

**In-vitro-Studie zur antibakteriellen Wirkung von Adhäsiva im
Agar-Hemmhoftest**

DISSERTATION

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

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

von
Georg Seltmann
geboren am 26.03.1983 in Altenburg

Jena 2011

Gutachter

1. _____

2. _____

3. _____

Tag der öffentlichen Verteidigung: _____

INHALTSVERZEICHNIS

Abkürzungsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

		Seite
1	Zusammenfassung	1
2	Einleitung	3
3	Zielstellung	11
4	Material und Methoden	12
4.1	Auswahl der zu untersuchenden Adhäsivsysteme	12
4.2	Auswahl der Bakterienstämme	14
4.3	Antibakterielle Testung der Einzelkomponenten	15
4.4	Antibakterielle Testung von Stoffgemischen	17
4.5	Messung der pH-Werte der Einzelkomponenten und Komponentengemische	18
4.6	Statistische Auswertung	18
5	Ergebnisse	19
5.1	Agar-Hemmhoftest	19
5.1.1	Spannweite der Hemmhöfe der selbst- u. totalätzenden Adhäsiva	20
5.1.2	Mittlere Hemmhofgröße der selbstätzenden Adhäsiva	21
5.1.3	Mittlere Hemmhofgröße der totalätzenden Adhäsiva	26
5.2	pH-Werte der Einzelkomponenten und Komponentengemische	31
6	Diskussion	34
7	Schlussfolgerung	46
8	Literaturverzeichnis	47
9	Anhang	53
	Tabellen und Abbildungen	
	Danksagung	
	Ehrenwörtliche Erklärung	
	Lebenslauf	

Abkürzungsverzeichnis

4-META	4-Methacryloxyethyl-trimellitat-anhydrid
A.	Actinomyces
ADA	American Dental Association
Bis-GMA	Bisphenol-A-Glycidylmethacrylat
ca.	circa
DGZ	Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltung
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Fa.	Firma
Gew.-%	Gewichtsprozent
HEMA	2-Hydroxyethylmethacrylat
IDS	Internationale Dentalschau
L.	Lactobacillus
LED	Light Emitting Diodes
MDP	10-Methacryloyloxydecyl-dihydrogenphosphat
MDPB	Methacryloyloxydodecylpyridiniumbromid
NaCl	Natriumchlorid
nd	nicht durchgeführt
ns	nicht signifikant
s	signifikant
S.	Streptococcus
TEGDMA	Triethylenglycoldimethacrylat
UDMA	Urethandimethacrylat
Vol.-%	Volumenprozent
Σ	Summe

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Microbank™ (links) mit Keramikperlen (rechts) zur Haltung von Bakterienstämmen	16
Abbildung 2: Antibakterielle Wirkung von Clearfil Protect Bond im Agar-Hemmhoftest gegenüber Actinomyces naeslundii	16
Abbildung 3: Selbstätzende Adhäsiva - Hemmhofspanne in mm	20
Abbildung 4: Totalätzende Adhäsiva - Hemmhofspanne in mm	21
Abbildung 5: Hemmhofdurchmesser am Beispiel von Futurabond NR. Links oben: Liquid A (Primer), rechts unten: Liquid B (Bond)	25
Abbildung 6: Mittlere Hemmhofgröße (mm) selbstätzender Adhäsiva der Gruppe 1 (KPA) gegenüber Laktobazillen, Streptokokken und Aktinomyzeten	25
Abbildung 7: Mittlere Hemmhofgröße (mm) von Primer und Adhäsiv selbstätzender Adhäsiva der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber Streptokokken, Laktobazillen und Aktinomyzeten	26
Abbildung 8: Mittlere Hemmhofgröße (mm) totalätzender Adhäsiva der Gruppe 1 (K+PA) gegenüber Streptokokken, Laktobazillen und Aktinomyzeten	30
Abbildung 9: Mittlere Hemmhofgröße (mm) von Primer und Adhäsiv totalätzender Adhäsiva der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Streptokokken, Laktobazillen und Aktinomyzeten	31

Abbildungen im Anhang

Abbildung 1:	Hemmhofgröße (mm) Futurabond DC - Liquid 1: selbststützendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber Laktobazillen, Streptokokken und Aktinomyzeten	83
Abbildung 2:	Antibakterielle Wirkung von Futurabond DC - Liquid 1: selbststützendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. casei</i> IMET 10692, <i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> OMZ 9S, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044, <i>A. israelii</i> IMET 10972 und <i>A. odontolyticus</i> R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung	83
Abbildung 3:	Hemmhofgröße (mm) Futurabond DC - Liquid 2: selbststützendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen	84
Abbildung 4:	Antibakterielle Wirkung von Futurabond DC - Liquid 2: selbststützendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. casei</i> IMET 10692, <i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> OMZ 9S, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044, <i>A. israelii</i> IMET 10972 und <i>A. odontolyticus</i> R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung	84
Abbildung 5:	Hemmhofgröße (mm) AdheSE - Primer: selbststützendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen	85
Abbildung 6:	Antibakterielle Wirkung von AdheSE - Primer: selbststützendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. casei</i> IMET 10692, <i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> OMZ 9S, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044, <i>A. israelii</i> IMET 10972 und <i>A. odontolyticus</i> R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung	85
Abbildung 7:	Hemmhofgröße (mm) AdheSE - Bonding Agent: selbststützendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen	86
Abbildung 8:	Antibakterielle Wirkung von AdheSE - Bonding Agent: selbststützendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. casei</i> IMET 10692, <i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> OMZ 9S, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044, <i>A. israelii</i> IMET 10972 und <i>A. odontolyticus</i> R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung	86
Abbildung 9:	Hemmhofgröße (mm) Solobond M - Adhesive: totalstützendes Adhäsiv der Gruppe 1 (K+PA) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen	87

Abbildung 10:	Antibakterielle Wirkung von Solobond M - Adhesive: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 1 (K+PA) gegenüber <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. casei</i> IMET 10692, <i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> OMZ 9S, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044, <i>A. israelii</i> IMET 10972 und <i>A. odontolyticus</i> R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung	87
Abbildung 11:	Hemmhofgröße (mm) Excite - Adhesive: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 1 (K+PA) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen	88
Abbildung 12:	Antibakterielle Wirkung von Excite - Adhesive: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 1 (K+PA) gegenüber <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. casei</i> IMET 10692, <i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> OMZ 9S, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044, <i>A. israelii</i> IMET 10972 und <i>A. odontolyticus</i> R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung	88
Abbildung 13:	Hemmhofgröße (mm) TECO - Adhesive: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 1 (K+PA) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen	89
Abbildung 14:	Antibakterielle Wirkung von TECO - Adhesive: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 1 (K+PA) gegenüber <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. casei</i> IMET 10692, <i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> OMZ 9S, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044, <i>A. israelii</i> IMET 10972 und <i>A. odontolyticus</i> R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung	89
Abbildung 15:	Hemmhofgröße (mm) Optibond FL - Primer: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen	90
Abbildung 16:	Antibakterielle Wirkung von Optibond FL - Primer: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. casei</i> IMET 10692, <i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> OMZ 9S, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044, <i>A. israelii</i> IMET 10972 und <i>A. odontolyticus</i> R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung	90
Abbildung 17:	Hemmhofgröße (mm) Optibond FL - Adhesive: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen	91
Abbildung 18:	Antibakterielle Wirkung von Optibond FL - Adhesive: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. casei</i> IMET 10692, <i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> OMZ 9S, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044, <i>A. israelii</i> IMET 10972 und <i>A. odontolyticus</i> R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung	91

Abbildung 19:	Hemmhofgröße (mm) paama 2 - Primer: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen	92
Abbildung 20:	Antibakterielle Wirkung von paama 2 - Primer: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. casei</i> IMET 10692, <i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> OMZ 9S, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044, <i>A. israelii</i> IMET 10972 und <i>A. odontolyticus</i> R22/580 im Agar-Hemmhofstest nach 48-stündiger Bebrütung	92
Abbildung 21:	Hemmhofgröße (mm) paama 2 - Bond: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen	93
Abbildung 22:	Antibakterielle Wirkung von paama 2 - Bond: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. casei</i> IMET 10692, <i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> OMZ 9S, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044, <i>A. israelii</i> IMET 10972 und <i>A. odontolyticus</i> R22/580 im Agar-Hemmhofstest nach 48-stündiger Bebrütung	93
Abbildung 23:	Hemmhofgröße (mm) Syntac Classic - Primer: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen	94
Abbildung 24:	Antibakterielle Wirkung von Syntac Classic - Primer: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. casei</i> IMET 10692, <i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> OMZ 9S, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044, <i>A. israelii</i> IMET 10972 und <i>A. odontolyticus</i> R22/580 im Agar-Hemmhofstest nach 48-stündiger Bebrütung	94
Abbildung 25:	Hemmhofgröße (mm) Syntac Classic - Adhesive: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen	95
Abbildung 26:	Antibakterielle Wirkung von Syntac Classic - Adhesive: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. casei</i> IMET 10692, <i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> OMZ 9S, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044, <i>A. israelii</i> IMET 10972 und <i>A. odontolyticus</i> R22/580 im Agar-Hemmhofstest nach 48-stündiger Bebrütung	95
Abbildung 27:	Hemmhofgröße (mm) Syntac Classic: - Heliobond totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen	96

Abbildung 28:	Antibakterielle Wirkung von Syntac Classic - Heliobond: totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. casei</i> IMET 10692, <i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> OMZ 9S, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044, <i>A. israelii</i> IMET 10972 und <i>A. odontolyticus</i> R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung	96
----------------------	--	----

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1:	In den Agar-Hemmhoftest einbezogene Adhäsiva und ihre Komponenten 13
Tabelle 2:	In die Untersuchung einbezogene Referenzstämme von Streptokokken, Laktobazillen und Aktinomyzeten mit ihren Stammmummern und ihrem typischen Koloniebild auf Mitis-salivarius-Agar mit Bacitracin, Rogosaagar und Hirn-Herz-Blutagar 15
Tabelle 3:	Adhäsivsysteme mit zu vermischenden Einzelkomponenten 17
Tabelle 4:	Einzelkomponenten ausgewählter selbstätzender und totalätzender Adhäsiva ohne antibakterielle Wirkung auf Streptokokken (<i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> 9S), Laktobazillen (<i>L. casei</i> IMET 10692, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601) und Aktinomyzeten (<i>A. odontolyticus</i> R22/580, <i>A. israelii</i> IMET 10972, <i>A. naeslundii</i> ATCC 2744) im Agar-Hemmhoftest 19
Tabelle 5:	Signifikante Unterschiede im Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) der Einzelkomponenten von Produkten aus der Gruppe der selbstätzenden Adhäsiva gegenüber Streptokokken (<i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> 9S) im Agar-Hemmhoftest (Test für gepaarte Stichproben, zweiseitige Signifikanz auf dem Niveau von 0,05) 22
Tabelle 6:	Signifikante Unterschiede im Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) der Einzelkomponenten von Produkten aus der Gruppe der selbstätzenden Adhäsiva gegenüber Laktobazillen (<i>L. casei</i> IMET 10692, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest (Test für gepaarte Stichproben, zweiseitige Signifikanz auf dem Niveau von 0,05) 23
Tabelle 7:	Signifikante Unterschiede im Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) der Einzelkomponenten von Produkten aus der Gruppe der selbstätzenden Adhäsiva gegenüber Aktinomyzeten (<i>A. odontolyticus</i> R22/580, <i>A. israelii</i> IMET 10972, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044) im Agar-Hemmhoftest (Test für gepaarte Stichproben, zweiseitige Signifikanz auf dem Niveau von 0,05) 24
Tabelle 8:	Mittlere Hemmhofgröße (in mm) von Primer und Adhäsiv der selbstätzenden Adhäsiva der Gruppe 2 (KP+A) 26
Tabelle 9:	Signifikante Unterschiede im Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) der Einzelkomponenten von Produkten aus der Gruppe der totalätzenden Adhäsiva gegenüber Streptokokken (<i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> 9S) im Agar-Hemmhoftest (Test für gepaarte Stichproben, zweiseitige Signifikanz auf dem Niveau von 0,05) 27

