keimzahlbestimmung in [%] von allen Mikroorganismen zum Zeitpunkt t=0 und nach zwei Stunden t=2, in Abhängigkeit der Konzentration von Elkadent

5.2.11 Tabellarischer Überblick zur Wirkung der verwendeten Mundspüllösungen in der 0,5- fachen Konzentration gegenüber den ausgewählten Mikroorganismen im Bouillon-Reihenverdünnungstest

Tabelle 18: Bouillon- Reihenverdünnungstest; Wirkung der Mundspüllösungen in 0,5- facher Konzentration gegenüber den Mikroorganismen

Mundspüllösung	S. sanguinis	S. salivarius	S. mutans	E. coli	E. faecalis	C. albicans	S. aureus	P. aeruginosa
Donto Dent	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Meridol	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Elmex	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Listerine	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	0
Today Dent	+++	+++	+++	+++	+++	+++	0	+
Perlodent	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++
Odol-med3	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Odol- MW	+++	0	++	+	+	+	0	+
Dentagard	+	0	+	+	+	0	+	0
Elkadent	+++	++	++	+	+	0	+	+

6. Diskussion

6.1 Diskussion zur Versuchsdurchführung

Mittels zweier Testsysteme wurde die antimikrobielle Wirkung von 10 Mundspüllösungen in vitro geprüft. Zum Einsatz kamen dabei ein Agardiffusionstest und ein Bouillon-Reihenverdünnungstest.

Der Agardiffusionstest wurde in Form eines Plattendiffusions- bzw. Hemmhoftests durchgeführt. Diese Untersuchungsmethode kennzeichnet sich durch die Diffusion der zu untersuchenden Reagenzien in einem bestimmten Agarmedium aus. Das noch flüssige Nährmedium wurde mit einer definierten Keimsuspension vermischt und auf entsprechende Platten gebracht. Nach dem Erkalten fand eine Lochstanzung statt. In dieses wurden die Mundspüllösungen in unterschiedlichen Konzentrationen pipettiert. Nach der Bebrütung bildete sich, durch Diffusion der Mundspüllösung in dem Agar, eine mehr oder minder große Aussparung im Kolonierasen. Dies entsprach dem sogenannten Hemmhof. Das bedeutet, dass in diesem Bereich keine Vermehrung der Mikroorganismen stattfand. Makroskopisch wurde nun ein Hemmhofdurchmesser abgelesen.

Je nach Größe des Hemmhofdurchmessers konnte eine qualitative Aussage über die Wirksamkeit der Testsubstanz getroffen werden.

Der Hemmhofdurchmesser ist von verschiedenen Faktoren, wie die verwendete Testsubstanz, deren Konzentration und der Empfindlichkeit des Keimes gegenüber des Präparates, abhängig. Ebenfalls entscheidend ist das verwendete Nährmedium.

Unterschiedliche Hemmhofdurchmesser können durch variierende Zusammensetzungen der Nährböden, Dicke und Alter der Platten verursacht werden. Die Temperatur und die Inkubationszeit sind natürlich auch von entscheidender Bedeutung.

Der Agardiffusionstest bietet durchführungstechnische Vorteile gegenüber dem Reihenverdünnungstest. Er ist wenig arbeitsintensiv und kostengünstig durchzuführen. Es ist eine relativ einfache Versuchsmethode, mit der man zu schnellen Übersichtsergebnissen kommen kann. Eine Kontamination mit Fremdkeimen kann visuell sofort erkannt werden.

Als wesentlichen Nachteil zu werten ist die Tatsache, dass mithilfe dieser Testverfahren nur qualitative Aussagen über die Wirksamkeit der Mundspüllösungen getroffen werden konnten.

In diesem Fall fand eine qualitative Einteilung der Wirksamkeit wie folgt statt:

Keine Wirkung, schwache Wirkung, gute und sehr gute Wirkung.

Weiterhin kann es unter Umständen schwierig sein, unscharfe Hemmhofgrenzen visuell genau abzulesen.

Deshalb fand ein weiterer Test, der Bouillon- Reihenverdünnungstest statt. Dieser bietet die Möglichkeit quantitative Ergebnisse als Grad der Wirksamkeit der Mundspüllösungen zu liefern.

Die Kolonien auf den Nährböden können ausgezählt werden. Durch einen Vergleich mit einer Nullprobe kann auf eventuelle Effekte der antimikrobiellen Präparate geschlossen werden. Die Zählung der einzelnen Kolonien erlaubt einen besseren Einblick und eine genauere grafische Darstellung.

Reihenverdünnungstests können prinzipiell unter Verwendung flüssiger Medien in Röhren, sowie mittels fester Medien als Agardilution durchgeführt werden. Notwendig für diese Testung waren eine Bakteriengebrauchslösung und die entsprechenden Testsubstanzen in unterschiedlichen Konzentrationen. Damit konnten Verdünnungsreihen hergestellt werden. Nachteil dieser Versuchsreihe ist der hohe Arbeitsaufwand. Im Vergleich zum Agardiffusionstest gestaltet sich der Reihenverdünnungstest als material- und kostenintensiv. Als mögliche Fehlerquelle gilt die individuelle Herstellung der Verdünnungsreihen.

Der Agardiffusionstest sollte als Vorversuch dienen, um festzustellen, ob grundsätzlich antimikrobielle Effekte der Mundspüllösungen zu verzeichnen sind. Als dies gegeben war, konnte der sehr aufwendige Reihenverdünnungstest gestartet werden.

Für beide Versuchsreihen wurden als Mikroorganismen in erster Linie Vertreter der oralen Streptokokken ausgewählt, aufgrund ihres kariogenen Potentials. Desweiteren sollten Spezies der transienten Flora und auch Pilze einbezogen werden, um die Wirkung der

getesteten Mundspüllösungen auf verschiedene orale Mikroorganismen vergleichen zu können. Grundvoraussetzung war deren Anzuchtbarkeit auf entsprechende Nährböden. Während der Inkubationszeit im Brutschrank wurde eine konstante Temperatur von 37°C eingestellt, um mundähnliche Temperaturverhältnisse zu gewährleisten.

6.2 Diskussion der Ergebnisse des Agardiffusionstests

Der Agardiffusionstest brachte Ergebnisse, mit denen man die qualitative Wirksamkeit der getesteten Mundspüllösungen auf ausgesuchte Keime bewerten kann.

Antimikrobielle Effekte, in Form von Hemmhöfen konnten durch diese Versuchsreihen eindeutig nachgewiesen werden. Das sind Areale, in denen kein Keimwachstum, durch den Einfluss der eingebrachten Mundspüllösungen, stattgefunden hat. Die Hemmhofausbildung konnte in einem unterschiedlichen Ausmaß beobachtet werden. Somit können Rückschlüsse auf das Maß der Keimhemmung getroffen werden, wenn auch ohne metrisch relevante Wertung.

Die Wirkungsbereiche wurden wie folgt eingeteilt: keine Wirkung, schwache Wirkung, gute und sehr gute Wirkung.

Insgesamt wurden die verwendeten Mikroorganismen durch die Mundspüllösungen unterschiedlich gehemmt. Deutlich zu sehen war, dass im Falle von *Streptococcus sanguinis* 90 % der Mundspüllösungen in ihrer Gebrauchskonzentration eine gute bis sehr gute Wirkung zeigten. *Streptococcus mutans*, dem ein hohes kariogenes Potenzial zukommt, wurde zu 60% gehemmt. Im Falle der Darmbakterien konnten mehr als die Hälfte der Produkte eine Wachstumshemmung initiieren. Weniger als 50 % Wirkung war bei *Candida albicans* zu sehen. *Candida albicans* wuchs ungestört in Anwesenheit von Odol-Mundwasser, Dentagard und Elkadent, aber auch von Listerine und Meridol.

Die Größe der entstandenen Hemmhöfe schwankte in dieser Versuchsreihe erheblich. Das deutet auf unterschiedliche Keimreduktionsraten hin. Besonders deutlich wird dies im Vergleich der Hemmhofgrößen bei *Streptococcus mutans* und bei *Candida albicans*. Die Mundspüllösungen überzeugten insgesamt bei den oralen Streptokokken durch die Ausbildung größerer Hemmhöfe.

Eine deutliche Diskrepanz, wie erwartet, war zwischen den Mundwässern und den Mundspülungen zusehen. Vor allem Elkadent enttäuschte in allen Konzentrationen, denn es fand ein ungestörtes Wachstum aller verwendeter Keime statt. Weiterhin als eher schwach in der Wirkung waren Odol- Mundwasser und Dentagard einzustufen. Eine fehlende Hemmung des Wachstums der Darmbakterien und der Hefe war deutlich. Lediglich eine Reduzierung von *Streptococcus sanguinis* fand bei der Verwendung von Odol- Mundwasser und Dentagard statt. Außerdem konnte Dentagard, als einziges Präparat in der Gebrauchskonzentration eine gute Wirkung auf *Streptococcus mutans* zeigen.

Die Mundspüllösungen können in unterschiedliche Gruppen eingeteilt werden. Die erste Gruppe zeigte keine bzw. nur eine schwache Wirkung. Neben den Mundwässern muss eindeutig Listerine dazu gezählt werden. Die Hemmhofgröße für *Streptococcus sanguinis* unter Listerine war zwar im Wertungsschema mit einer guten Wirkung dargestellt, befindet sich aber mit 11 mm knapp an der Grenze. Deshalb wird diese Mundspülung der ersten Gruppe zugeteilt. Enttäuschend war die fehlende Wirkung in der Gebrauchskonzentration auf *Streptococcus mutans*, *Escherichia coli* und *Candida albicans*. In 0,25- facher und 0,5- facher Konzentration konnten alle Keime, bis auf *Streptococcus sanguinis*, ungestört wachsen.

Die zweite Gruppe kennzeichnet sich durch kontinuierlich gute Ergebnisse aus. Odol- med3 und DontoDent gehören in diese Kategorie. Dabei überzeugte DontoDent etwas mehr als Odol- med3 in der Gebrauchskonzentration. Aber auch schon in 0,25- facher und 0,5- facher Konzentration konnten gute Werte für DontoDent ermittelt werden. Odol- med3 benötigte dazu oftmals eine Steigerung der Konzentration, um vergleichbare Ergebnisse bei allen Keimarten zu erzielen.

Die besten Ergebnisse werden den Mundspülungen der dritten Gruppe zugeordnet. Meridol, Elmex und Today Dent dürfen sich zu dieser Fraktion zählen. Today Dent überzeugte schon in 0,25- facher und 0,5- facher Konzentration, erst recht in der Gebrauchskonzentration mit guten bis sehr guten Wirkungsbereichen. Bei *Streptococcus salivarius* wurden lediglich kleinere Hemmhöfe gemessen. Sie lagen mit 14 mm aber nah an der Grenze zu einer sehr guten Wirkung. Elmex und Meridol wiesen das größte kariesprotektive Potential in der Gebrauchskonzentration auf. Sie wirkten auf alle drei Streptokokkenarten stark wachstumshemmend. Ebenfalls vergleichbare Ergebnisse wurden bei *Enterococcus faecalis*

beobachtet. Nur die Wirkung auf *Candida albicans* war im Falle von Meridol gleich Null und im Falle von Elmex als schwach zu bewerten.

Perlodent zeigte ein breites Spektrum unterschiedlicher Ergebnisse, das von keiner Wirkung gegenüber *Streptococcus mutans* bis hin zu einer sehr guten Wachstumshemmung der übrigen Streptokokken reichte. Die Darmbakterien wurden gut in ihrem Wachstum gebremst. Bei *Candida albicans* war der Hemmhofdurchmesser mit 15 mm schon an der Grenze zu einer sehr guten Wirkung.

Insgesamt konnten vier Mundspüllösungen alle verwendeten Keime hemmen. Das waren DontoDent, Elmex, Today Dent und Odol- med3. Überhaupt keine Wachstumshemmung auf die getesteten Keime war bei dem Mundwasser Elkadent zu verzeichnen.

Die Ergebnisse des Agardiffusionstests spiegeln ein unterschiedliches Resistenzvermögen der einzelnen Mikroorganismen gegenüber den getesteten Mundspüllösungen wieder. Bakterien verfügen grundsätzlich über ein gewisses Resistenzverhalten gegenüber antimikrobiellen Substanzen. Unter dem Begriff Resistenz versteht man eine verminderte Empfindlichkeit bestimmter Bakterienspezies auf einen Wirkstoff. Diese beruht auf verschiedenen Effekten. Dazu zählen eine enzymatische Inaktivierung, eine verminderte Akkumulierung durch eine verringerte Aufnahme bzw. beschleunigtem Efflux aus der Bakterienzelle und eine Strukturveränderung des Angriffspunktes für die antimikrobielle Substanz.

Im Agardiffusionstest konnten differierende Resistenzen ermittelt werden. So war eindeutig zu erkennen, dass die oralen Streptokokken in ihrem Wachstum, neben *Enterococcus faecalis* am besten gehemmt wurden. Das bedeutet, dass diese Keime ein geringes Resistenzverhalten gegenüber den getesteten Mundspüllösungen besitzen. Ausgenommen davon war die Wirkung auf das Mundwasser Elkadent. Hier war überhaupt kein Effekt festzustellen, auch nicht durch eine Steigerung der Konzentration auf die Gebrauchskonzentration. Ähnlich verhielt es sich bei den übrigen Mundwässern. Absolute Resistenzen sah man im Falle von *Streptococcus salivarius* bei allen drei getesteten Mundwässern. Lediglich bei *Streptococcus mutans* und bei *Streptococcus sanguinis* konnten Odol- Mundwasser und Dentagard, durch eine Erhöhung der Konzentration des Wirkstoffes, Hemmhöfe ausbilden. Im Bezug auf *Enterococcus faecalis* fand man ebenfalls ein absolutes

Resistenzverhalten gegenüber den Mundwässern. Genauso verhielt es sich bei *Candida albicans* und bei *Escherichia coli*. Das bedeutet, dass diese Substanzen keinen Einfluss auf das Wachstum der Keime nehmen konnten.

Candida albicans wich von den Ergebnissen der Streptokokken enorm ab. Diese Spezies zeigte bei den Mundwässern, bei Listerine und Meridol absolute Resistenzen in allen Konzentrationen. Hemmhöfe konnten nicht abgelesen werden. Bei DontoDent, Today Dent, Perlodent und Odol- med3 fand eine Retardierung des Wachstums der Mikroorganismen statt. Ein geringes Resistenzverhalten war erkennbar.

Escherichia coli zeichnete sich ebenfalls durch ein geringes Resistenzverhalten gegenüber Today Dent aus und im Kontrast dazu durch ein absolutes gegenüber Listerine.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass *Candida albicans* über ein größeres Resistenzvermögen verfügt als die oralen Streptokokken. Die Hefe zeichnet sich durch ein verstärktes Wachstum auch in Anwesenheit antimikrobieller Substanzen aus. So werden teilweise größere Hemmhofdurchmesser schon in der 0,5- fachen Konzentration bei den oralen Streptokokken erreicht als im Vergleich zu den Hemmhofgrößen bei Verwendung der Gebrauchskonzentration bei *Candida albicans*. Besonders deutlich wird das bei Elmex.

6.3 Diskussion der Ergebnisse des Bouillon- Reihenverdünnungstests

Die Möglichkeit einer quantitativen Auswertung der Ergebnisse ergab sich durch die Verwendung eines Bouillon- Reihenverdünnungstests. Es wurden dabei die Keimkolonien auf den bebrüteten Agarplatten ausgezählt. Im Vergleich zu einer Nullprobe konnte auf den Grad der Wirksamkeit der getesteten Mundspüllösungen geschlossen werden.

Da zum Anzüchten der Keime eine Dextrosebouillon notwendig war, konnten die Mundspüllösungen nicht in der Gebrauchskonzentration verwertet werden. Vielmehr wurde durch das Mischen mit der Dextrosebouillon eine 0,25- fache und eine 0,5- fache Konzentration zur Testung hergestellt.

Der Wirkungsgrad wurde wie folgt festgelegt. Wenn keine Keime ausgezählt werden konnten, gilt dies als vollständige Abtötung und ist einer bakteriziden Wirkung

gleichzusetzen. Die nächste Wirkungsgruppe umfasst die Substanzen, die zu einer Abtötung der meisten Keime geführt haben, wobei lediglich geringe Zahlen an Restkeimen kultiviert werden konnten. Wenn eine Wachstumshemmung vorlag, wurden diese Präparate in die dritte Gruppe eingeteilt. Sie gelten als bakteriostatisch. Im Falle gar keiner Wirkung, was mit einem regen Wachstum der Keime assoziiert war, wurden die Mundspüllösungen einer vierten Gruppe zugeordnet.

Wieder deutlich ist der Unterschied zwischen den Mundspülungen und den Mundwässern zu sehen.

Die oralen Streptokokken wurden von allen Mundspülungen in 0,5- facher Konzentration vollständig abgetötet. Es wurde festgestellt, dass sogar bei fast allen Mundspülungen schon die Verwendung der 0,25- fachen Konzentration eine bakterizide Wirkung zeigte. Lediglich Listerine und Meridol benötigten eine Erhöhung der Konzentration für *Streptococcus salivarius* um vergleichbare Ergebnisse zu liefern.

Die Mundwässer differieren stark im Gegensatz zu den Mundspülungen. Eine bakterizide Wirkung konnte nur für *Streptococcus sanguinis* festgestellt werden und dies auch nur für zwei der verwendeten Mundwässer, für Odol- Mundwasser und Elkadent. Keinen Einfluss auf das Wachstum von *Streptococcus salivarius* hatten Dentagard und Odol- Mundwasser. Auf *Streptococcus mutans* konnten alle drei Mundwässern nur bakteriostatisch wirken.

Bakterizide Wirkung auf *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* und *Candida albicans* erbrachten alle Mundspülungen in 0,5- facher Konzentration. Bei knapp 43 % der getesteten Mundspülungen war die Wirkung geringer unter Verwendung der 0,25- fachen Konzentration und bedurfte einer Erhöhung. Das waren Meridol, Listerine und Perlodent.

Die Mundwässer waren im Stande bei *Escherichia coli* und *Enterococcus faecalis* bakteriostatische Eigenschaften aufzuzeigen. *Candida albicans* wurde nicht eliminiert durch Dentagard und Elkadent und lediglich in seinem Wachstum gehemmt durch Odol- Mundwasser.

Staphylococcus aureus töteten, bis auf eine Ausnahme, Today Dent, alle Mundspülungen in 0,5- facher Konzentration vollständig ab, so dass von einer bakteriziden Wirkung dieser Substanzen auszugehen ist. Von den Mundwässern erwies sich Elkadent mit einer Überlebensrate des Keimes von nur 11,48 % als nur grenzwertig bakterizid. Keine Wachstumshemmung konnte Odol- Mundwasser erzielen.

Sehr vielfältig waren die Ergebnisse bei *Pseudomonas aeruginosa*. Bakterizid wirkten nur drei der verwendeten Mundspülungen, Meridol, Elmex und Odol- med3. DontoDent und Perlodent konnten eine Keimreduktion hervorrufen. Wobei die Restkeimzahl zwischen 8% und 11% als sehr niedrig zu bewerten ist. Listerine enttäuschte mit seiner fehlenden antimikrobiellen Wirkung. Zwei der Mundwässer konnte eine wachstumshemmende Wirkung zugeschrieben werden.

Durch eine Verdoppelung der Konzentration auf die 0,5- fache konnte im Falle von *Pseudomonas aeruginosa* eine Wirkungsverbesserung bei 70 % aller getesteten Mundspüllösungen erreicht werden. Er blieb aber auch der einzige Keim, bei dem das in diesem Maße gelungen ist.

Meridol, Listerine und die drei Mundwässer zeigten positive Effekte durch eine Konzentrationserhöhung bei verschiedenen Keimarten. Dabei kam es zur Steigerung der Wirkung bis zum völligen Abtöten der Mikroorganismen für Meridol und Listerine. Die Mundwässer waren dagegen nicht im Stande gleiches zu erreichen.

Es konnte somit gezeigt werden, dass eine Erhöhung der Konzentration nicht unmittelbar mit einer höheren antimikrobiellen Wirkung korreliert ist.

Wie für den Agardiffusionstest werden auch im Bouillon- Reihenverdünnungstest die Mundspüllösungen in Gruppen eingeteilt. Es wird ihre Wirkung in der 0,5- fachen Konzentration betrachtet.