Tabelle 10:	Signifikante Unterschiede im Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) der Einzelkomponenten von Produkten aus der Gruppe der totalätzenden Adhäsiva gegenüber Laktobazillen (<i>L. casei</i> IMET 10692, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest (Test für gepaarte Stichproben, zweiseitige Signifikanz auf dem Niveau von 0,05)	28
Tabelle 11:	Signifikante Unterschiede im Mittelwertvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) der Einzelkomponenten von Produkten aus der Gruppe der totalätzenden Adhäsiva gegenüber Aktinomyzeten (<i>A. odontolyticus</i> R22/580, <i>A. israelii</i> IMET 10972, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044) im Agar-Hemmhoftest (Test für gepaarte Stichproben, zweiseitige Signifikanz auf dem Niveau von 0,05)	29
Tabelle 12:	Mittlere Hemmhofgröße (in mm) von Primer und Adhäsiv der selbstätzenden Adhäsiva der Gruppe 2 (KP+A)	30
Tabelle 13:	pH-Werte der Adhäsiva und ihrer Komponenten und der Stoffgemische	32
Tabelle 14:	Zeitliche Übersicht von Studien zur antibakteriellen Wirkung von Dentinadhäsivsystemen bei Verwendung unterschiedlicher Testmethoden und Indikatorstämme (Anzahl der Adhäsivsysteme/Anzahl der Indikatorstämme)	35
Tabelle 15:	Verwendete Indikatorstämme zur Überprüfung der antibakteriellen Wirkung von Dentinadhäsivsystemen	40
Tabelle 16:	Multizentrische Überprüfung der antibakteriellen Wirkung von Dentinadhäsiva	41

Tabellen im Anhang

Tabelle 1:	Batch-Nummern und Verfallsdatum der getesteten Adhäsiva	54
Tabelle 2:	Artikelnummern der verwendeten farbfixierten Indikatorstäbchen	55
Tabelle 3:	Wachstumshemmung (in mm) durch 20%ige und 35- bis 37%ige Phosphorsäure bei ausgewählten Mikroorganismen	55
Tabelle 4:	Wachstumshemmung (in mm) durch 1%iges Chlorhexidin, physiologische Kochsalzlösung (NaCl) und 37%ige Phosphorsäure nach Spülung	55
Tabelle 5:	Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von Streptokokken (<i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> 9S) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter selbstätzender Adhäsiva	56
Tabelle 6:	Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von Laktobazillen (<i>L. casei</i> IMET 10692, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter selbstätzender Adhäsiva	58
Tabelle 7:	Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von Aktinomyzeten (<i>A. odontolyticus</i> R22/580, <i>A. israelii</i> IMET 10972, <i>A. naeslundii</i> ATCC 2744) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter selbstätzender Adhäsiva	60
Tabelle 8:	Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von Streptokokken (<i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> 9S) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter totalätzender Adhäsiva	62
Tabelle 9:	Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von Laktobazillen (<i>L. casei</i> IMET 10692, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter totalätzender Adhäsiva	64
Tabelle 10:	Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von Aktinomyzeten (<i>A. odontolyticus</i> R22/580, <i>A. israelii</i> IMET 10972, <i>A. naeslundii</i> ATCC 2744) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter totalätzender Adhäsiva	66
Tabelle 11:	Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von Streptokokken (<i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> 9S) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter selbstätzender Adhäsiva	68
Tabelle 12:	Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von Laktobazillen (<i>L. casei</i> IMET 10692, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter selbstätzender Adhäsiva	70

Tabelle 13:	Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von Aktinomyzeten (<i>A. odontolyticus</i> R22/580, <i>A. israelii</i> IMET 10972, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter selbststützender Adhäsiva	72
Tabelle 14:	Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von Streptokokken (<i>S. mutans</i> NCTC 10449, <i>S. sobrinus</i> OMZ 176, <i>S. sanguinis</i> 9S) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter totalätzender Adhäsiva	74
Tabelle 15:	Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von Laktobazillen (<i>L. casei</i> IMET 10692, <i>L. coryniformis</i> DSMZ 20001, <i>L. plantarum</i> DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter totalätzender Adhäsiva	76
Tabelle 16:	Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von Aktinomyzeten (<i>A. odontolyticus</i> R22/580, <i>A. israelii</i> IMET 10972, <i>A. naeslundii</i> ATCC 27044) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter totalätzender Adhäsiva	78
Tabelle 17:	In den Agar-Hemmhoftest einbezogene Adhäsiva und ihre Inhaltsstoffe	80

1 Zusammenfassung

Buonocore führte 1955 die Schmelz-Ätz-Technik in die Zahnmedizin ein und legte damit den Grundstein zur Entwicklung und Verwendung moderner Adhäsiva und Kompositwerkstoffe in der Zahnheilkunde. Die Adhäsivtechnik ist inzwischen klinisch erprobt und in der restaurativen Therapie heute unverzichtbar. Dazu hat auch die in den vergangenen 15 Jahren begonnene „Amalgamdiskussion“ beigetragen, die zu einem enormen Nachfragezuwachs zahnfarbener Restaurationen führte. Damit verbunden war eine direkt proportionale Nachfrage nach Adhäsivsystemen. Bis zum Jahre 2003 wurde die Entwicklung der Adhäsivsysteme bis in die 7. Generation vorangetrieben.

Nicht zuletzt eröffnet die Adhäsivtechnik auch neue Perspektiven in der Zahnheilkunde. Bei minimal-invasiver Präparation wird gesunde Zahnhartsubstanz geschont. Ziel bei der Entwicklung neuer Adhäsivsysteme ist heute die Verbesserung der Haftung des Adhäsivs am Dentin, die Vereinfachung der Applikation und die Reduktion der durchzuführenden Arbeitsschritte.

Ziel der vorliegenden In-vitro-Studie war es daher, der möglichen antibakteriellen Wirkung der 34 meistverkauften selbststützenden ($n = 17$) und totalätzenden ($n = 17$) Adhäsiva gegenüber oralen Keimen, die gewöhnlich am harten Kavitätenboden restieren, nachzugehen.

Neun Referenzstämme (*S. mutans*, *S. sanguinis*, *S. sobrinus*, *L. casei*, *L. coryniformis*, *L. plantarum*, *A. israelii*, *A. naeslundii* und *A. odontolyticus*) wurden in die Untersuchung einbezogen. Die Indikatorstämme, Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen, wurden aus MicrobanksTM (PRO-LAB Diagnostics, Canada) reaktiviert und 24 Stunden unter anaeroben Bedingungen (Anaerobierbrutschrank VT 5042EK7N2, 95% N₂ und 5% CO₂; Fa. Heraeus) in Balmellibouillon bei 37°C angezüchtet.

50°C warmer Balmelliagar (50 ml) wurde mit den 24-Stunden-Kulturen der Indikatorstämme durchmischt und in Petrischalen gegossen. Nach Erstarren des Agars wurden Reservoirs (Ø 10 mm) ausgestanzt, in die je 0,3 g der 68 zu testenden Einzelkomponenten der Adhäsiva pipettiert wurden. Als Positivkontrolle wurde 1%iges Chlorhexidin und Phosphorsäure (20- und 35- bis 37%ig) mitgeführt und als Negativkontrolle sterile physiologische Kochsalzlösung. Nach Bebrütung der Petrischalen (24 bis 48 Stunden bei 35 ± 2 °C, Anaerobierbrutschrank VT 5042EK7N2, 95% N₂ und 5% CO₂; Fa. Heraeus) wurden gebildete Hemmhöfe im Bakterienrasen um das Reservoir metrisch erfasst.

Im Agar-Hemmhoftest richtete sich die antibakterielle Wirkung der Einzelkomponenten gegen alle drei Bakteriengattungen. Dabei waren Aktinomyzeten vor Streptokokken und Laktobazillen betroffen. Die Hemmhöfe waren bis zu 43 mm ausgeprägt. Lediglich drei Komponenten zeigten keinerlei antibakterielle Wirkung und sieben Einzelkomponenten erwiesen sich gegenüber Streptokokken, Laktobazillen oder Aktinomyzeten als nicht antibakteriell.

Die stärkste antibakterielle Wirkung von selbstätzenden und auch bei totalätzenden Adhäsivsystemen wurden bei den Primern registriert, die einen niedrigen pH-Wert aufwiesen als die anderen Komponenten der Adhäsivsysteme.

Die Studie bietet einen Überblick über eine antibakterielle Wirkung einer Vielzahl von Adhäsivsystemen und ihrer Einzelkomponenten. Bei der Auswahl eines Adhäsivsystems haben aber Eigenschaften wie Hafthalt, Schrumpfungseigenschaften und Langzeitstabilität das Primat. Eine von Inhaltsstoffen ausgehende antibakterielle Wirkung wäre wünschenswert.

2 Einleitung

2.1 Zur Bedeutung der Adhäsivsysteme

Wachsendes Ästhetikbewußtsein und zunehmende Ablehnung von Amalgam in der Bevölkerung ließen in den letzten Jahren die Nachfrage an zahnfarbenen Füllungswerkstoffen steigen. Dabei handelt es sich um Materialien wie Komposite, Keramiken und Kompomere. Deren adhäsive (lat. klebende) Befestigung an der Zahnhartsubstanz revolutionierte die konservierende Zahnheilkunde. So sind randdichte, substanzschonend präparierte Füllungen möglich geworden, die ein Eindringen von Mikroorganismen verhindern und somit das von G.V. Black (1836 - 1915) formulierte Präparationspostulat „Extension for Prevention“ überflüssig machten. Die Indikationen für Kompositrestaurationen sind in verschiedenen Stellungnahmen der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltung (DGZ) und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) zusammengefasst und bestehen für Fissurenversiegelung, erweiterte Fissurenversiegelung, Primärversorgung von Klasse-I- und -II-Kavitäten (mit und ohne Ersatz von Höckern), Klasse-V-Kavitäten und Füllungen bei Patienten mit Allergie gegen Metalllegierungen (Heidemann et al. 2003, Hickel et al. 2005). Die Verbindung zwischen Kompositmaterial und der Zahnhartsubstanz wird über Adhäsivsysteme (Synonyme: Bondingsysteme, Dentinadhäsiva) erreicht. Diese Systeme wurden in den vergangenen 16 Jahren von den Herstellern ständig weiterentwickelt und haben zu einer nahezu unüberschaubaren Vielfalt an verfügbaren Produkten geführt. Allein auf dem deutschen Markt sind gegenwärtig ca. 50 Adhäsivsysteme verfügbar. Die Zahnärzte wünschen sich dabei einfache und schnell zu verarbeitende Systeme, wobei der Trend zu immer weniger Anwendungsschritten geht.