Die erste Gruppe umfasst wieder die Produkte, die sich durch keine oder nur eine schwache Wirkung auszeichnen. Eine generelle Abstinenz antimikrobieller Effekte konnte aber bei keiner der verwendeten Mundspüllösungen festgestellt werden.

Einer zweiten Gruppe zuzuordnen sind Listerine und Today Dent. Listerine bewies sehr gute Ergebnisse, war aber außer Stande eine Keimreduktion bei *Pseudomonas aeruginosa* zu bewirken. Durchweg positiv zu beurteilen ist auch Today Dent. Dieses Produkt versagte lediglich bei der Eliminierung von *Staphylococcus aureus* und führte nur zur Wachstumshemmung bei *Pseudomonas aeruginosa*.

Die Produkte, die in der Testung am überzeugendsten waren, werden zusammengefasst in einer dritten Gruppe. 50 % aller getesteten Mundspüllösungen können dieser Kategorie zugeordnet werden. Dazu gehören Meridol, Elmex und Odol- med3. DontoDent und

Perlodent unterscheiden sich von den vorgenannten Lösungen nur in ihrer Wirkung gegen *Pseudomonas aeruginosa*. Es verblieben geringe Restkeimzahlen unter, bzw. von knapp über 10 %.

In die vierte Gruppe werden die Mundwässer eingeordnet, da sie sehr vielfältige Wirkungsbereiche zeigten, die weder der einen noch der anderen Gruppe zugeordnet werden konnten. Bei der Wirkung auf die oralen Streptokokken stellte sich Elkadent an die Spitze der drei Mundwässer. Nur geringe Restkeimzahlen konnten wieder angezüchtet werden. Hohe Wachstumsraten wurden für *Streptococcus salivarius* ermittelt unter der Verwendung von Odol- Mundwasser und Dentagard. Odol- Mundwasser überzeugte aber im Gegensatz dazu in seiner Wirkung auf *Streptococcus sanguinis* und *Streptococcus mutans*. Werte unter 10 % Restkeime verdeutlichen diesen Aspekt. Dentagard konnte im Vergleich nur eine Wachstumshemmung initiieren. *Enterococcus faecalis* wurde durchweg durch alle drei Mundwässer in seinem Wachstum gehemmt. Ebenfalls *Escherichia coli*, wobei die Keimreduktionsraten im Wesentlichen niedriger waren als bei *Enterococcus faecalis*. Dentagard und Elkadent versagten in ihrer Wirkung auf *Candida albicans*. Keine bis nur geringfügige Wirkung aller drei Mundwässer, bis auf eine Ausnahme, war deutlich zu sehen bei *Staphylococcus aureus* und *Pseudomonas aeruginosa*. Die Ausnahme bildete Elkadent. Mit einer Restkeimzahl von 11,48 % war der antimikrobielle Effekt auf *Staphylococcus aureus* als gut zu bewerten.

Abschließend lässt sich feststellen, dass das größte kariesprotektive Potential bei folgenden Produkten zu finden ist, bei DontoDent, Elmex, Today Dent, Perlodent und Odol- med3. Es herrschte schon bei der Verwendung der 0,25- fachen Konzentration eine eindeutige bakterizide Wirkung vor. Meridol steht dem nur geringfügig nach. Die Restkeimzahl liegt in dieser Konzentration gerade mal bei 1,15 % und ist somit verschwindend gering. Auch bei Listerine lagen die Werte unter 6 % Keime, die kultiviert werden konnten. Generell wirken alle Mundspülungen ausgesprochen gut auf die kariogenen Keime.

Die geringste antimikrobielle Wirkung und auch das kleinste kariesprotektive Potential erschien im Reihenverdünnungstest Dentagard zu besitzen. Bei sechs der acht verwendeten Keimarten konnte noch nicht einmal eine Keimreduktion um 50 % erreicht werden.

Absolut bakterizid waren nur Meridol, Elmex und Odol- med3 bei der Testung in der 0,5- fachen Konzentration auf alle ausgewählten Mikroorganismen.

Dies lässt nunmehr wieder Aussagen über das Resistenzverhalten der einzelnen Keimarten gegenüber den Testsubstanzen zu.

Ein sehr geringes Resistenzvermögen besitzen die oralen Streptokokken. So werden *Streptococcus salivarius* und *mutans* von 70 % der verwendeten Mundspüllösungen in der 0,5-fachen Konzentration vollständig abgetötet, *Streptococcus sanguinis* sogar von 90 %. Ähnliche Werte zeigte auch *Enterococcus faecalis*. 70 % der Mundspüllösungen verhinderten ein Anwachsen seiner Kolonien. Die drei Mundwässer zählen zu den übrigen 30 % und bewiesen mit Restkeimzahlen um die 11- 14 % eine deutliche Wachstumshemmung. *Escherichia coli* unterscheidet sich von *Enterococcus faecalis* nur in seiner Resistenz gegenüber den Mundwässern. Dort konnte eine größere Zahl an überlebenden Keimen ausgezählt werden. Als resistenter einzustufen ist *Candida albicans*. Die Hefe wird zwar auch von allen Mundspülungen vollständig abgetötet, aber nach zwei Stunden Wirkungsdauer lag die Anzahl ihrer Kolonien für Dentagard und Elkadent teilweise beträchtlich über den Ausgangskeimzahlen. *Staphylococcus aureus* und *Pseudomonas aeruginosa* konnten beide von den verwendeten Mundspüllösungen weniger effektiv gehemmt werden. Eine Kultivierung von *Pseudomonas aeruginosa* war nur zu 30 % nicht mehr möglich. Dies spricht für ein erhöhtes Resistenzvermögen.

Es lässt sich feststellen, dass *Streptococcus salivarius* diejenige Keimart ist, die unter den oralen Streptokokken am resistertesten einzustufen ist. Insgesamt das höchste resistente Potential kommt *Pseudomonas aeruginosa* zu, gefolgt von *Staphylococcus aureus*. Durch eine Verdoppelung der Konzentration konnte in einigen Fällen das Resistenzvermögen reduziert werden. Das bedeutet, dass verschiedene Keime in ihrem Wachstum deutlicher gehemmt wurden. Dies wurde vor allem bei Listerine, Odol- Mundwasser und Elkadent ersichtlich.

Eine absolute Resistenz ist aufgetreten für einzelne Keime. So konnte sich *Pseudomonas aeruginosa* vermehren, trotz der Anwesenheit von Listerine und Dentagard, *Staphylococcus aureus* unter Today Dent und Odol- Mundwasser, *Streptococcus salivarius* unter Odol- Mundwasser und Dentagard und ebenfalls *Candida albicans* bei der Verwendung von Dentagard und Elkadent.

6.4 Vergleich der Ergebnisse beider Versuche

Um beide Versuchsreihen miteinander vergleichen zu können, soll eine Übersichtstabelle beider Testverfahren und den geprüften Mundspüllösungen, eingeteilt in unterschiedliche Wirkungsgruppen, voran gestellt werden.

Tabelle 19 : Übersicht über die Einteilung der Mundspüllösungen in Wirkungsgruppen im Agardiffusionstest und Bouillon- Reihenverdünnungstest in 0,5- facher Konzentration

Agardiffusionstest, unter Verwendung der 0,5- fachen Konzentration			
keine bis schwache Wirkung	kontinuierlich gute Wirkung	sehr gute Wirkung	uncharakteristische Wirkung
Elkadent Dentagard Odol- Mundwasser Listerine	DontoDent Meridol Elmex	Today Dent	Perlodent Odol- med3
Bouillon- Reihenverdünnungstest, unter Verwendung der 0,5- fachen Konzentration			
keine bis schwache Wirkung	kontinuierlich gute Wirkung	sehr gute Wirkung	uncharakteristische Wirkung
	Listerine Today Dent	Meridol Elmex Odol- med3 DontoDent Perlodent	Elkadent Dentagard Odol- Mundwasser

Wie aus dieser Darstellung ersichtlich wird, zeigen der Agardiffusionstest und der Bouillon- Reihenverdünnungstest differierende Ergebnisse. Beide Testverfahren unterscheiden sich in der praktischen Durchführung eindeutig voneinander. Deswegen ist ein direkter Vergleich der Testmethoden nur eingeschränkt möglich.

Beim Agardiffusionstest diffundieren die Wirkstoffe durch den festen Nährboden zu den einzelnen Keimen. Der Bouillon- Reihenverdünnungstest hingegen lässt ein direktes Mischen der Keimsuspension und des Wirkstoffes zu. Das bedeutet aber, dass man die

unterschiedlichen Diffusionsvermögen der Mundspüllösungen im Agardiffusionstest berücksichtigen muss.

Beim Bouillon- Reihenverdünnungstest spielen andere Aspekte eine entscheidende Rolle. Er ist sehr zeitintensiv, vor allem bei der Herstellung der Verdünnungsreihen. Diese müssen dann schnellstmöglich auf den Agarböden ausgespatelt werden. Als Fehlerquelle kann sich dabei die Zeit zeigen. Aufgrund des Versuchsablaufes konnte dies nur in gewissem Maße berücksichtigt werden. So erklärt sich auch der Anstieg der Keimzahlen nach zwei Stunden bei Verwendung der 0,25- fachen, bzw. 0,5- fachen Konzentration der Mundspüllösungen in den Abbildungen 10, 11, 14, 15 und 16.

Insgesamt sind die Ergebnisse beider Testreihen von weiteren Faktoren abhängig. Die Art der verwendeten Keime und deren Konzentration spielen eine ebenso große Rolle, wie die Temperatur, die Inkubationszeit und die Dicke und das Alter der verwendeten Nährböden. Immerhin muss beachtet werden, dass man mit lebenden Organismen gearbeitet hat, die empfindlich auf alle genannten Parameter reagieren können. Dies erklärt auch den Abfall der Nullprobenkeimzahl nach zwei Stunden im Versuch mit Dentagard.

Im Agardiffusionstest fielen die Mundspüllösungen durch ein geringeres antimikrobielles Potential auf. So umfasst die Gruppe, der keine bis nur eine schwache Wirkung zuzuschreiben ist, im Agardiffusionstest vier Produkte, im Bouillon- Reihenverdünnungstest hingegen keines der getesteten Präparate. Zu der Gruppe der effektivsten Mundspüllösungen kann im Agardiffusionstest nur ein Produkt gezählt werden, im Reihenverdünnungstest dagegen fünf in derselben Konzentration.