2.2 Der Haftmechanismus von Adhäsiven am Zahnschmelz

Der von den Ameloblasten gebildete Zahnschmelz besteht zu 93 bis 98 Gew.-% aus anorganischen Verbindungen und zu 1,5 bis 4 Gew.-% aus Wasser. Die übrigen Bestandteile sind Proteine und Lipide. Die wichtigsten Elemente sind Kalzium und Phosphor, die im Verhältnis von 1:1,2 vorliegen, eine Apatitverbindung $[(Ca_{10-x}PO_6-x) \times X_2 \times H_2O]$ eingehen und kleine Kristalle bilden. Diese Apatitkristalle haben einen hexagonalen Querschnitt und sind bis zu 160 nm lang. 100 solcher Schmelzkristalle bilden die sogenannten Schmelzprismen. Diese Prismen wiederum sind in eine zwischenprismatische Substanz eingebettet, die aus ungeordneten

Schmelzkristallen gebildet wird (Hellwig et al. 2003). Den Grundstein für adhäsive Befestigung zwischen Schmelz und Komposit legte Buonocore bereits 1955 (Buonocore 1955). Der Schmelz wird mit 35- bis 40%iger Phosphorsäure vorbehandelt, wobei die Dauer des Ätzvorgangs an präpariertem Schmelz 15 bis 45 Sekunden und an nicht präpariertem Schmelz 60 Sekunden betragen sollte. Anschließend wird die Säure mit Wasserspray entfernt und die Schmelzoberfläche getrocknet. Es entsteht ein charakteristisches mikroretentives Ätzrelief (Blunck 2004, 2007), wobei die Prismenstruktur bis zu 30 µm freigelegt wird (Wollmarker 1999, Manhart 2000) und aufgrund der unterschiedlichen räumlichen Ausrichtung der Schmelzkristalle unterschiedliche Ätzmuster auftreten (Hellwig et al. 2003). Beim Ätztyp I werden die Prismenzentren ausgelöst, beim Ätztyp II die zwischenprismatische Substanz und Ätztyp III ist ein Mischtyp von Ätztyp I und Ätztyp II. Ein auf diesen veränderten Schmelz aufgebracht, niedrigvisköser Schmelzhaftvermittler (Bonding) dringt in diese schwammartige Struktur ein und haftet aufgrund rheologischer und geometrischer Effekte mikromechanisch am Zahnschmelz (Lutz et al. 1993). Die daraus entstehende Haftung ist ausreichend, um den durch die Polymerisationsschrumpfung erzeugten Kräften wirksam entgegenzutreten (Dietschi et al. 1995, Frankenberger et al. 1997).

2.3 Der Haftmechanismus am Dentin

Der oben beschriebene Vorgang der alleinigen Schmelzätzung bedeutete, dass die mikroretentive Verankerung der Restauration lediglich auf die Schmelzränder begrenzt war (Dietschi et al. 1995, Dietschi und Herzfeld 1998). Die Bemühungen, einen ähnlich effektiven und stabilen Haftmechanismus am Dentin zu entwickeln, führten erst in den letzten 20 Jahren zu nennenswerten Erfolgen. Grund hierfür sind strukturelle Unterschiede und die deutlich komplexere Histologie des Dentins. Dentin ist im Vergleich zum Schmelz weniger stark mineralisiert und hat einen deutlich größeren organischen Anteil. Es ist ein vitales Gewebe (Hoppe und Stüben 1965, Bößmann et al. 1977). Das Dentin enthält 45 Vol.-% anorganische und 30 Vol.-% organische Bestandteile und 25 Vol.-% Wasser (Hickel 1997, Schäfer 1999).

Der anorganische Anteil besteht wie der Schmelz aus Hydroxylapatitkristallen, die jedoch im Gegensatz zum Schmelz nicht in Prismenform angeordnet, sondern zufällig im Dentin verteilt sind. Die organische Matrix besteht zu 90% aus Kollagen und kollagenartigen Verbindungen (Hellwig et al. 2003). Wichtigstes Strukturmerkmal des Dentins sind die Dentinkanälchen. Sie verlaufen von der Schmelz-Dentin-Grenze zur

Pulpa und enthalten Dentinliquor und Odontoblastenfortsätze (Hoppe und Stüben 1965, Schroeder 1992). Die Anzahl der Dentinkanälchen pro Flächeneinheit nimmt von der Schmelz-Dentin-Grenze mit 20.000 Dentinkanälchen/mm² bis zur Pulpa mit 50.000 bis 70.000 Dentinkanälchen/mm² kontinuierlich zu, wobei hiermit auch deren Volumenanteil von 4 bis 10 Vol.-% auf 28 Vol.-% und die Dicke der Dentintubuli von ca. 0,8 µm auf 2,5 µm in Richtung Pulpa ansteigen (Hoppe und Stüben 1965, Garberoglio und Brännström 1976, Schroeder 1992). Ein in der Pulpa herrschender hydrostatischer Druck von 20 bis 30 mm Hg lässt den Dentinliquor - eine extrazelluläre Flüssigkeit aus der Pulpa (Pashley et al. 1981) - entlang des Flüssigkeitsdruckgradienten in den Dentinkanälchen nach außen diffundieren und macht somit das Dentin zu einem hydrophilen Substrat, das sich in vivo niemals vollständig trocknen lässt. Dies verhindert einen innigen Kontakt zu chemisch hydrophoben Materialien wie Adhäsiva und Kunststoffen (Haller 1997, Schäfer 1999, Manhart 2000, Haller und Blunck 2003, Blunck 2004, 2007). Die Haftkraft der Adhäsiva am Dentin soll fast linear mit zunehmender Restdentinstärke steigen (Suzuki und Finger 1988).

Wie jede einzelne Zelle im menschlichen Körper auch, unterliegt das Dentin einem physiologischen Alterungsprozess – der Dentinsklerosierung. Infolge einer Anlagerung von peritubulärem und intratubulärem Dentin ist diese durch eine Verdickung des peritubulären Dentins und der vollständigen Obliteration der Dentinkanälchen gekennzeichnet (Schroeder 1992). Die Bildung von sklerosiertem Dentin beginnt stets im Wurzelbereich, sowie peripher der Zement-Dentin-Grenze (Schroeder 1992). Sklerosiertes Dentin ist weniger säurelöslich als unverändertes Dentin. Die zu erzielenden Haftwerte liegen unter denen von normal strukturiertem Dentin (Hickel 1997). Bei älteren Patienten gehen deshalb adhäsiv befestigte, zervikale Restaurationen häufiger verloren als bei jüngeren Patienten (Lambrechts et al. 1987). Deshalb wird empfohlen, die Haftwerte zu erhöhen, indem das sklerosierte Dentin mit einem Rosenbohrer entfernt wird (Charlton 1996).

Ein weiteres Problem bei der adhäsiven Haftung von Kompositen am Dentin ist die Schmierschicht, die bei jeder Bearbeitungsart von Zahnhartsubstanzen entsteht. Sie ist 0,5 bis 5 µm dick (Eick 1970, Pashley 1984), besteht aus Hartsubstanztrümmern, Schleifpartikeln, denaturiertem Kollagen, Dentinliquor, zerstörten Odontoblastenfortsätzen und ist zusätzlich mit Speichel, Bakterien und Blut kontaminiert (Heymann und Bayne 1993, Manhart 2000). Die Schmierschicht dringt weiterhin bis zu 6 µm in die Dentinkanälchen ein, verschließt diese und bildet somit

eine Barriere, die die Dentinpermeabilität verringert und somit einen natürlichen Wundverband darstellt. Die Entfernung der Schmierschicht, die die Dentinpermeabilität um das 5- bis 20-fache erhöht (Pashley 1984), muss erfolgen, um die Benetzung des Dentins gewährleisten zu können. Diese sogenannte Konditionierung des Dentins kann auf zwei Arten erfolgen. Erstens mittels 35- bis 40%iger Phosphorsäure, die für maximal 20 Sekunden am Dentin einwirken darf (Blunck 2004) und zweitens mittels saurer Primer-Monomerlösungen (Haller und Blunck 2003, Blunck 2004, 2007). Die Phosphorsäure wird bei der sogenannten Total-Ätz-Technik eingesetzt, bei der beide Zahnhartsubstanzen, also Dentin und Schmelz gemeinsam in einem Schritt benetzt werden. Am Dentin bewirkt die Phosphorsäure die Auflösung der Schmierschicht, die Demineralisation der Dentinoberfläche sowie der Tubuluseingänge und die Freilegung des Kollagennetzwerks. Eine längere Einwirkzeit als 20 Sekunden am Dentin bewirkt eine Schädigung des Kollagennetzwerkes durch Überätzung und eine Beeinträchtigung des adhäsiven Verbundes (Manhart 2000). Bei Anwendung von sauren Monomerlösungen zur Dentinkonditionierung wird die Schmierschicht angelöst, sodass die Lösung bis zum Dentin vordringen kann, dort ebenfalls eine Demineralisation erfolgt und das Kollagennetzwerk freigelegt wird. Als nächster Schritt nach der Kollagennetzwerkfreilegung erfolgt die Applikation eines hydrophilen Primers. Dieser diffundiert in das konditionierte Dentin und in die eröffneten Dentintubuli. Primer sind hydrophile Monomere oder Monomergemische (Haller 1992, Charlton 1996, Schäfer 1999). Sie enthalten Lösungsmittel wie Wasser, Aceton und Ethanol, die die Oberflächenspannung des Dentins herabsetzen und so dessen Benetzbarkeit verbessert. Nach dem Verdunsten des Lösungsmittels bleibt der Primer als polares, bifunktionelles Agens auf dem Dentin zurück. Sein hydrophiler Kopf reicht in das vorbehandelte Dentin hinein und sein hydrophober Anteil taucht in das nach dem Primer aufgebrachte, ebenfalls hydrophobe Adhäsiv ein (Charlton 1996). Letzter Schritt nach der Primerapplikation ist das Aufbringen des Adhäsivs. Das Adhäsiv wird auch als Bond oder Bonding bezeichnet und stellt den eigentlichen Haftvermittler dar (Haller 1997).

Dentinadhäsive sind Monomergemische, deren Inhaltsstoffe hauptsächlich Methacrylate, Dimethacrylate, Aldehyde (z.B. Glutaraldehyd), organischen Säuren, Lichtinitiatoren (z.B. Campherchinon) und Lösungsmittel sind. Die in den Primern enthaltenen Monomere kopolymerisieren mit denen, die in den Adhäsiva enthalten sind. Nach Applikation des Adhäsivs muss dieses eine Mindestschichtstärke von 15 µm

aufweisen, um eine angemessene Verbindung zum aufgebrachten Komposit aufbauen zu können (Schäfer 1999). Um die Mindestschichtstärke zu erhalten ist, bei der Verarbeitung darauf zu achten, dass das Adhäsiv in der Kavität nicht übermäßig verblasen wird. Während der Abbindereaktion mit einer Halogen- oder LED-Lampe bildet sich unter Sauerstoffkontakt auf der Oberfläche eine Sauerstoffinhibitionsschicht aus, eine Zone, in der der atmosphärische Sauerstoff die Polymerisation verhindert. Bondingschichten mit einer Schichtstärke von weniger als 15 zeigten die totale Inhibition der Polymerisation und damit einen unzureichenden Verbund zum Komposit (Erickson 1994). Das entstandene kunststoffimprägnierte Kollagenfasergeflecht wird auch als Hybridschicht bezeichnet (Nakabayashi et al. 1982). Diese Hybridschicht ist 2 bis 30 μm dick (Lutz et al. 1993). Auf diese kann der hydrophobe Kunststoff des Komposits aufgebracht werden, um den Verbund zum hydrophilen Dentin zu ermöglichen. Bei der Ausbildung der Hybridschicht werden die eröffneten Dentintubuli bis in die demineralisierten Zone ausgefüllt und es kommt zur Entstehung von intratubulären Kunststoffzapfen, sogenannten „Tags“ (Haller 1997, Haller und Blunck 2003). Die Tags tragen deutlich weniger zum Dentin-Komposit-Verbund bei als die Hybridschicht, da der vorhandene Dentinliquor eine vollständige Polymerisation der „Tags“ verhindert. Die Polymerisationsschrumpfung bewirkt, dass die Zapfen die Wände der Dentinkänälchen nicht mehr erreichen und diese nicht mehr wandständig sind (Lutz et al. 1993).

Penetriert ein Adhäsivsystem das demineralisierte Dentin nicht ausreichend, kann es aufgrund unvollständiger Imprägnierung mit Monomeren zur Ausbildung von Nanoleakage kommen (Pioch 2001). Mikroorganismen können in diese Porositäten nicht eindringen, da sie mit einer maximalen Größe von 50 nm einfach zu klein sind (Pioch 2001). Dennoch können Flüssigkeiten in die porösen Hohlräume eindringen und in diesen Bereichen durch den Abbau von Kollagen die Hydrolyse der Hybridschicht bewirken (Pioch 2001). Die klinische Relevanz der Nanoleakage wird momentan dahingehend diskutiert, dass sie einen Einfluss auf die Langzeitstabilität von Kompositrestaurationen besitzen könnte (Frankenberger et al. 1998).

Zusammenfassend gehören also folgende vier Arbeitsschritte zum Aufbau der Haftung an den Zahnhartsubstanzen (Blunck 2004):

1. Konditionierung des Schmelzes mit Phosphorsäuren oder sauren Monomerlösungen, die zur Ausbildung eines Ätzmusters führt, das zur mikromechanischen Verankerung genutzt wird.
2. Dentinkonditionierung, die ebenfalls mit Phosphorsäure oder saurer Monomerlösung erfolgt, die Schmierschicht auflöst und zu einer Demineralisierung der Dentinoberfläche mit Freilegung des Kollagennetzwerks und der Tubuliseingänge führt.
3. Applikation eines hydrophilen Primers, der in das konditionierte Dentin und in die Tubulieingänge diffundiert.
4. Applikation des Adhäsivs, das sich mit dem Primer vermischt, die Hybridschicht stabilisiert und somit als Bindeglied zum anschließend applizierten Komposit dient.

2.4 Zur Entwicklung der Adhäsiva

Die von Blunck 2004 beschriebenen vier Arbeitsschritte zum Aufbau der Haftung von Kompositwerkstoffen an den Zahnhartsubstanzen werden von den verschiedenen angebotenen Adhäsivsystemen unterschiedlich miteinander kombiniert.

Die Adhäsive der ersten Generation erschienen 1965 auf dem Markt. Nach der Präparation wurde die Schmierschicht auf dem Dentin mit Glycerophosphorsäure entfernt, um einen chemischen Verbund zu erzielen (Schäfer 1999). Die zweite Generation (1985) strebte eine Modifikation der Schmierschicht an und versuchte, eine chemische Adhäsion zwischen anorganischen und organischen Bestandteilen zu erreichen (Hellwig et al. 2003). Hydrolytische Zersetzungsprozesse beeinträchtigten trotz der guten Infiltration der Schmierschicht die Ankopplung des Kompositmaterials so sehr (Pashley et al. 1994), dass in einer Studie von Söderholm 100% aller gelegten Restaurationen bereits nach einem Jahr als Misserfolg zu betrachten waren (Söderholm 1995). Die ersten beiden Generationen der Dentinadhäsive kamen nie zur klinischen Anwendung. Es gelang nicht, der Polymerisationsschrumpfung des Komposits einen suffizienten Antagonisten entgegenzusetzen (Pashley et al. 1994). Klinische Erfolge erzielten erst die Adhäsive der dritten Generation. Sie erschienen 1990 (Schäfer 1999); ihr bis heute bekanntester Vertreter ist Syntac Classic (Ivoclar Vivadent). Die vier unter Kapitel 2.3 beschriebenen erforderlichen Arbeitsschritte werden von dieser Generation mit drei Einzelkomponenten, dem Konditionierer, dem Primer und dem Adhäsiv erfüllt. Die drei Komponenten, bei Syntac Classic als Syntac Primer, Syntac Adhesive und

Heliobond benannt, gewährleisten bis heute den effektivsten Verbund zwischen Komposit und Dentin. An diesem System müssen sich alle neuen Produkte messen lassen (Ernst 2001). In der dritten Generation war jedoch eine selektive Schmelzätzung mit 30- bis 40%iger Phosphorsäure erforderlich. Dies war klinisch nicht immer umsetzbar, da ein Mehraustritt an Phosphorsäure aus der Applikationsspritze nicht verhindert werden kann (Frankenberger et al. 1998).

Vor allem in kleinen Kavitäten erschien bei Primärläsionen ein simultanes Konditionieren beider Zahnhartsubstanzen wünschenswert (Haller et al. 1995). Um diesen Schwierigkeiten vorzubeugen, wurde die Total-Ätz-Technik eingeführt, die der vierten Generation vorausging. Es wird hier, am Schmelz beginnend, 35- bis 40%ige Phosphorsäure über die ganze Kavität ausgebreitet, d.h. beide Zahnhartsubstanzen werden gleichzeitig demineralisiert. Dabei wird der Schmelz für bis zu 45 Sekunden, das Dentin für maximal 20 Sekunden benetzt (Blunck 2004). Anschließend wird die Säure mit ihren gelösten Stoffen abgesprüht, die Kavität getrocknet und Primer und Adhäsiv aus getrennten Flaschen aufgetragen. Charakteristisch für die bislang beschriebenen vier Adhäsivsystemgenerationen ist die Trennung von Primer und Bonding Flüssigkeit. Die Penetrationsfähigkeit des dünnflüssigen Primers wurde optimiert, während das Bondingharz nach der Polymerisation als mechanisch belastbarer Verbindungsmediator dient (Frankenberger et al. 1998). Die Trennung der unterschiedlichen Komponenten ist jedoch in der Praxis für das zahnärztliche Team kompliziert und teilweise verwirrend. Daher richtete sich aus der Klinik die Forderung an die Hersteller, ein Bondingsystem in einer Flasche für beide Zielsetzungen - Penetration und Verbindung - anzubieten (Schäfer 1999). Zu dieser Generation zählen auch Produkte, die in getrennten Flaschen geliefert werden, aber kurz vor der Applikation zu vermischen sind. Diese Konditionierer-Adhäsiv-Gemische müssen allerdings jeweils in zwei Schritten aufgetragen werden (Schäfer 1999). Die Adhäsive der fünften Generation sind von den Herstellern für die Total-Ätz-Technik vorgesehen. Erst die Dentinadhäsive der sechsten Generation umgehen den sonst stets notwendigen Schritt der Säureapplikation. Hier kommen selbstkonditionierende Primer zum Einsatz, die ihre demineralisierende Wirkung durch zusätzlich enthaltene Säuren erzielen.

Adhäsive der siebten Generation, die zur IDS (Internationale Dentalschau) 2003 vorgestellt wurden, sind Adhäsivsysteme, die in einer Flasche die Funktionen Säureätzung, Bonding und Desensitizer vereinen (Tay und Ehrensberger 2003). Die Adhäsivsysteme sind also in der modernen Zahnmedizin unverzichtbar geworden. Sie

sind im klinischen Alltag bewährt, Langzeitstudien belegten ihre Qualität (Hickel et al. 2005). Die bewährten Mehrkomponentensysteme der dritten und vierten Generation sind mit ihrer Total-Ätz-Technik nach wie vor Mittel der Wahl (Schäfer 1999).

2.5 Zur chemischen Zusammensetzung der Adhäsiva

Dentinadhäsive sind Monomergemische. Inhaltsstoffe sind hauptsächlich Methacrylate und Dimethacrylate (z.B. HEMA = 2-Hydroxyethylmethacrylat, 4-META = 4-Methacryl-oxyethyl-Trimellitsäureanhydrid, TEGDMA = Triethylenglycoldimethacrylat), die in Tabelle 17 im Anhang mit ihren Abkürzungen aufgeführt sind. Desweiteren finden sich Aldehyde wie das Glutaraldehyd, dem die Aufgabe zukommen soll, das Kollagen über Amino- und Iminogruppen zu vernetzen (Lutz et al 1993). Weiterhin sollen sie das Dentin desinfizieren und das Kollagen stabilisieren. (Lutz et al 1993). Glutaraldehyd kann jedoch auch zytotoxische Reaktionen hervorrufen und besitzt eine mutagene Aktivität (Haller 1994). Deshalb empfiehlt die DGZMK in einer Stellungnahme von 1994, glutaraldehydhaltige Dentinadhäsive zu vermeiden (Staehele und Koch 1997). Weitere Bestandteile von Adhäsivsystemen sind organische Säuren. Hier kommen unter anderem Maleinsäure, Zitronensäure und Oxalsäure zum Einsatz. Lichtinitiatoren sind ebenfalls wichtige Bestandteile. Bei den Dentinadhäsiven wird ein Campherchinon genutzt, ein Diketon, das unter Halogenlicht die Polymerisationsreaktion startet. (Hellwig et al. 2003). In Dentinadhäsiven enthaltene Lösungsmittel sind Aceton, Wasser oder Ethanol. In neuerer Zeit wurde begonnen, Adhäsivsysteme mit Füllstoffen anzureichern. Diese gefüllten Adhäsiva verringern die Polymerisationsschrumpfung auf 2 bis 3 Vol.-% und verbessern damit die Randdichtigkeit von Füllungen.

Die fotochemisch initiierte Polymerisationsreaktion verläuft niemals vollständig. Es verbleibt immer ein gewisser Restmonomergehalt. Kommt es zu einem direkten Zellkontakt zwischen Restmonomeren wie TEGDMA und HEMA, wird eine starke zytotoxische Wirkung beobachtet. Bei der Penetration durch das Dentin wird diese Wirkung für die Zielzelle abgeschwächt. Diese kann durch Schutzmechanismen bzw. Detoxifikationsmechanismen diese Substanzen beeinflussen (Schmalz et al. 2006). Um eine Schädigung von Pulpazellen zu vermeiden wird jedoch empfohlen, pulpanahe Bereiche mit wässrigem Calciumhydroxid und geeigneter Zementunterfüllung zu schützen (Schäfer 1999).

3 Zielstellung

In der Füllungstherapie hat sich gezeigt, dass nach Kariesexkavation eine mikrobielle Besiedelung am harten Kavitätenboden in Höhe von 10^{1-2} Keimen bestehen bleibt, die von der Pulpa toleriert wird (Edwardsson 1974, Kneist et al. 1989, 1990, Heinrich et al. 1991, Kidd et al. 1993, Bjørndal et al. 1997, Bjørndal und Larsen 2000). Die Restbesiedlung besteht gewöhnlich aus Streptokokken, Aktinomyzeten und Laktobazillen.

Kunststoffrestaurationen werden seit den 1950er Jahren am präparierten Zahn im Front- und Seitenzahngebiet eingesetzt. Damit verbunden war die Entwicklung der Dentinadhäsivsysteme, die als Verbundschicht zwischen dem hydrophilen Dentin und den hydrophoben Kunststoffen dienen. Die 7. Generation von Dentinadhäsivsystemen ist heute auf dem Dentalmarkt erhältlich.