Sehr deutlich ist das auch an einzelnen Keimen zu sehen. Bei *Streptococcus mutans* konnten beispielsweise bei vier der zehn Mundspüllösungen keine Hemmhöfe abgelesen werden im Agardiffusionstest in der 0,5- fachen Konzentration. Das bedeutet, es fand keine Wachstumshemmung statt.

Im Reihenverdünnungstest hingegen überzeugten neun der zehn Lösungen durch eine vollständige bis gute Wachstumshemmung des Bakteriums.

Als ebenfalls deutlich ist die Diskrepanz bei *Candida albicans* zu bewerten. Im Agardiffusionstest, unter Verwendung der 0,5- fachen Konzentration waren sechs der zehn

Mundspüllösungen nicht in der Lage gegen den Pilz zu wirken. Im Bouillon-Reihenverdünnungstest brachten aber sieben Produkte eine vollständige Keimeliminierung. Betrachtet man das Vermögen der Mundspüllösungen hemmend auf alle verwendeten Keime zu wirken, so erwiesen sich als äußerst effektiv im Bouillon-Reihenverdünnungstest unter anderem Elmex und Odol-med3. Diese überzeugten auch im Agardiffusionstest. Neben allen Unterschieden sind also auch Übereinstimmungen zu finden. Besonders kariesprotektiv sind sowohl im Agardiffusionstest als auch im Reihenverdünnungstest Meridol, Elmex und Today Dent.

Mit dem Reihenverdünnungstest konnten Ergebnisse erbracht werden, denen eine größere Relevanz und Aussagekraft zukommt. Der Agardiffusionstest diente nur als Vorversuch.

6.5 Diskussion zu den Inhaltsstoffen der Mundspüllösungen

Die getesteten Mundspüllösungen unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung hinsichtlich der antimikrobiellen Substanzen.

Darauf soll nun im Folgenden näher eingegangen werden.

Antibakterielle Wirkstoffe haben die Aufgabe, Bakterien im Biofilm abzutöten und somit die schädliche Stoffwechselaktivität des Biofilms zu reduzieren. Sie sollen direkt auf die Bakterien wirken, über eine lange Verweildauer in der Mundhöhle verfügen, die über die Zeit des Spülens hinaus reicht und möglichst keine bis nur sehr geringe Nebenwirkungen besitzen (9).

Als wichtigster Inhaltsstoff in Mundspüllösungen sind die Fluoride zu nennen. Sie gelten mit Abstand als die wirksamsten Stoffe, um Karies vorzubeugen.

Sie sind in allen Mundspülungen vorhanden. Nur die Mundwässer, die hauptsächlich für einen frischen Atem sorgen sollen, entbehren diesen Wirkstoff.

Man kann dabei zwei Gruppen unterscheiden. Mundspülungen, die Natriumfluorid enthalten und solche, in denen Aminfluorid, bzw. eine Kombination von Amin- und Zinnfluorid verwendet wurde. DontoDent, Listerine, Perlodent, Today Dent und Odol-med3 beinhalten ausschließlich Natriumfluorid. Elmex kennzeichnet sich durch Natrium- und

Aminfluorid aus. Meridol besteht durch eine Wirkstoffkombination aus Amin- und Zinnfluorid.

Nach dem aktuellen Kenntnisstand wird die Wirkung der Fluoride als lokaler Einfluss auf die Löslichkeit des Zahnschmelzes, auf seine Remineralisation und vor allem auch auf den bakteriellen Stoffwechsel gesehen (66).

Die Hauptwirkung von Fluoriden liegt in der Remineralisation des Zahnschmelzes, nur bestimmte Fluoridverbindungen, wie z.B. Aminfluorid zeigen auch antibakterielle Eigenschaften (9).

Fluoride wirken störend auf den Bakterienstoffwechsel. Sie bestechen durch ihr antiglykolytisches Potential, in dem sie auf bestimmte Bakterienenzyme des Zuckerstoffwechsels hemmend einwirken. Dabei kann Natriumfluorid die Zellmembran schlechter durchdringen, als Amin- oder Zinnfluorid (42). Desweiteren bilden Fluoride monomolekulare Schichten aus, damit kann eine Plaqueauflagerung deutlich verzögert werden. Wiederum sind dabei Natriumfluoride im Nachteil. Vorteil des Aminfluorids ist seine Molekülstruktur, die ihm Tenseideigenschaften verleiht. Dadurch ist eine optimale Benetzung der Zahnoberfläche möglich. Somit kann einerseits die Wechselwirkung mit dem Hartgewebe sowie andererseits auch das Durchdringen der Plaque besonders intensiv erfolgen (66). Aminfluoride wirken bereits in relativ niedrigen Konzentrationen bakterizid, während Natriumfluorid auch in hohen Konzentrationen nur bakteriostatisch wirkt (30). Außerdem besitzen Natriumfluoride aufgrund der schnellen oralen Clearance- Rate nur eine geringe Substantivität. Zinnfluorid überzeugt mit einer deutlichen Hemmwirkung auf die Plaque und der pathologischen Bakterienflora (46). Das Zinnion kann an der Oberfläche der Bakterien adsorbieren und somit den Bakterienmetabolismus stören (41).

Zu den wirksamsten Mundspüllösungen im Bouillon- Reihenverdünnungstest zählten Elmex und Meridol. Diese enthalten beide Aminfluoride und konnten überzeugen, in dem sie alle verwendeten Mikroorganismen vollständig abgetötet haben.

Aber auch Odol- med3 brachte vergleichbare Ergebnisse. Dieses Produkt enthält neben Natriumfluorid auch Cetylpyridiniumchlorid (CPC). CPC ist eine quarternäre Harnstoffverbindung, die vielfach als Plaquehemmer verwendet wird (61). Diese Substanz wirkt hauptsächlich auf grampositive Bakterien und führt zu einer Erhöhung der

Bakterienzellwandpermeabilität und begünstigt damit die Lyse. Der Zellmetabolismus wird vermindert und die Bakterien können nur noch eingeschränkt an der Zahnoberfläche haften. In vitro ist CPC antibakteriell wirksam. In vivo aber ist die Wirkung umstritten, aufgrund der geringen Substantivität (5, 8). Weiterhin kann die hemmende Wirkung durch verschiedene Faktoren erheblich beeinflusst und blockiert werden. Dazu gehört unter anderem ein niedriger pH- Wert. Außerdem kann die Effektivität nochmals durch Bindung an Kalziumionen des Speichels reduziert werden (61).

Auch Perlodent und Today Dent enthalten CPC. Diese Produkte überzeugten im Reihenverdünnungstest ebenfalls. Unter Verwendung von Perlodent kam es zur vollständigen Eliminierung aller oralen Streptokokken, der Hefe, der Darmbakterien und von *Staphylococcus aureus*. Lediglich bei *Pseudomonas aeruginosa* konnten geringe Restkeime kultiviert werden. Today Dent hinterließ eine weitaus größere Zahl an Restkeimen der Gattung *Pseudomonas aeruginosa* und erbrachte keine Wirkung auf *Staphylococcus aureus*. Aber alle anderen Keime wurden restlos abgetötet.

Listerine kann in die Gruppe der Phenolderivate eingeordnet werden. Es enthält essentielle Öle, die der Plaquehemmung dienen. Das sind Thymol, Menthol und Eucalyptol. Zusätzlich findet man Methylsalicylat und Benzoesäure.

Aufgrund der geringen Wasserlöslichkeit der Öle wird als Lösungsmittel Alkohol verwendet. In dieser Mundspülung ist Natriumfluorid enthalten.

Durch Denaturierung von Proteinen in der Bakterienwand, durch Verminderung der Plaquetoxizität und durch Beeinflussung der Plaqueproliferation kann Listerine wirksam werden (25).

Im Bouillon- Reihenverdünnungstest verhinderte Listerine ein erneutes Anwachsen aller Keimkolonien, bis auf *Pseudomonas aeruginosa*. Listerine gehört zu den ältesten antibakteriellen Mundspüllösungen auf dem Markt. Es befindet sich bereits seit 1914 im Handel. In zahlreichen Kurz- und Langzeitstudien wurde seine plaque- und gingivitishehmende Wirkung belegt (22, 53, 65).

Xylitol findet man unter anderem in Meridol und DontoDent. Xylitol ist ein Zuckeraustauschstoff, der natürlich als Zuckeralkohol in vielen Früchten, Gemüsesorten und Pilzen vorkommt, aber auch in der Rinde bestimmter Holzarten zu finden ist.

Er kann zu einer Stoffwechselblockierung bestimmter Streptokokken und anderer Bakterien führen und damit deren Verschwinden aus der Mundhöhle initiieren (21). Xylitol besitzt also einen antikariogenen Effekt, der eine Wachstumshemmung beispielsweise von *Streptococcus mutans* bewirkt. Dieser kann den Zuckeralkohol nicht verwerten und wird somit ausgehungert. Durch regelmäßigen Verzehr von Xylitol kann die Zahl an Streptokokken in der Plaque und im Speichel deutlich gesenkt werden. Zusätzlich verhindert diese Substanz das Anlagern der Bakterien am Zahnschmelz (36).

Die Mundwässer enthalten keine Fluoridverbindungen. Ihr Hauptbestandteil sind Kräuter- und Pflanzenextrakte, wie Kamille, Salbei und Minze. Aber auch Lavendel, Sternanis und Nelkenöl kommen vor. Diese Naturprodukte können den pH- Wert des Speichels in den alkalischen Bereich verschieben (68). Man sagt ihnen eine entzündungshemmende Wirkung nach.

Elkadent zeigte im Verdünnungsversuch unter den Mundwässern die besten Ergebnisse. In Elkadent findet man zusätzlich das Metallsalz Zinkchlorid.

Metallsalze besitzen antibakterielle Eigenschaften, in dem sie die bakterielle Glykolyse hemmen, gleichzeitig wird die Säureproduktion und die Proteaseaktivität der Bakterien abgeschwächt (45). Alle Mundwässer enthalten Alkohol zur Lösung der Kräuter- und Pflanzenextrakte.