Ziel der Arbeit war es der Frage nachzugehen, inwieweit Dentinadhäsiva durch ihre unterschiedlichen Inhaltsstoffe auch in der Lage sind, am Kavitätenboden restierende Keime antibakteriell zu beeinflussen. Der Agar-Hemmhoftest sollte dabei Verwendung finden und relevante Stämme von Streptokokken, Laktobazillen und Aktinomyzeten eingesetzt werden.

Es sollte überprüft werden,

- in welchem Ausmaß die heute auf dem Dentalmarkt am häufigsten verkauften Dentinadhäsivsysteme antibakteriell wirken.
- ob Streptokokken, Laktobazillen und Aktinomyzeten unterschiedlich betroffen sind.

Als Arbeitshypothese wurde angenommen,

- dass antibakterielle Inhaltsstoffe von Dentinadhäsiva in den Agar diffundieren und der Agar-Hemmhoftest methodisch zur Klärung der aufgeworfenen Fragen geeignet ist.
- dass Dentinadhäsiva aufgrund ihrer Zusammensetzung mehrheitlich antibakteriell wirken.
- dass azidogene Keime (Streptokokken, Laktobazillen) weniger betroffen sind als basophile Keime (Aktinomyzeten).

4 Material und Methoden

4.1 Auswahl der zu untersuchenden Adhäsivsysteme

Zu Beginn der Studie wurde aus dem gesamten Marktangebot eine Auswahl über die zu untersuchenden Adhäsivsysteme getroffen. Dazu diente eine Studie der Gesellschaft für Konsumforschung aus dem Jahr 2006, die anhand einer Marktanalyse die 33 in Deutschland meistverkauften Adhäsivsysteme ermittelt hatte.

Fünf neu auf dem Markt eingeführte Adhäsivsysteme wurden in die Studie mit einbezogen. Vier der insgesamt 38 Adhäsivsysteme lagen jedoch in Einmalapplikationsformen vor, sodass sie für den Agar-Hemmhoftest nicht geeignet waren, die Testung der Einzelkomponenten war nicht möglich.

Insgesamt wurden 34 Adhäsivsysteme im Agar-Hemmhoftest untersucht, die in Tabelle 1 mit ihren zugehörigen Einzelkomponenten und verwendeten Abkürzungen bzw. Kodierungen enthalten sind. Die selbstätzenden und totalätzenden Adhäsiva wurden dabei in Einflaschensysteme (KPA = Konditionierer+Primer+Adhäsiv für selbstätzende; K+PA = Konditionierer und Primer+Adhäsiv für totalätzende Adhäsiva) und Mehrflaschensysteme (KP+A = Konditionierer+Primer und Adhäsiv für selbstätzende Adhäsiva; K+P+A = Konditionierer+Primer+Adhäsiv für totalätzende Adhäsiva) unterteilt. Die Batch-Nummern sind der Tabelle 1 aus dem Anhang zu entnehmen.

Tabelle 1: In den Agar-Hemmhofstest einbezogene Adhäsiva und ihre Komponenten

Adhäsiv- Produkt system	Abkürzung	Komponenten	Hersteller
Selbststützende Adhäsiva			
KPA	artCem [®] One G-BOND™	artCem GBOND	Merz Dental GC EURUPE N.V.
	go	go	SDI Southern Dental
	iBond OptiBond [®] All In One	iBond Optaio	Heraeus Kulzer Kerr
	Xeno [®] III	XenoIII1 XenoIII2	Dentsply
KP+A	AdheSE [®]	AdheSE1 AdheSE2	Ivoclar Vivadent
	A.R.T. BOND	ARTBo1 ARTBo2 ARTBo3	Coltène [®] Whaledent
	CLEARFIL PROTECT BOND	CPrBo1 CPrBo2	Kuraray Europe
	CLEARFIL™ SE Bond	CSeBo1 CSeBo2	
	Contax [®]	Contax1 Contax2	DMG GmbH
	Futurabond DC	FutDC1 FutDC2	VOCO GmbH
	Futurabond NR	FutNR1 FutNR2	VOCO GmbH
	frog	frog1 frog2	SDI Southern Dental
	One Coat Self- Etching Bond	OnCSE1 OnCSE2	Coltène [®] Whaledent
	Resulcin [®] AquaPrime+ MonoBond	Resul1 Resul2 Resul3	Merz Dental
	CLEARFIL [®] LINER BOND 2V	CLiBo1 CLiBo2 CLiBo3 CLiBo4	Kuraray Europe
Totalätzende Adhäsiva			
K+PA	Admira Bond	AdmBo	VOVO GmbH
	Excite [®]	Excite	Ivoclar Vivadent
	ONE COAT BOND	OnCBo	Coltène [®] Whaledent
	Prime&Bond [®] NT	PriBo	Dentsply
	Solobond M	SoloM	VOCO GmbH

Fortsetzung siehe nächste Seite

Tabelle 1 Fortsetzung: In den Agar-Hemmhoftest einbezogene Adhäsiva und ihre Komponenten

Adhäsiv- Produkt system	Abkürzung	Komponenten	Hersteller
TECO®	TECO	Adhesive	DMG GmbH
CLEARFIL® NEW BOND	CNeBo1 CNeBo2	Catalyst Universal	Kuraray Europe
CLEARFIL® PHOTO BOND	CPhBo1 CPhBo2	Catalyst Universal	
Cumdente Adhesive	CumAd1 CumAd2	Activator Adhesive	Cumdente
XP – Bond	XPBond1 XPBond2	Activator Bond	Dentsply
K+P+A Adper Scotchbond MP	AdScMP1 AdScMP2	Primer Adhesive	3M Espe
Ecusit – Primer Mono	Ecusit1 Ecusit2 Ecusit3	Primer A Primer B Mono	DMG GmbH
GLUMA® Solid Bond	GluSB1 GluSB2	Liquid A Liquid B	Heraeus Kulzer
OptiBond® FL	OptFL1 OptFL2	Primer Adhesive	Kerr
paama 2	paama1 paama2	Primer Bond	SDI Southern Dental
Solobond Plus	SoloP1 SoloP2	Primer Adhesive	VOVO GmbH
Syntac Classic	SynCI1 SynCI2 SynCI3	Primer Adhesive Heliobond	Ivoclar Vivadent

KPA (selbstätzendes Adhäsiv im Einfläschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

K+PA (totalätzendes Adhäsiv im Einfläschensystem, Konditionierer und Primer+Adhäsiv)

KP+A (selbstätzendes Adhäsiv im Mehrfläschensystem, Konditionierer+Primer und Adhäsiv)

K+P+A (totalätzendes Adhäsiv im Mehrfläschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

4.2 Auswahl der Bakterienstämme

Die für die Untersuchung ausgewählten Bakterienarten sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Es wurden Bakterienstämme ausgewählt, die sowohl im erweichten Dentin wie auch am harten Dentin am Kavitätenboden vorkommen.

Tabelle 2: In die Untersuchung einbezogene Referenzstämme von Streptokokken, Laktobazillen und Aktinomyzeten mit ihren Stammmnummern und ihrem typischen Koloniebild auf Mitis-salivarius-Agar mit Bacitracin, Rogosaagar und Hirn-Herz-Blutagar

S. sanguinis OMZ 9S
S. sobrinus OMZ 176 (d)
S. mutans NCTC 10449



L. casei IMET 10692
L. coryniformis DSMZ 20001
L. plantarum DSMZ 2601



A. odontolyticus R22/580
A. israelii IMET 10972
A. naeslundii ATCC 27044



ATCC = American Type Culture Collection, Rockville, Maryland
 DSMZ = Deutsche Sammlungen für Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH, Braunschweig
 IMET = Zentralinstitut für Mikrobiologie und Experimentelle Therapie, Jena
 NCTC = National Collection of Type Cultures, London
 OMZ = Dept. of Oral Microbiology and General Immunology, Zürich
 R = Biologisches Labor, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Jena

4.3 Antibakterielle Testung der Einzelkomponenten

Die Indikatorstämme der Streptokokken, Laktobazillen und Aktinomyzeten (Tab. 2) lagen bei -18°C in MicrobanksTM (PRO-LAB Diagnostics, Canada) (Abb. 1) konserviert vor. Zur Reaktivierung der Stämme wurden 3 bis 4 Keramikperlen mit einer sterilen Impföse in Balmellibouillon überführt und 24 Stunden unter anearoben Bedingungen (Anaerobierbrutschrank VT 5042EK7N2, 95% N_2 und 5% CO_2 ; Fa. Heraeus) bei 37°C angezüchtet.

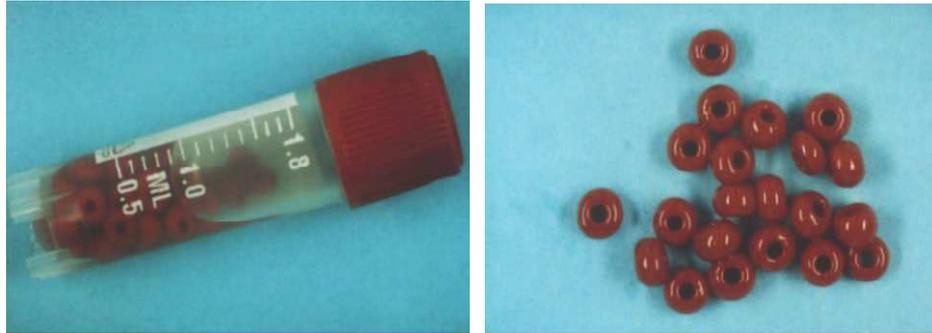


Abbildung 1: Microbank™ (links) mit Keramikperlen (rechts) zur Haltung von Bakterienstämmen

50°C warmer Balmelliagar (50 ml) wurde mit 1 ml einer 24-Stunden-Kultur des jeweiligen Indikatorstammes durchmischt und in Petrischalen gegossen. Nach Erstarren des Agars wurden Reservoirs mit einem Durchmesser von 10 mm ausgestanzt, in die je 0,3 g der zu testenden Einzelkomponenten der Adhäsiva pipettiert wurden. Insgesamt waren dazu 567 Reservoirs erforderlich. Als Positivkontrolle wurde 1%iges Chlorhexidin und Phosphorsäure (20-, 35- bis 37%ig) mitgeführt und als Negativkontrolle sterile physiologische Kochsalzlösung. Nach Bebrüten der Petrischalen (24 bis 48 Stunden bei 35 ± 2 °C, Anaerobierbrutschrank VT 5042EK7N2, 95% N₂ und 5% CO₂; Fa. Heraeus) wurden gebildete Hemmhöfe im Bakterienrasen des jeweiligen Indikatorstammes um das Reservoir metrisch erfasst (Abb. 2).

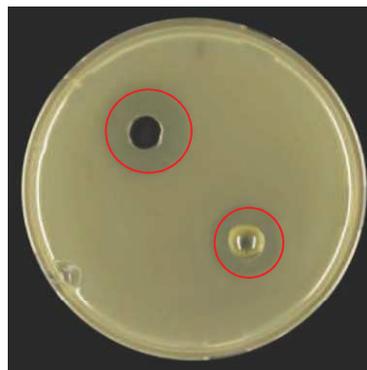


Abbildung 2: Antibakterielle Wirkung von Clearfil Protect Bond (oben links: Primer, unten rechts: Bond) im Agar-Hemmhoftest gegenüber *Actinomyces naeslundii*

4.4 Antibakterielle Testung von Stoffgemischen

Bei acht Adhäsivsystemen war nach Herstellerangaben vor der Applikation ein Vermischen der Einzelkomponenten erforderlich (Tab. 3). Um die antibakterielle Wirkung dieser Stoffgemische zu untersuchen, wurden jeweils gleiche Mengen der Einzelkomponenten auf eine sterile Mischpalette gegeben, durchmischt und 0,3 g in ein ausgestanztes Reservoir pipettiert. Der gesamte Versuchsablauf erforderte 684 Reservoirs. Die sonstige Vorgehensweise erfolgte wie unter Punkt 4.3 beschrieben.

Tabelle 3: Adhäsivsysteme mit zu vermischenden Einzelkomponenten

Adhäsivsystem	Produkt	Zu vermischende Einzelkomponenten		
Selbstätzende Adhäsiva				
KPA				
	Xeno III	Liquid A	+	Liquid B
KP+A				
	A.R.T. BOND	Primer A	+	Primer B
	Futurabond DC	Liquid 1	+	Liquid 2
	Futurabond NR	Liquid A	+	Liquid B
	CLEARFIL LINER BOND	Primer A	+	Primer B
		Bond A	+	Bond B
Totalätzende Adhäsiva				
K+PA				
	CLEARFIL NEW BOND	Catalyst	+	Universal
	CLEARFIL PHOTO BOND	Catalyst	+	Universal
K+P+A				
	Ecusit – Primer Mono	Primer A	+	Primer B

KPA (selbstätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

K+PA (totalätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer und Primer+Adhäsiv)

KP+A (selbstätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer und Adhäsiv)

K+P+A (totalätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

4.5 Messung der pH-Werte der Einzelkomponenten und Komponenten-gemische

Zum Nachweis der antibakteriellen Wirkung der Einzelkomponenten wurde abschließend eine Messung des pH-Wertes der Einzelkomponenten sowie der Gemische vorgenommen.

Dazu wurde jeweils 0,1 g der zu testenden Einzelkomponente auf ein farbcodiertes Indikatorstäbchen (MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG) pipettiert und der entstandene Farbumschlag dem entsprechenden pH-Wert zugeordnet und abgelesen. Miteinander zu vermischende Einzelkomponenten wurden zunächst zu gleichen Teilen auf eine sterile Mischpalette gebracht, durchmischt und dann auf die Indikatorstäbchen pipettiert.

Die Artikelnummern der farbfixierten Indikatorstäbchen sind Tabelle 2 aus dem Anhang zu entnehmen.

4.6 Statistische Auswertung

Die Daten wurden mit dem Statistikprogramm SPSS (Version 14.0) bearbeitet. Die Ergebnisdarstellung erfolgte zunächst deskriptiv, wobei Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet wurden. Die antibakterielle Effizienz der Produkte wurde mit dem Paardifferenztest für abhängige Stichproben berechnet. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt.

5. Ergebnisse

5.1 Agar-Hemmhoftest

Im Agar-Hemmhoftest wurde sowohl eine Positivkontrolle- als auch eine Negativkontrolle mitgeführt. Als Positivkontrollen dienten 20%ige und 35- bis 37%ige Phosphorsäure und 1%iges Chlorhexidin. Die Positivkontrollen erzeugten bei den Indikatorstämmen Hemmhöfe zwischen $37,4 \pm 0,6$ mm (20%ige Phosphorsäure), $42,5 \pm 8,5$ mm (35- bis 37%ige Phosphorsäure) und $24,7 \pm 0,5$ mm (Chlorhexidin, 1%ig). Als Negativkontrolle diente physiologische Kochsalzlösung (NaCl), die im Bakterienrasen keine Hemmhöfe hinterließ (Anhang Tab. 3 und Tab. 4).

Von den 63 untersuchten Einzelkomponenten der Adhäsiva (Tab. 4) wiesen lediglich 3 keinerlei antibakterielle Wirkung auf, 7 erwiesen sich gegenüber Streptokokken, Laktobazillen oder Aktinomyzeten als nicht antibakteriell.

Tabelle 4: Einzelkomponenten ausgewählter selbstätzender und totalätzender Adhäsiva ohne antibakterielle Wirkung auf Streptokokken (*S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* 9S), Laktobazillen (*L. casei* IMET 10692, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. plantarum* DSMZ 2601) und Aktinomyzeten (*A. odontolyticus* R22/580, *A. israelii* IMET 10972, *A. naeslundii* ATCC 2744) im Agar-Hemmhoftest

Indikatorkeime	Adhäsivsysteme		K+P+A Gruppe 2
	Selbstätzend KP+A Gruppe 2	Totalätzend K+PA Gruppe 1	
Streptokokken	Conservans Resulcin AquaPrime+MonoBond	Activator Cumdente Adhesive	Primer paama 2
Laktobazillen	Conservans Resulcin AquaPrime+MonoBond Liquid B Futura Bond NR	Adhesive Admira Bond Universal CLEARFIL NEW BOND Universal CLEARFIL PHOTO BOND Activator Cumdente Adhesive Activator XP - Bond	Bond paama 2 Bond paama 2 Heliobond Syntac Classic
Aktinomyzeten	Conservans Resulcin AquaPrime+MonoBond	Universal CLEARFIL PHOTO BOND Activator Cumdente Adhesive	Bond paama 2

K+PA (totalätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer und Primer+Adhäsiv)
 KP+A (selbstätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer und Adhäsiv)
 K+P+A (totalätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

Die übrigen Komponenten erwiesen sich gegenüber allen Stämmen als antibakteriell.

5.1.1 Hemmhofspannweite der selbststützenden und totalätzenden Adhäsiva

Selbststützende Adhäsiva: Die Hemmhöfe der Komponenten der Adhäsiva der Gruppe 1 (KPA) wiesen eine Spannweite zwischen 15 und 28 mm bei den Streptokokken, 11,3 bis 24,3 mm bei den Laktobazillen und 21,3 bis 28,3 mm bei den Aktinomyzeten auf. Die Spannweite der Hemmhöfe der Adhäsiva der Gruppe 2 (KP+A) lag bei den Streptokokken zwischen 14 und 36 mm, zwischen 12 bis 27,3 mm bei den Laktobazillen und 13 bis 43,3 mm bei den Aktinomyzeten. Am stärksten wurden in beiden Gruppen die Aktinomyzeten in ihrem Wachstum inhibiert, gefolgt von den Streptokokken und Laktobazillen (Abb. 3).

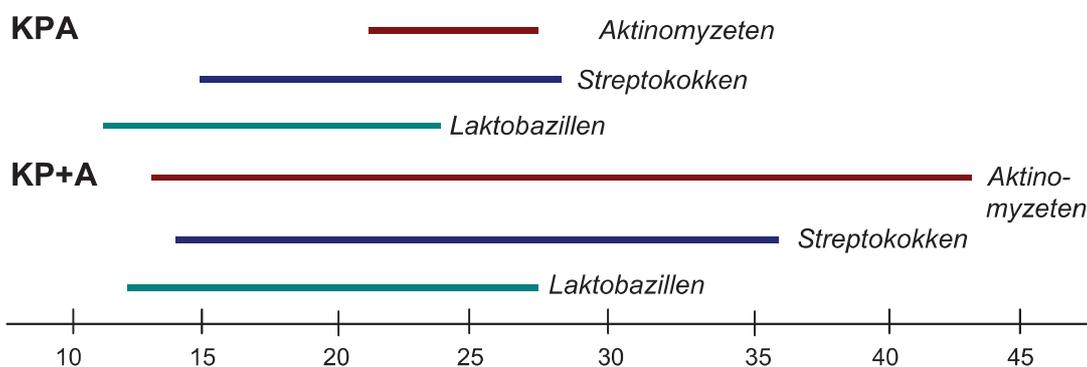


Abbildung 3: Selbststützende Adhäsiva – Hemmhofspanne in mm

Totalätzende Adhäsiva: Die Hemmhöfe der Komponenten der Adhäsiva der Gruppe 1 (K+PA) wiesen eine Spanne zwischen 12,3 und 21,7 mm bei den Streptokokken auf, von 10,3 bis 18 mm bei den Laktobazillen und von 15 bis 30,7 mm bei den Aktinomyzeten. Die Hemmhöfe der Komponenten der Adhäsiva der Gruppe 2 (K+P+A) lagen zwischen 10,7 und 31,3 mm bei den Streptokokken, zwischen 10,3 und 22,7 mm bei den Laktobazillen und zwischen 12,3 bis 30 mm bei den Aktinomyzeten. Auch in diesen beiden Präparategruppen wurden Aktinomyzeten am stärksten in ihrem Wachstum inhibiert, gefolgt von den Streptokokken und Laktobazillen (Abb. 4).

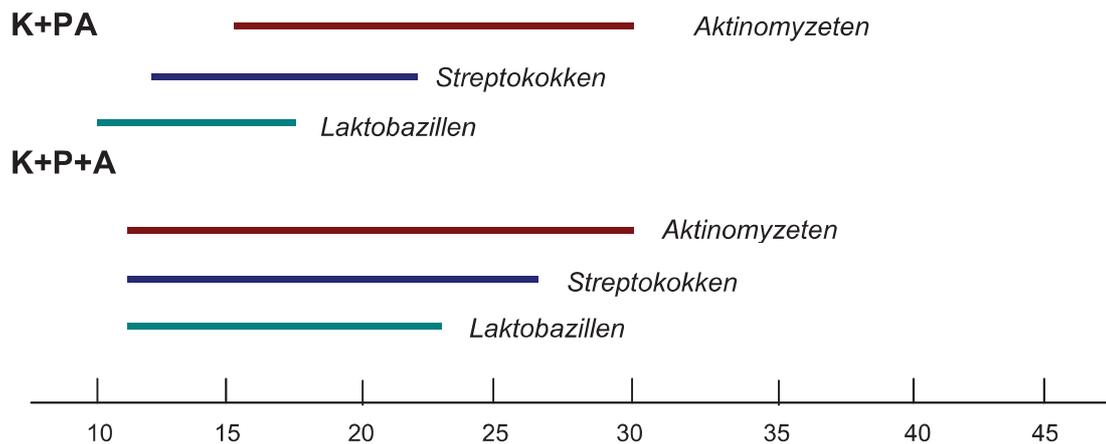


Abbildung 4: Totalätzende Adhäsiva – Hemmhofspanne in mm

5.1.2 Mittlere Hemmhofgröße der selbststützenden Adhäsiva

Die Anhangstabellen 5 bis 7 listen die gemessenen Hemmhofdurchmesser der Einzelkomponenten sowie die der vorgegebenen Komponentengemische der selbststützenden Adhäsiva auf.

Es bestanden innerhalb der Einzelkomponenten eines Präparats signifikante Unterschiede in der Größe der Hemmhofdurchmesser. Die Adhäsiva, die einen signifikanten Unterschied in der Größe der Hemmhofdurchmesser zwischen den Einzelkomponenten aufwiesen, sind in den Tabellen 5 bis 10 aufgelistet, die übrigen Adhäsiva ohne Signifikanz in der Größe der Hemmhofdurchmesser ihrer Einzelkomponenten sind mit ihrer antibakteriellen Wirkung in den Anhangstabellen 11 bis 16 aufgeführt.

Bei Betrachtung der Tabellen 5 bis 7 wird deutlich, dass innerhalb der selbststützenden Adhäsiva die signifikant stärkere antibakterielle Wirkung zumeist von den Primern ausgeht.

Diese antibakterielle Wirkung war dabei häufiger gegen Streptokokken ($n = 7$) und Aktinomyzeten ($n = 6$) gerichtet und weniger häufig gegen die Laktobazillen ($n = 5$).

Diese Tendenz spiegelt sich auch in der Größe der Hemmhöfe wieder, die am Beispiel von Futurabond NR in Abbildung 5 dargestellt wird.