Alkohol kann die Wirksamkeit von Mundspüllösungen nicht signifikant erhöhen, denn erst bei Konzentrationen von über 40 % kann von einer Reduktion des Bakterienwachstums ausgegangen werden (12, 18). In den Mundwässern findet man eine durchschnittliche Konzentration von 15 %. Diese kann zu erheblichen Nebenwirkungen führen, wie beispielsweise Geschmacksveränderungen und Mundbrennen.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass Mundspüllösungen mit dem Wirkstoff Aminfluorid Vorteile bringen. Aber die Mundspüllösungen, die ausschließlich Natriumfluorid (DontoDent, Perlodent, Today Dent, Odol- med3, Listerine) enthalten, standen Meridol und Elmex kaum nach. Lediglich die Mundwässer konnten nicht an die Ergebnisse der Mundspülungen reichen.

In dieser Studie wurde gezeigt, dass Fluoride stark hemmend auf den Bakterienstoffwechsel wirken, aber auch andere Bestandteile in den Lösungen, wie CPC, Xylitol und ätherische Öle ihren antimikrobiellen Effekt in vitro gut unter Beweis stellen konnten und überzeugten. Ein Aspekt, der nicht Bestandteil dieser Studie war, ist die mengenmäßige Zusammensetzung der Inhaltsstoffe, bzw. deren wirksame Konzentration. Dies muss unberücksichtigt bleiben.

6.6 Vergleich der Ergebnisse mit denen anderer Autoren

Zunächst sei nochmal klar herausgestellt, dass es sich bei dieser Arbeit um eine in vitro-Studie handelt. Die Ergebnisse spiegeln die Wirkung der Mundspüllösungen auf isolierte Mikroorganismen wieder, nicht auf den oralen Biofilm. Auch die Komplexibilität des gesamten Mundhöhlenmilieus bleibt unberücksichtigt. Orale Biofilme sind sehr dünn und deren Erforschung in vivo schwierig.

Das Ansprechen von Bakterien auf antibakterielle Agentien ist wesentlich geringer, wenn sie in einem Biofilm vorliegen, statt als Einzelbakterien, wo sie ungeschützt dem Angriff von Hemmstoffen ausgesetzt sind (8).

Ein Beispiel zeigt die Untersuchung von Netuschil et al., die die Substantivität und antibakterielle Wirkung von Aminfluorid/ Zinnfluorid in situ näher betrachtet und festgestellt haben, dass in vitro Meridol bereits in Konzentrationen von 1 bis 20 ppm bakterizid wirkt, jedoch in vivo ca. 100-fach höher konzentriert werden muss, um einen ähnlichen Effekt zu erzielen (50).

In der Literatur sind vorwiegend in vivo-Studien zu finden. Trotz der Unterschiede, die sich daraus ergeben, sollen diese zur Vervollständigung des Vergleichs herangezogen werden. Eine enorm große Zahl an Studien existiert über die Wirkung der Fluoride. Sie wurden hinreichend wissenschaftlich untersucht und sind in den sieben Mundspülungen, die in dieser Arbeit verwendet wurden, enthalten.

Schulz, Künzel und Stößer untersuchten 1991 die Plaque- und Gingivitisreduktion durch eine Aminfluorid/ Zinnfluoridkombination. Sie stellten fest, dass durch tägliche Mundspüllungen

mit AmF/ SnF₂ (zweimal täglich eine Minute mit 20 ml Lösung) sowohl die etablierte Plaque als auch eine experimentell erzeugte Gingivitis reduziert werden konnten. Sie sprechen sogar von einer fast vergleichbaren Effektivität der Fluoridkombination mit der von Chlorhexidin (62).

Auch Netuschil et al. untersuchten Amin- und Zinnfluoride näher und verglichen sie mit Chlorhexidin, welches als chemische Zahnbürste und als „Goldstandard“ der oralen Chemotherapeutika bezeichnet werden kann. Ein bakterizider Wirkungseintritt findet bei beiden Substanzen in situ innerhalb von 30 Minuten nach der Mundspülung statt. Die Retentionszeit einer antibakteriell wirksamen Konzentration beträgt bei den Fluoriden drei bis fünf Stunden. Im Vergleich zum CHX, das sechs bis acht Stunden im Mundraum verbleibt, haben die Fluoride eine verkürzte, klinische Wirkdauer. Sie wird aber als ausreichend lang beurteilt. Zusätzlich verfügen die Fluoride über eine kariesprophylaktische Wirkung. Die Nebenwirkungen sind quantitativ und qualitativ weniger von Bedeutung als die von CHX. Stark antibakterielle Mittel wie das Chlorhexidin sind nicht oder nur für einen kurzen Zeitraum und spezifische Probleme angezeigt (52).

Netuschil postuliert ebenfalls Mundspüllösungen als Additivum zur mechanischen Zahnreinigung einzusetzen (50). Die Hauptmenge der Plaque kann somit mit der Zahnbürste entfernt werden und die Mundspüllösung wirkt danach gegen den „Rest“ des Zahnbelags, der relativ dünn und unorganisiert ist, und verzögert somit die Etablierung neuer Plaquekolonien (51).

2005 fand ebenfalls ein Vergleich von CHX und Aminfluorid/ Zinnfluorid (Meridol) statt durch Auschill et al.. Beide Substanzen zeigen einen deutlichen antibakteriellen und plaqueinhibierenden Effekt auf den oralen Biofilm in situ (10).

Vergleichende Untersuchungen der Wirksamkeit von Aminfluorid/ Zinnfluorid mit Natriumfluorid stellten Mengel et al. 1995 an, in einer Langzeitstudie über neun Monate. Probanden mit einer chronischen Gingivitis oder beginnender Parodontitis wurden randomisiert und in drei Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe erhielt ausschließlich Natriumfluoridpräparate (Zahnpasta und Mundspülung), die zweite Gruppe Aminfluorid/ Zinnfluoridzahnpasta und Spülung und die dritte Gruppe bekam eine Kombination aus einer Aminfluorid/ Zinnfluoridpasta und einer Natriumfluoridspülung. In allen drei Gruppen kam es zu einer Reduzierung der Entzündungszeichen der Gingiva, einer Verminderung der Plaqueakkumulation und zu einer positiven Veränderung der supragingivalen Bakterienflora.

Auf potentiell gingivopathogene Keime erwies sich als wirksamste Gruppe die, die ausschließlich Aminfluorid/ Zinnfluoridprodukte nutzten (46).

Dies stellten auch Brex et al. in ihren Studien 1990 und 1993 fest. In der ersten Studie, die über eine Testdauer von drei Wochen reichte, wurden ein auf ätherischen Ölen beruhendes Chemotherapeutikum und eine Amin/ Zinnfluorid- Lösung (Meridol) miteinander verglichen. Meridol zeigte einen offensichtlichen plaquereduzierenden und gingivitishemmenden Effekt in vivo, wenn auch im Zeitverlauf nachlassend. 1993 ging die Studie über einen Zeitraum von drei Monaten. Auch dort konnte ein antibakterieller Effekt von Meridol nachgewiesen werden (17, 20).

Eine weitere Langzeitstudie, die durch Zimmermann et al. 1992 erstellt wurde, bestätigt ebenfalls die Wirksamkeit von Aminfluorid/ Zinnfluoridpräparaten. Über 7 Monate wurde die Wirksamkeit von Meridol auf Gingivitis (SBI), Plaqueakkumulation (API) sowie die Zusammensetzung der supragingivalen Plaque bei Probanden mit einer chronischen Gingivitis untersucht. Im Versuchszeitraum sanken die SBI- und API- Werte. In der Plaque war eine Zunahme der Kokken und Abnahme der beweglichen Stäbchen und Spirochäten zu beobachten, was auf eine mikrobiologische Gesundheit der Gingiva schließen lässt und insgesamt für eine gingivitisprophylaktische Wirksamkeit von Meridol spricht (69).

All diese Studien bestätigen die Wirkung von Amin- und Zinnfluoriden. Somit kann auch das gute Abschneiden von Meridol und Elmex im Reihenverdünnungstest erklärt werden. Beide Produkte enthalten keine weiteren antimikrobiellen Zusätze außer Aminfluorid/ Zinnfluorid, bzw. Aminfluorid/ Natriumfluorid.

Der Wirkungsmechanismus der Amin/ Zinnfluoridverbindungen geht weniger vom Fluorid aus, sondern ganz wesentlich vom Kation, also dem Zinn bzw. dem organischen Amin. Die Kationen erzielen eine Verbesserung der Plaqueinhibierung. Vor allem das Zinnion hemmt den Bakterienmetabolismus (28).

Gehring untersuchte die antimikrobielle Wirkung des Aminfluorids genauer. Dieses kann schon bei geringen Konzentrationen die Säurebildung der Plaqueflora hemmen und in Konzentrationen um 100 ppm sogar innerhalb von 30 Minuten sämtliche Keime abtöten (30).

2003 untersuchten Arweiler et al. zudem den Effekt von Aminfluorid- Triclosan- Mundspüllösungen hinsichtlich der einzelnen aktiven Ingredienzien. Es stellte sich heraus, dass die Plaquereduktion hauptsächlich auf den Effekten der Aminfluoridanteile basierte (6).

Durch die Kombination von Aminfluorid und Zinnfluorid, welches allein chemisch instabil ist, konnte ein bemerkenswerter antibakterieller Effekt erreicht werden.

Für die Fluoride allgemein werden in vitro sehr starke antibakterielle Effekte beschrieben.

Diese konnten auch im Reihenverdünnungstest bestätigt werden.

Odol- med3, DontoDent, Perlodent, Today Dent und Listerine enthalten alle Natriumfluorid.

Aber in der klinischen Realität stellt es sich anders dar. Die antiglykolytische Wirkung der Fluoride wird von den Mikroorganismen kompensiert und die Substantivität der Natriumfluoride gilt als nicht ausreichend (28).

In zahlreichen Studien wird die Wirksamkeit verschiedener Mundspüllösungen vergleichend analysiert.

Dabei werden hauptsächlich Lösungen mit ätherischen Ölen (Listerine), Mundspülungen mit einer Kombination von Amin- und Zinnfluorid (Meridol) und Chlorhexamed miteinander verglichen.

Brex et al. führten eine solche Untersuchung 1990 durch. Dabei betrachteten sie die Wirkung einzelner Mundspülungen (CHX, Meridol, Listerine) auf die Plaque, die Gingivitis und die Vitalität der Plaqueflora. Über eine Testdauer von drei Wochen durften die Probanden nur zweimal täglich mit einer der Lösungen spülen. Jegliche weitere Mundhygienemaßnahmen mussten unterlassen werden. CHX war Meridol und Listerine gegenüber überlegen.

Meridol reduzierte die Plaquebildung ebenso effizient wie Listerine, jedoch signifikant geringer als CHX. Die Plaquevitalitätswerte zeigten einen bakteriziden Effekt des Chlorhexidins, allerdings konnte dies nicht für Listerine beobachtet werden. Meridol konnte in der Anfangsphase Plaquebakterien abtöten, lies aber im weiteren Zeitverlauf in seinem antibakteriellen Effekt nach (20).

1992 verglichen Brex et al. die Wirksamkeit von Listerine, Meridol und CHX als Ergänzung zur regelmäßigen Zahnreinigung. Wieder lagen keine antibakteriellen in vivo Effekte für Listerine vor. CHX überzeugte durch einen bakteriziden in vivo Effekt, Meridol ebenfalls, wenn auch mit geringerer Ausprägung.

Man stellte mithilfe dieser Studie fest, dass eine Kombination von habitueller, selbst durchgeführter und nicht überwachter Mundhygiene mit Meridol und Listerine für eine Plaquekontrolle günstiger ist, als ausschließlich mechanische Hygienemaßnahmen (16).

Auch Netuschil et al. kamen zu ähnlichen Ergebnissen 1995. Listerine zeigte die schwächste Wirkung. Lediglich im frühen Stadium der Plaquebildung konnten Effekte beobachtet werden oder, wenn Listerine als Additivum zur täglichen Mundhygiene eingesetzt wurde. Aufgrund der mangelnden Substantivität kann im Falle von Listerine nur von einer geringen antimikrobiellen Wirkung in situ ausgegangen werden. Meridol überzeugte durch eine größere antibakterielle Wirkung (51).

Dazu vollkommen kontroverse Ergebnisse erbrachten Studien von Pan und Riep 1999. Riep et al. fanden in einer klinischen Untersuchung heraus, dass Listerine effizienter wirkte als eine Kombination von Amin- und Zinnfluorid (Meridol) und die mittleren Plaquereduktionsraten deutlich über denen von Meridol lagen. Pan et al. konnten diese Ergebnisse durch eine Laborstudie bestätigen (54, 57).

Über die klinische Wirksamkeit von ätherischen Ölen berichten weitere Studien.

Schon 1987 wurde von Axelsson et al. über Erfolge von Mundspüllösungen, die essentielle Öle enthalten, bei der Beseitigung der dentaler Plaque und deren Einfluss auf die Ausheilung von Gingivitis berichtet. Dabei wurde Listerine über einen Zeitraum von sechs Wochen als Adjuvant zur täglich durchgeführten Mundhygiene eingesetzt und eine deutliche Verbesserung des oralen Hygienestatus als auch der Zahnfleischgesundheit erzielt (11).

Aber auch Langzeitstudien von Overholser et. al., Charles et. al. und Stoeken et. al. belegen, dass Listerine zusätzlich zur normalen Mundhygiene, signifikant die Entwicklung von Plaque und Gingivitis hemmen kann (22, 53, 65).

Fine et al. untersuchten 2000 zudem die Wirkung von Phenol- Derivaten auf die Plaque und den Anteil von Streptococcus mutans in einer klinischen und in einer in vitro- Studie. In der klinischen Studie bewirkte Listerine eine Reduktion der Streptokokken in der Plaque von über 50 % und im Speichel von über 39 %. Die in vitro Nachuntersuchung zeigte zudem eine hohe Empfindlichkeit von Streptococcus mutans auf die bakterizide Aktivität der Phenol-Derivate (24).

2007 konnten Fine und Kollegen auch die Wirksamkeit von Listerine auf subgingivale pathogene Keime belegen. Sie fanden heraus, dass Listerine in erster Linie eine Störung in der Zusammensetzung der supragingivalen Plaque verursacht. Da die supragingivale Plaque erheblichen Einfluss auf den Beginn und die Progression einer Parodontitis hat, konnte somit auf eine Wirkung gegen bestimmte parodontitisassoziierte Keime geschlossen werden.

Signifikante Reduktionsraten in Taschentiepen von 4- 7 mm vor allem von *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum* und Veillonellen wurden ermittelt (27). Diese Bakterienreduktionszahlen stimmen mit denen überein, die Fine schon 2000 in der Studie über die Wirksamkeit essentieller Öle auf *Streptococcus mutans* herausgefunden hat (26). Im Reihenverdünnungstest überzeugte Listerine in seiner Wirksamkeit. Dabei spielte aber die Substantivität keine Rolle.

In Perlodent, Today Dent und Odol- med3 findet man Cetylpyridiniumchlorid.

1981 untersuchten Roberts und Addy diesen Wirkstoff. Sie verglichen dabei in vivo und in vitro die antibakteriellen Eigenschaften verschiedener Mundspüllösungen, unter anderem eine CPC- haltige. Bereits in geringer Konzentration erwies sich diese Lösung als effektiv. Es konnte ein unmittelbar signifikanter Abfall der Speichelbakterien erreicht werden (58).

Jenkins stellte 1994 in einer viertägigen Plaqueneubildungsuntersuchung ebenfalls die Wirksamkeit von CPC fest. Die größte Plaquehemmung konnte mit einer 0,1 % igen CPC- Lösung erzielt werden und damit lag sie kaum höher als bei der zum Vergleich genutzten niedrig dosierten CHX- Lösung (37).

2000 konnte durch Moran et al. eine Plaquereduktion von CPC ermittelt werden von 22,5 %, im Vergleich zu CHX von 52 %. Es wurde ebenfalls eine vier- Tage- Plaquewachstumsstudie genutzt (49).

Die Wirksamkeit auf eine etablierte Plaque und Gingivitis wurde auch wieder kürzlich durch Silva et al. unterlegt. Sie stellten außerdem fest, dass nach der Nutzung einer 0,05 % CPC- Lösung ein 12- stündiger Schutz gegen Plaque und Gingivitis besteht (63). In einer länger dauernden Studie über zwei Wochen wurde CPC mit einer Mundspüllösung, die essentielle Öle enthält, verglichen. Gegen Plaque und Gingivitis als wirksamer erwies sich die Mundspülung mit den ätherischen Ölen (4).

Der klinische Effekt der CPC-haltigen Mundspülungen wird sehr widersprüchlich beurteilt. Die Substantivität liegt unter der von CHX. Ihrer Wirkung findet hauptsächlich während der frühen Phase der Plaquebildung statt (61). In vitro zeigt sich ein antibakterieller Effekt. CPC kann sich gut an die Plaque und die Zahnoberfläche binden, wird aber auch schnell wieder freigesetzt (34).

Als wirksame Hemmer der Plaquebildung werden in der Literatur auch Metallionen beschrieben. Dazu zählen Zinn-, Zink- und Kupfersalze.

In Elkadent ist Zinkchlorid enthalten. Metallsalze besitzen eine antiglykolytische Aktivität und auch eine Substantivität. Somit kann das Säurepotential der dentalen Plaque stark vermindert werden (8).

Dies stellten auch schon Harper et al. 1990 fest. Sie untersuchten in einer sechs-monatigen Studie die Wirkung einer Zahnpasta und Mundspülung, die sowohl Sanguinarin und Zinkchlorid enthielten. Der kombinierte Gebrauch der beiden Präparate führte zu einem deutlichen Rückgang der Plaqueakkumulation und der Gingivitis, wobei dieser Effekt vornehmlich auf das Metallsalz zurückzuführen ist (33).

Mundwasserkonzentrate sind auf der Basis von Pflanzenextrakten entwickelt. In der Regel sollen sie eine Geschmackerfrischung bewirken. Sie werden in Wasser gemischt. Aufgrund dieses Verdünnungseffektes wird die klinische Wirkung bezüglich der Plaquehemmung als gering eingestuft (67).

Dies zeigten auch die Ergebnisse des Reihenverdünnungstests.

Willershausen et al. untersuchten in einer Studie 1991 die Wirkung von Zahnpasten und Mundspülungen mit Pflanzenextrakten und stellten heraus, dass sowohl

Entzündungszeichen (SBI) rückläufig waren als auch das Plaquewachstum (API). In den Lösungen wurden Konzentrationen der pflanzlichen Wirkstoffe von 35 % verwendet (68).

Im Falle der im Reihenverdünnungstest untersuchten Mundwässer kann davon ausgegangen werden, dass die Konzentration der Pflanzenextrakte zu niedrig ist, um einen ähnlichen Effekt, wie ihn Willershausen zeigen konnte, zu erzielen.

Alkohol in Mundspüllösungen gilt nicht als Wirkstoff zur Plaqueprävention. Vielmehr wird er als Lösungsmittel für Inhaltsstoffe, die nicht wasserlöslich sind, eingesetzt. Um das Wachstum des dentalen Biofilms maßgeblich zu beeinflussen, müssen Konzentrationen von 40 % vorliegen (18). Bei regelmäßigem Gebrauch von Lösungen mit einer Alkoholkonzentration von mehr als 20 % können lokaltoxische Effekte beobachtet werden (60).

Arweiler untersuchte alkoholfreie Mundspüllösungen hinsichtlich des Potentials, die supragingivale Plaquebildung und Vitalität zu reduzieren und bestätigte ihnen einen Effekt (7).

2010 wurde in der Schweizer Monatszeitschrift für Zahnmedizin berichtet, dass bei gewissen Patienten infolge der Verwendung von alkoholhaltigen Mundspülungen Schleimhautentzündungen aufgetreten sind. Ferner können Desquamationen der Mundschleimhaut oder ein brennendes Gefühl beobachtet werden (12). Ein Nachweis, inwieweit an der Entstehung von oralen Neoplasien der Alkoholgehalt plaquehemmender Präparate beteiligt ist, konnte bisher nicht erbracht werden und wird noch heute kontrovers diskutiert (61). Es erscheint sinnvoll, von einer länger dauernden Verwendung alkoholhaltiger Mundspülungen abzuraten.

Nach der Auswertung aller Ergebnisse kann festgestellt werden, dass die Mundspüllösungen, die Amin- und Zinnfluoride enthalten einen entscheidenden Vorteil besitzen. Die Mundwässer sollten nur zur Erfrischung des Atems verwendet werden.