Tabelle 5: Signifikante Unterschiede im Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) der Einzelkomponenten von Produkten aus der Gruppe der **selbststützenden Adhäsiva** gegenüber **Streptokokken** (*S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* 9S) im Agar-Hemmhofest (Test für gepaarte Stichproben, zweiseitige Signifikanz auf dem Niveau von 0,05)

Selbststützende Adhäsiva Komponentenpaare	Hemmhof- durchmesser (\bar{x})	p-Wert
Gruppe 1 – KPA		
XenoIII		
Liquid A	19,7	0,01
Liquid B	28,0	
Gruppe 2 – KP+A		
A.R.T. Bond		
Primer A	15,3	0,09
Primer B	26,0	
PrimerB	26,0	0,05
Bond	17,0	
CLEARFIL PROTECT BOND		
Primer	27,7	0,004
Bond	18,7	
Futurabond NR		
Liquid A	26,0	0,003
Liquid B	14,7	
frog		
Primer	20,0	0,03
Bond	15,3	
Resulcin AquaPrime+MonoBond		
MonoBond	15,0	0,02
AquaPrime	36,0	
AquaPrime	36,0	0,01
Conservans	10,0	
CLEARFIL LINER Bond 2V		
Primer A	22,7	0,09
Bond A	16,0	
Primer A	22,7	0,003
Bond B	11,7	
Primer B	24,7	0,01
Bond A	16,0	
Primer B	24,7	0,006
Bond B	11,7	

KPA (selbststützendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

KP+A (selbststützendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer und Adhäsiv)

Tabelle 6: Signifikante Unterschiede im Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) der Einzelkomponenten von Produkten aus der Gruppe der **selbststützenden Adhäsiva** gegenüber **Laktobazillen** (*L. casei* IMET 10692, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. plantarum* DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest (Test für gepaarte Stichproben, zweiseitige Signifikanz auf dem Niveau von 0,05)

Selbststützende Adhäsiva Komponentenpaare	Hemmhof- durchmesser (\bar{x})	p-Wert
Gruppe 2 – KP+A		
CLEARFIL SE BOND		
Primer	19,7	0,04
Bond	16,7	
Futurabond NR		
Liquid A	23,0	0,006
Liquid B	10,0	
One Coat Self-Etching Bond		
Primer	22,7	0,01
Bond	15,0	
Resulcin AquaPrime+MonoBond		
MonoBond	12,3	0,03
AquaPrime	26,7	
AquaPrime	26,7	0,003
Conservans	10,0	
CLEARFIL Liner Bond 2V		
Primer A	20,7	0,04
Bond B	11,3	

KP+A (selbststützendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer und Adhäsiv)

Tabelle 7: Signifikante Unterschiede im Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) der Einzelkomponenten von Produkten aus der Gruppe der **selbststützenden Adhäsiva** gegenüber **Aktinomyzeten** (*A. odontolyticus* R22/580, *A. israelii* IMET 10972, *A. naeslundii* ATCC 27044) im Agar-Hemmhoftest (Test für gepaarte Stichproben, zweiseitige Signifikanz auf dem Niveau von 0,05)

Selbststützende Adhäsiva Komponentenpaare	Hemmhof- durchmesser (\bar{x})	p-Wert
Gruppe 2 – KP+A		
Adhese		
Primer	31,0	0,02
Bonding Agent	19,3	
A.R.T. Bond		
Primer B	26,7	0,04
Bond	20,0	
CLEARFIL SE BOND		
Primer	28,7	0,01
Bond	21,3	
Futurabond NR		
Liquid A	33,7	0,001
Liquid B	10,8	
One Coat Self-Etching Bond		
Primer	20,7	0,05
Bond	13,3	
Resulcin AquaPrime+MonoBond		
MonoBond	19,7	0,001
AquaPrime	43,3	
MonoBond	19,7	0,008
Conservans	10,0	
AquaPrime	43,3	0,002
Conservans	10,0	

KP+A (selbststützendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer und Adhäsiv)

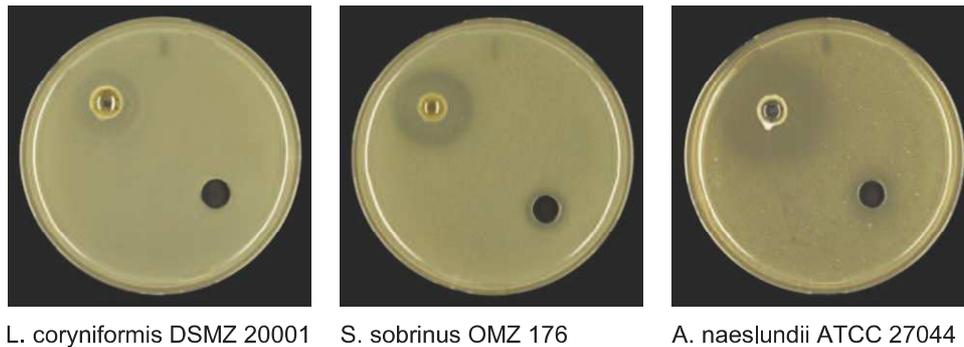


Abbildung 5: Hemmhofdurchmesser am Beispiel von Futurabond NR. Links oben: Liquid A (Primer), rechts unten: Liquid B (Bond)

Mittlere Hemmhofgröße: Bei den selbststützenden Adhäsiva der Gruppe 1 (KPA) lag die mittlere Hemmhofgröße für Streptokokken bei $22 \pm 5,0$ mm, für Laktobazillen bei $17,6 \pm 6,5$ mm und für Aktinomyzeten bei $24,3 \pm 5,1$ mm. Es lagen signifikante Unterschiede vor. Die mittleren Hemmhöfe der Streptokokken ($p = 0,005$) und Aktinomyzeten ($p = 0,001$) waren größer als die der Laktobazillen; Streptokokken und Aktinomyzeten unterschieden sich nicht in der Hemmhofgröße ($p = 0,129$) (Abb. 6, Anhang Tab. 5 bis 7).

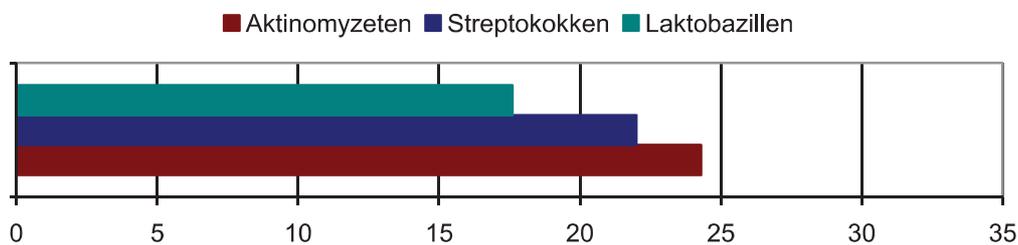


Abbildung 6: Mittlere Hemmhofgröße (mm) selbststützender Adhäsiva der Gruppe 1 (KPA) gegenüber Laktobazillen, Streptokokken und Aktinomyzeten

In der Gruppe 2 (KP+A) der selbststützenden Adhäsiva konnten die Hemmhöfe von Primer und Adhäsiv zur Berechnung der mittleren Hemmhofgröße getrennt betrachtet werden (Tab. 8, Anhang Tab. 5 bis 7). Auch hier lagen die registrierten Hemmhöfe der Primer signifikant über denen der Adhäsiva (Tab. 8). Die mittlere Größe der Hemmhöfe für Primer und Adhäsiva stieg davon unabhängig in der Reihenfolge Laktobazillen < Streptokokken = Aktinomyzeten an. Bei den Primern lag die mittlere Hemmhofgröße für Streptokokken ($p = 0,000$) und Aktinomyzeten ($p = 0,000$) über denen der Laktobazillen. Streptokokken und Aktinomyzeten unterschieden sich nicht in der Hemmhofgröße ($p = 0,193$) (Abb. 7).

Die gleiche Situation lag bei den Adhäsiva vor (Laktobazillen : Streptokokken $p = 0,002$; Laktobazillen : Aktinomyzeten $p = 0,011$; Streptokokken : Aktinomyzeten $p = 0,306$) (Abb. 7).

Tabelle 8: Mittlere Hemmhofgröße (in mm) von Primer und Adhäsiv der selbststehenden Adhäsiva der Gruppe 2 (KP+A)

Keimgruppe/ Komponente	N Stammzahl	Min.	Max.	Mittelwert	Standard- abweichung	*p- Wert
Streptokokken						
Primer	42	10,0	41,0	23,9	6,1	0,000
Adhäsiv	36	10,0	30,0	16,3	5,1	
Laktobazillen						
Primer	42	10,0	30,0	19,4	5,5	0,000
Adhäsiv	36	10,0	25,0	13,7	4,2	
Aktinomyzeten						
Primer	42	10,0	45,0	25,4	8,9	0,000
Adhäsiv	36	10,0	45,0	17,8	7,9	

* Test für gepaarte Stichproben, Signifikanz (zweiseitig) auf dem Niveau von 0,05

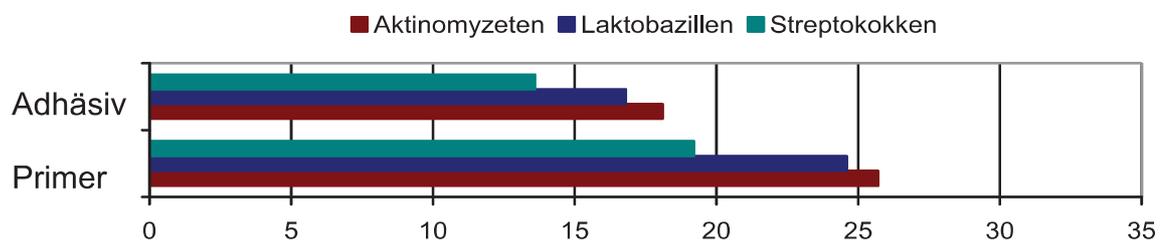


Abbildung 7: Mittlere Hemmhofgröße (mm) von Primer und Adhäsiv selbststehender Adhäsiva der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber Streptokokken, Laktobazillen und Aktinomyzeten

5.1.3 Mittlere Hemmhofgröße der totalätzenden Adhäsiva

Die differenzierte antibakterielle Wirkung der selbststehenden Adhäsiva war nahezu auf die der Mehrflaschensysteme begrenzt, wohingegen bei den totalätzenden Adhäsiva in beiden Gruppen eine differenzierte antibakterielle Wirkung der Einzelkomponenten aufgefunden werden konnte (Tab. 9 bis 11). Auch hier waren es wiederum die Primer, die die stärkste antibakterielle Wirkung zeigten (gegenüber Streptokokken $n = 7$, gegenüber Laktobazillen $n = 4$, gegenüber Aktinomyzeten $n = 4$). Die Anhangstabellen 8 bis 10 listen die gemessenen Hemmhofdurchmesser der Einzelkomponenten der totalätzenden Adhäsiva auf.