In vivo Untersuchungen können, auf Basis dieser Arbeit, im Praxistest weitere interessante Aspekte liefern.

7. Schlussfolgerung

Karies und entzündliche Parodontalerkrankungen werden hauptsächlich durch eine mangelnde Mundhygiene verursacht.

Die vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie belegte zwar, dass die Zahnbürste und Zahnpasta offensichtlich einen festen Platz im mundgesundheitsbezogenen Verhaltensrepertoire in Deutschland einnehmen, oftmals sind aber die Prophylaxebemühungen der Patienten nicht ausreichend für eine effektive Plaquekontrolle. Nur rund 80 % der Bevölkerung praktiziert ein zweimaliges tägliches Zähneputzen. 56% der Erwachsenen und 85 % der Senioren benutzen grundsätzlich keine Zahnseide (47, 48). Mundspüllösungen mit geeigneten Wirkstoffen sind im Sinne einer chemischen Plaquekontrolle eine sinnvolle Ergänzung zur mechanischen Plaquebeseitigung. Sie sollten aber nicht als äquivalenter alleiniger Ersatz angesehen werden.

Die Ergebnisse der vorliegenden in vitro- Studie verdeutlichen, dass die oralen Streptokokken von den Mundspülungen DontoDent, Meridol, Elmex, Listerine, Perlodent, Today Dent und Odol-med3 effektiv bekämpft wurden. Es konnten nach zwei Stunden keine Keime mehr kultiviert werden. Gleiches lässt sich auch für *Candida albicans* und für die eingesetzten Darmbakterien, *Enterococcus faecalis* und *Escherichia coli*, beobachten. Unterschiede ergaben sich nur bei zwei Keimen, nämlich bei *Staphylococcus aureus* und bei *Pseudomonas aeruginosa*. Eine völlige Inaktivierung beider Keime erbrachten nur Elmex, Meridol und Odol- med3. Today Dent und Odol- Mundwasser hatten keinen Effekt auf *Staphylococcus aureus*. Die übrigen Mundspüllösungen führten zu einer Wachstumshemmung bis hin zur Eliminierung des Keims. Differenter sah es bei *Pseudomonas aeruginosa* aus. Perlodent und DontoDent hinterließen nur noch geringe Restkeime, gefolgt von Today Dent. Als schließlich ungeeignet zur Inaktivierung der Keimart stellte sich Listerine dar.

Mundwässer sollten zur chemischen Plaquekontrolle nicht genutzt werden. Zwar waren gute Ergebnisse bei Odol- Mundwasser und Elkadent hinsichtlich ihrer Wirkung auf *Streptococcus mutans* und *Streptococcus sanguinis* zu beobachten, doch versagten sie in unterschiedlicher Weise bei den anderen Keimen. Hohe Zahlen an Keimkolonien wurden bei Dentagard gezählt.

Hinsichtlich des Preis-Leistungsgefüges stehen die günstigeren Produkte den teuren nicht nach.

Die in vitro Wirksamkeit der Mundspülungen konnte eindeutig erwiesen werden.

Klinische Untersuchungen zu den einzelnen Inhaltsstoffen jedoch zeigen, dass die Substantivität der Produkte zu Teilen erheblich schwankt, aber für deren Effekt von enormer Bedeutung ist.

Weitere Studien sollten klären, inwieweit die Laborergebnisse mit der in vivo Wirksamkeit übereinstimmen.

Als Fazit lässt sich ohne Zweifel feststellen, dass Mundspüllösungen, wenn sie als Additivum zu den täglichen durchgeführten Mundhygienemaßnahmen eingesetzt werden, die Etablierung des Biofilms entscheidend reduzieren können. Sie bieten ein breites und wirksames Spektrum an, die die natürliche Zusammensetzung der Mundflora nicht gefährdet. Ihr Einsatz zur Karies- und Parodontitisprophylaxe ist mehr als berechtigt.

Vor allem, wenn sie langfristig in die häuslichen Mundpflegerituale integriert werden sollen.

Der Goldstandard, das 0,2 % ige CHX, welches zu den am häufigsten genutzten chemoprophylaktischen und therapeutischen Agenzien gehört, besticht durch seine Effektivität gegen Plaque und Gingivitis. Seine hohe Substantivität bedingt aber eine große Zahl an Nebenwirkungen, die von einem länger dauernden Gebrauch absehen lassen. Die Nebenwirkungen der alternativen Mundspüllösungen sind quantitativ und qualitativ weniger von Bedeutung als die von CHX. Deshalb sind diese Mundspüllösungen aus dem therapeutischen und prophylaktischen Bereich nicht mehr wegzudenken.

8. Literaturverzeichnis

1. Adams D and Addy M. 1994. Mouthrinses. Adv. Dent. Res. 8: 291- 301.
2. Addy M. 1999. Antiseptika in der parodontalen Therapie. Klinische Parodontologie und Implantologie. Lindhe, J, Karring T, Lang N P (Hrsg.). Quintessenz, Berlin. 461- 487.
3. American Dental Association. 2006. Cleaning your teeth and gums (oral hygiene). www.ada.org/public/topics/cleaning.asp.
4. Amini P, Araujo M W B, Wu M-M, Charles C A and Sharma C. 2009. Comparative antiplaque and antigingivitis efficacy of three antiseptic mouthrinses: a two week randomized clinical trial. Braz. Oral Res. 23, 3: 1- 7.
5. Arweiler N B und Sculean A. 2009. Chemische Kontrolle des dentalen Biofilms. Quintessenz Parodontologie. 60 (11): 1321- 1332.
6. Arweiler N B, Auschill T M, Baguley N, Netuschil L and Sculean A. 2003. Efficacy of an amine fluoride- triclosan mouthrinse as compared to the individual active ingredients. J Clin Periodontol. 30: 192- 196.
7. Arweiler N B, Netuschil L and Reich E. 2001. Alcohol- free mouthrinse solutions to reduce supragingival plaque regrowth and vitality. J Clin Periodontol. 28: 168- 174.
8. Arweiler N B, Netuschil L und Reich E. 2000. Ein Leitfaden zur Anwendung von antimikrobiellen Wirkstoffen in der Mundhöhle. GlaxoSmithKline.
9. Arweiler N B. 2004. Welchen Beitrag leisten Mundspüllösungen zur effektiven Karies- und Gingivitisprophylaxe? Dent Implantol. 8, 6: 574- 583.

10. Auschill T M, Hein N, Hellwig E, Follo M, Sculean A and Arweiler N B. 2005. Effect of two antimicrobial agents on early in situ biofilm formation. *J Clin Periodontol.* 32 (2): 147- 152.
11. Axelsson P and Lindhe J: 1987. Efficacy of mouthrinses in inhibiting dental plaque and gingivitis in man. *J Clin Periodontol.* 14: 205- 212.
12. Badran Z, Bories C, Verner C, Demoersman J und Soueidan A. 2010. Nebenwirkungen alkoholhaltiger Mundspüllösungen- ein Update. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 20: 607- 609.
13. Baehni P. 2008- 2009. Anwendung von Mundspülungen im Dentalbereich. *Prophylaxedialog.* 2, 1: 17- 18.
14. Bodenschatz W. 2001. Desinfektion. Sterilisation. Reinigung. Schädlingsbekämpfung: Rechtsvorschriften und Materialien. 21. Aktualisierungs- Lieferung. Behr's Verlag Hamburg.
15. Bowen W H. 1990. Mechanisms of action of known plaque inhibitors. *Z Stomatol.* [Suppl 5]: 19-23.
16. Brex M, Brownstone E, MacDonald L, Gelskey S and Cheang M. 1992. Efficacy of listerine, meridol and chlorhexidine mouthrinses as supplement to regular toothcleaning measures. *J Clin Periodontol.* 19: 202- 207.
17. Brex M, MacDonald L L, Legary K, Cheang M and Forgay M G E. 1993. Long- term effects of meridol and chlorhexidine mouthrinses on plaque, gingivitis, staining and bacterial vitality. *J Dent Res.* 72: 1194- 1197.
18. Brex M, Netuschil L and Hoffmann T. 2003. How to select the right mouthrinse in periodontal prevention and therapy. Part. II. Clinical use and recommendations. *Int J Dent Hygiene.* 1: 188- 194.

19. Brex M, Netuschil L and Hoffmann T. 2003. How to select the right mouthrinses in periodontal prevention and therapy. Part. I. Test systems and clinical investigations. *Int J Dent Hygiene*. 1: 143- 150.
20. Brex M, Netuschil L, Reichert B and Schreil G. 1990. Efficacy of listerine, meridol and chlorhexidine mouthrinses on plaque, gingivitis and plaque bacteria vitality. *J Clin Periodontol*. 17: 292- 297.
21. Bruhn U. 2006. Xylitol neu entdeckt. Selbstversuch mit viel versprechendem Resultat. BZB online. www.bzb-online.de.
22. Charles C H, Mostler K M, Bartels L L and Mankodi S M: 2004. Comparative antiplaque and antigingivitis effectiveness of a chlorhexidine and an essential oil mouthrinse: 6- month clinical trial. *J Clin Periodontol*. 31: 878- 884.
23. DGZMK. 2007. Staehle H J, Schiffner U und Dörfer C E. Stellungnahme der DGZMK. Häusliche mechanische Zahn- und Mundpflege. *Zahnärztliche Mitteilungen*. 17: 64-69.
24. Fine D H, Furgang D, Barnett M L, Drew C, Steinberg L, Charles C H and Vincent J W. 2000. Effect of an essential oil- containing antiseptic mouthrinse on plaque and salivary streptococcus mutans levels. *J Clin Periodontol*. 27: 157- 161.
25. Fine D H, Letizia J and Mandel I D. 1985. The effect of rinsing with listerine antiseptic on the properties of developing dental plaque. *J Clin Periodontol*. 12: 660- 666.
26. Fine D H, Markowitz K, Furgang D, Goldsmith D, Charles C H, Lisante T A and Lynch M C. 2007. Effect of an essential oil- containing antimicrobial mouthrinse on specific plaque bacteria in vivo. *J Clin Periodontol*. 34: 652- 657.
27. Fine D H, Markowitz K, Furgang D, Goldsmith D, Ricci- Nittel D, Charles C H, Peng P and Lynch M C. 2007. Effect of rinsing with an essential oil- containing mouthrinse on subgingival periodontopathogens. *J Periodontol*. 78, 10: 1935- 1942.

28. Flores- de- Jacoby L. 1990. Möglichkeiten der Plaque- und Gingivitisprävention. Neue Erkenntnisse zum Wirkstoff Aminfluorid/ Zinnfluorid. Quintessenz Verlag GmbH 1991 Berlin, Chigago, London.
29. Gängler P, Hoffmann T, Willershausen B, Schwenzer N und Ehrenfeld M. 2005. Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart.
30. Gehring F. 1983. Wirkung von Aminfluorid und Natriumfluorid auf Keime der Plaqueflora. Dtsch Zahnärztl Z 38, Sonderheft 1: 36-40.
31. Gülzow H- J und Sudbrake C. 2003. Ein moderner Wirkstoff: 40 Jahre Kariesschutz mit Aminfluorid. Zahnärztliche Mitteilungen. 15: 32- 36.
32. Gülzow, H- J. 2006. Zahnmedizinische Prophylaxe- eine Erfolgsgeschichte. Prophylaxedialog. 11, 2: 3.
33. Harper D S, Mueller L J, Fine J B, Gordon J and Laster L L. 1990. Effect of 6 months use of a dentifrice and oral rinse containing sanguinaria extract and zinc chloride upon the microflora of the dental plaque and oral soft tissues. J Periodontol. 61 (6): 359- 363.
34. Hickel R. 1997. Wirkstoffe gegen Plaque und Bakterien. Quintessenz. Bonusausgabe 1: 45- 57.
35. Hoffmann T. Einsatz von Mundspül-Lösungen in der Mundhygiene. Zahngesundheit aktuell. Sonderausgabe, gesundes Zahnfleisch ein Leben lang. GABA GmbH Lörrach.
36. Hohmann C. 2010. Xylitol: Zuckeraustauschstoff gegen Karies. Pharmazeutische Zeitung online. www.pharmazeutische-zeitung.de.
37. Jenkins S, Addy M and Newcombe R G. 1994. A comparison of cetylpyridinium chloride, triclosan and chlorhexidine mouthrinse formulations for effects on plaque regrowth. J Clin Periodontol. 21: 441- 444.

38. Jespen D. 1998. The role of manual toothbrushes in effective plaque control: Advantages and limitation. Quintessenz, Berlin. 121.
39. Kayser F H, Bienz K A, Eckert J und Zinkernagel R M. 2001. Medizinische Mikrobiologie. Verstehen- Lernen- Nachschlagen. 10. Auflage. Georg Thieme Verlag Stuttgart.
40. Kramer E. 2009. Prophylaxefibel. Grundlagen der Zahngesundheit. 10. Auflage. Dtsch. Zahnärzte Verlag Köln.
41. Künzel W, Stößer L und Schulz E. 1990. Plaqueinhibition durch Aminfluorid/ Zinnfluorid. Quintessenz Parodontologie. 11: 1813- 1824.
42. Laurisch L. 2000. Individualprophylaxe: Diagnostik und Therapie des individuellen Kariesrisikos. 2. Auflage. Dtsch. Zahnärzte- Verlag, DÄV- Hanser, Köln, München.
43. Lehmann M, Hellwig E. 1998. Einführung in die restaurative Zahnheilkunde. 8. Auflage. Urban und Schwarzenberg München, Wien, Baltimore.
44. Lehmann R R. 1991. Ökologie der Mundhöhle. Grundlagen der Vorsorge. Georg Thieme Verlag Stuttgart.
45. Marsh P, Martin M V. 2003. Orale Mikrobiologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart.
46. Mengel R, Wissing E, Schmitz- Habben A und Flores- de- Jacoby L. 1995. Plaque- und Gingivitis hemmung durch Aminfluorid/ Zinnfluorid (Meridol) und Natriumfluorid. Eine klinische und mikrobiologische 9- Monatsstudie. Dtsch Zahnärztl Z. 50: 643- 648, Sonderdruck.
47. Micheelis W und Schiffner U. 2006. Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV). Neue Ergebnisse zu oralen Erkrankungsprävalenzen, Risikogruppen und zum zahnärztlichen Versorgungsgrad in Deutschland 2005. Institut der Deutschen Zahnärzte (Hrsg.). Dtsch. Zahnärzte Verlag DÄV Köln.

48. Micheelis W. 2010. Zahnseidengebrauch in Deutschland. Auf dem Vormarsch. Zahnärztliche Mitteilungen. 20 A: 128- 132.
49. Moran J, Addy M, Jackson R and Newcombe R G. 2000. Comparative effects of quaternary ammonium mouthrinses on 4- day plaque regrowth. J Clin Periodontol. 27: 37- 40.
50. Netuschil L, Rauh T und Riethe P. 1997. Substantivität und antibakterielle Wirkung von Aminfluorid/ Zinnfluorid in situ. Quintessenz Parodontologie. 8, 1: 7-15.
51. Netuschil L, Weiger R, Preisler R and Brex M. 1995. Plaque bacteria counts and vitality during chlorhexidine, meridol and listerine mouthrinses. Eur J Oral Sci. 103 (6): 355- 361.
52. Netuschil L. 1991. Zukünftige Plaque- und Chemotherapie- Konzepte. Oralprophylaxe. 13: 47- 54.
53. Overholser C D, Meiller T F, De Paola L G and Niehaus C. 1990. Comparative effects of 2 chemotherapeutic mouthrinses on the development of supragingival dental plaque and gingivitis. J Clin Periodontol. 17: 575- 579.
54. Pan P H, Finnegan M B, Sturdivant L and Barnett M L. 1999. Comparative antimicrobial activity of an essential oil and an amine fluoride/ stannous fluoride mouthrinse in vitro. J Clin Periodontol. 26: 474- 476.
55. Paul B, Pfister W, Wutzler P und Gängler P. 1992. Individuelle Plaqueflorabestimmung bei Parodontalerkrankungen. Methodik und Standardisierung. Dtsch. Zahn- Mund- Kieferheilkd. 80: 7- 12.
56. Pfister W, Wutzler P, Gängler P und Lindemann C. 1987. Die Plaquemikroflora der gesunden Gingiva sowie bei Gingivitis und Periodontitis marginalis. Dtsch. Zahn- Mund- Kieferheilkd. 75: 804-808.

57. Riep B G, Bernimoulin J-P and Barnett M L. 1999. Comparative antiplaque effectiveness of an essential oil and an amine fluoride/ stannous fluoride mouthrinse. J Clin Periodontol. 26: 164- 168.
58. Roberts W R and Addy M. 1981. Comparison of the in vivo and in vitro antibacterial properties of antiseptic mouthrinses containing chlorhexidine, alexidine, cetyl pyridinium chloride and hexetidine. J Clin Periodontol. 8: 295- 310.
59. Sanderink R B A, Bernhardt H, Knoke M, Meyer J, Weber C und Weiger R. 2004. Curriculum Orale Mikrobiologie und Immunologie. Quintessenz Berlin.
60. Schiffner U. 1998. Zur Rolle der chemischen Plaquekontrolle. Teil2: Substanzen zur chemischen Plaquekontrolle- Wirkungen und Nebenwirkungen. Oralprophylaxe. 21: 13- 19.
61. Schiffner U. 2000. Chemische Plaquekontrolle. Welche antibakteriellen Zusätze zu Zahnpasten und Spüllösungen sind empfehlenswert? Schweiz Monatsschr Zahnmed. 110: 826- 835.
62. Schulz E, Künzel W und Stößer L. 1991. Plaque- und Gingivitisreduktion durch eine Aminfluorid/ Zinnfluorid- Kombination. Dtsch. Zahn- Mund- Kieferheilkd. 79 (1): 9- 13.
63. Silva M F, dos Santos N B, Stewart B, DeVizio W and Proskin H M. 2009. A clinical investigation of the efficacy of a commercial mouthrinse containing 0,05 % cetylpyridinium chloride to control established dental plaque and gingivitis. J Clin Dent. 20 (2): 55- 61.
64. Stelzer B. 2008. Richtig vorbeugen. Neuigkeiten aus Prävention und Prophylaxe. BZB online. www.bzb-online.de

65. Stoeken J E, Paraskevas S and van der Weijden G A. 2007. The long- term effect of a mouthrinse containing essential oils on dental plaque and gingivitis: A systematic review. J Clin Periodontol. 78, 7: 1218- 1228.
66. Stößer L. 2006. Antibakterielle Effekte der Aminfluoride auf die dentale Plaque. Prophylaxedialog. 11, 2: 4- 6.
67. Thieme ejournals. Mundhygiene- Einsatz von Mundspüllösungen. 2005.
www.thieme-connect.de.
68. Willershausen B, Gruber I and Hamm G. 1991. The influence of herbal ingredients on the plaque index and bleeding tendency oft he gingiva. J of Clin Dent. II, 3: 75- 78.
69. Zimmermann A, Flores- de- Jacoby L, Pan P und Pan P. 1992. Die Parodontalgesundheit unter Langzeitanwendung von Meridol. Dtsch Zahnärztl Z. 47: Sonderdruck.

9. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich besonders bei Herrn Professor Dr. med. Wolfgang Pfister für die Überlassung des Themas bedanken und vor allem für die hervorragende Betreuung meiner Arbeit. Mit seiner unermüdlichen Geduld und seiner kompetenten Beratung stand er mir jederzeit als Ansprechpartner zur Verfügung.

Mein weiterer Dank gilt den Mitarbeitern des Institutes für Medizinische Mikrobiologie der Friedrich- Schiller- Universität Jena für ihre Unterstützung bei der Versuchsdurchführung. Ihre Freundlichkeit und ihr Engagement ermutigten mich immer wieder.

Meinem Ehemann, Heiko Lange bin ich zutiefst verbunden für die persönliche Anteilnahme an dieser Arbeit und seiner steten Unterstützung, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Ein besonderer Dank gilt meinen Freundinnen Marion Ambrosch und Kristin Starke, die niemals aufgehört haben, an mich zu glauben.

Meiner Familie möchte ich für die liebevolle Unterstützung während meiner Studienzeit und darüber hinaus ganz herzlich danken.

10. Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich- Schiller- Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönliche Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgenden Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Prof. Dr. med. W. Pfister

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Bad Kissingen, den 07.02.2012