Tabelle 9: Signifikante Unterschiede im Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) der Einzelkomponenten von Produkten aus der Gruppe der **totalätzenden Adhäsiva** gegenüber **Streptokokken** (*S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* 9S) im Agar-Hemmhoftest (Test für gepaarte Stichproben, zweiseitige Signifikanz auf dem Niveau von 0,05)

Totalätzende Adhäsiva Komponentenpaare	Hemmhof- durchmesser (\bar{x})	p-Wert
Gruppe 1 – K+PA		
CLEARFIL NEW BOND		
Catalyst*	23,0	0,02
Universal	10,7	
CLEARFIL PHOTO BOND		
Catalyst*	19,7	0,03
Universal	12,3	
Cumdente Adhesive		
Activator	10,0	0,03
Adhesive	19,7	
Gruppe 2 – K+P+A		
OptiBond FL		
Primer	21,0	0,02
Adhesive	15,3	
paama 2		
Primer	13,7	0,05
Bond	10,0	
Solobond Plus		
Primer	17,7	0,04
Adhesive	12,7	
Syntac Classic		
Primer	24,7	0,02
Heliobond	13,0	
Adhesive	20,0	0,007
Heliobond	13,0	

* Kein Primer

K+PA (totalätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer und Primer+Adhäsiv)

K+P+A (totalätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

Tabelle 10: Signifikante Unterschiede im Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) der Einzelkomponenten von Produkten aus der Gruppe der **totalätzenden Adhäsiva** gegenüber **Laktobazillen** (*L. casei* IMET 10692, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. plantarum* DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest (Test für gepaarte Stichproben, zweiseitige Signifikanz auf dem Niveau von 0,05)

Totalätzende Adhäsiva Komponentenpaare	Hemmhof- durchmesser (\bar{x})	p-Wert
Gruppe 1 – K+PA		
CLEARFIL NEW BOND		
Catalyst*	22,7	0,003
Universal	10,0	
CLEARFIL PHOTO BOND		
Catalyst*	19,0	0,02
Universal	10,0	
XP-Bond		
Activator*	10,0	0,04
Bond	17,0	
Gruppe 2 – K+P+A		
Syntac Classic		
Primer	15,3	0,04
Adhesive	18,7	
Primer	15,3	0,004
Heliobond	10,0	
Adhesive	18,7	0,01
Heliobond	10,0	

* Kein Primer

K+PA (totalätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer und Primer+Adhäsiv)

K+P+A (totalätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

Tabelle 11: Signifikante Unterschiede im Mittelwertvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) der Einzelkomponenten von Produkten aus der Gruppe der **totalätzenden Adhäsiva** gegenüber **Aktinomyzeten** (*A. odontolyticus* R22/580, *A. israelii* IMET 10972, *A. naeslundii* ATCC 27044) im Agar-Hemmhoftest (Test für gepaarte Stichproben, zweiseitige Signifikanz auf dem Niveau von 0,05)

Totalätzende Adhäsiva Komponentenpaare	Hemmhof- durchmesser (\bar{x})	p-Wert
Gruppe 1 – K+PA		
CLEARFIL NEW BOND		
Catalyst*	28,3	0,02
Universal	12,3	
CLEARFIL PHOTO BOND		
Catalyst*	22,0	0,009
Universal	10,0	
Gruppe 2 – K+P+A		
Solobond Plus		
Primer	22,7	0,01
Adhesive	15,0	
Syntac Classic		
Primer	26,3	0,005
Heliobond	18,3	

* Kein Primer

K+PA (totalätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer und Primer+Adhäsiv)

K+P+A (totalätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

Die mittlere Größe der Hemmhöfe der totalätzenden Adhäsiva der Gruppe 1 (K+PA) lagen für Streptokokken bei $17,6 \pm 7,0$ mm, für Laktobazillen bei $12,7 \pm 4,1$ mm und für Aktinomyzeten bei $19,4 \pm 7,5$ mm. Die mittleren Hemmhöfe der Streptokokken ($p = 0,000$) und Aktinomyzeten ($p = 0,000$) lagen signifikant über denen der Laktobazillen. Streptokokken und Aktinomyzeten unterschieden sich nicht in der Größe ihrer mittleren Hemmhofdurchmesser ($p = 0,254$) (Abb. 8, Anhang Tab. 8 bis 10).

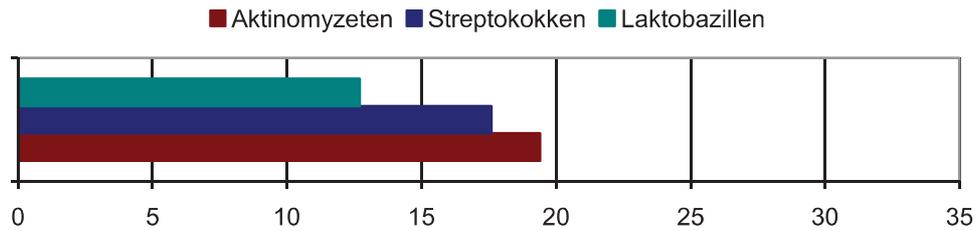


Abbildung 8: Mittlere Hemmhofgröße (mm) totalätzender Adhäsiva der Gruppe 1 (K+PA) gegenüber Streptokokken, Laktobazillen und Aktinomyzeten

Für die totalätzenden Adhäsiva der Gruppe 2 (K+P+A) konnten die Hemmhöfe von Primer und Adhäsiv zur Berechnung der mittleren Hemmhofgröße erneut getrennt betrachtet werden (Tab. 12, Anhang Tab. 8 bis 10). Für alle drei Keimgruppen lagen die registrierten Hemmhöfe der Primer signifikant über denen der Adhäsiva.

Tabelle 12: Mittlere Hemmhofgröße (in mm) von Primer und Adhäsiv der selbststehenden Adhäsiva der Gruppe 2 (KP+A)

Keimgruppe/ Komponente	N Stammzahl	Min.	Max.	Mittelwert	Standard- abweichung	*p- Wert
Streptokokken						
Primer	24	12,0	33,0	22,4	5,1	0,000
Adhäsiv	24	10,0	23,0	15,7	3,8	
Laktobazillen						
Primer	24	10,0	21,0	15,5	3,1	0,040
Adhäsiv	24	10,0	20,0	12,9	4,0	
Aktinomyzeten						
Primer	24	10,0	43,0	24,3	7,2	0,000
Adhäsiv	24	10,0	27,0	18,5	4,9	

* Test für gepaarte Stichproben, Signifikanz (zweiseitig) auf dem Niveau von 0,05

Die mittleren Hemmhöfe durch die Primer waren bei den Streptokokken im Vergleich zu denen der Laktobazillen ($p = 0,000$) signifikant größer; sie unterschieden sich aber nicht von der mittleren Hemmhofgröße der Aktinomyzeten ($p = 0,223$). Die mittlere Hemmhofgröße der Aktinomyzeten lag gleichfalls über der der Laktobazillen ($p = 0,000$). Bei den Adhäsiva lag die gleiche Situation vor. Die größten mittleren Hemmhöfe lagen bei den Aktinomyzeten vor und die geringsten bei den Laktobazillen (Laktobazillen : Aktinomyzeten $p = 0,000$; Streptokokken : Laktobazillen $p = 0,002$; Streptokokken : Aktinomyzeten $p = 0,001$) (Abb. 9, Tab. 12)

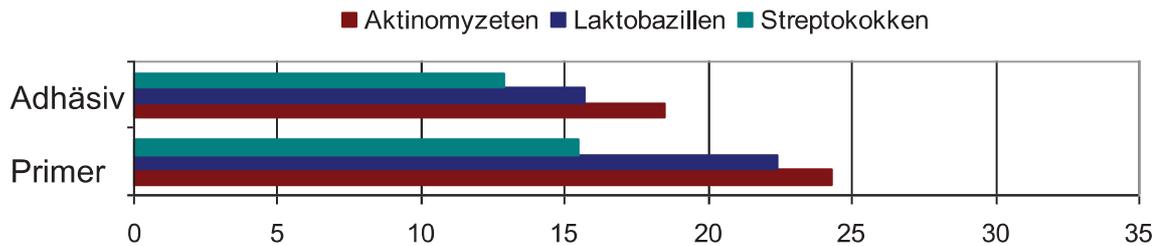


Abbildung 9: Mittlere Hemmhofgröße (mm) von Primer und Adhäsiv totalätzender Adhäsiva der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Streptokokken, Laktobazillen und Aktinomyzeten

5.2 pH-Werte der Einzelkomponenten und Komponentengemische

In Tabelle 13 sind die pH-Werte für die Einzelkomponenten und die Komponentengemische der Adhäsiva aufgeführt. Eine instrumentelle Messung (pH-Wert-Elektrode) war nicht möglich, da die dafür erforderliche Menge in den Probeflaschen zu gering war. Die Primer wiesen generell einen niedrigeren pH-Wert als die Adhäsiva, wobei der Unterschied signifikant ($p < 0,05$) war.

Der pH-Wert der selbstätzenden Adhäsiva im Einflaschensystem (Gruppe 1 = KPA) lag bei $\text{pH } 3,3 \pm 1,7$. Im Mehrflaschensystem (Gruppe 2 = KP+A) lag der pH-Wert der Primer (KP) bei $\text{pH } 2,8 \pm 1,8$ und der der Adhäsiva (A) im annähernd neutralen pH-Bereich von $\text{pH } 6,3 \pm 0,3$.

Bei den totalätzenden Adhäsiva im Einflaschensystem (Gruppe 1= K+PA) lag der pH-Wert der Adhäsiva bei $\text{pH } 5,9 \pm 1,0$ (PA). Im Mehrflaschensystem (Gruppe 2 = K+P+A) lag der pH-Wert der Primer bei $\text{pH } 2,8 \pm 1,6$ (P) und der der Adhäsiva bei $\text{pH } 6,0 \pm 0,9$ (A).

Tabelle 13: pH-Werte der Adhäsiva und ihrer Komponenten und der Stoffgemische

Produkt	Komponenten	pH-Wert	
Selbststützende Adhäsiva			
KPA	artCem [®] One	Adhesive	6,3
	G-BOND [™]	Adhesive	2,3
	go	Adhesive	2,2
	iBond	Adhesive	2,0
	OptiBond [®] All In One	Adhesive	2,6
	Xeno [®] III	¹ Liquid A	3,6
		¹ Liquid B	5,0
Gemisch		4,1	
KP+A	AdheSE [®]	Primer	2,0
		Bonding Agent	6,2
	A.R.T. BOND	¹ Primer A	1,0
		¹ Primer B	5,7
		Bond	6,2
		Gemisch	1,0
	CLEARFIL PROTECT BOND	Primer	2,0
		Bond	5,8
	CLEARFIL [™] SE Bond	Primer	2,3
		Bond	6,2
	Contax [®]	Primer	0,7
		Bond	6,3
	Futurabond DC	¹ Liquid 1	4,7
		¹ Liquid 2	6,6
		Gemisch	5,3
	Futurabond NR	¹ Liquid A	1,8
		¹ Liquid B	7,2
		Gemisch	6,3
	frog	Primer	1,8
		Bond	6,2
	One Coat Self- Etching Bond	Primer	1,7
		Bond	6,0
Resulcin [®] AquaPrime+ MonoBond	MonoBond	6,1	
	AquaPrime	6,1	
	Conservans	6,3	
CLEARFIL [®] LINER BOND 2V	¹ Primer A	3,5	
	¹ Primer B	7,5	
	² Bond A	6,3	
	² Bond B	6,3	
	Gemisch1	3,8	
	Gemisch2	6,3	

^{1,2} Komponenten wurden gemischt

Fortsetzung siehe nächste Seite

Tabelle 13 Fortsetzung: pH-Werte der Adhäsiva und ihrer Komponenten und der Stoffgemische.

Produkt	Komponenten	pH-Wert	
Totalätzende Adhäsiva			
K+PA	Admira Bond	Adhesive	5,2
	Excite®	Adhesive	6,1
	ONE COAT BOND	Adhesive	6,1
	Prime&Bond® NT	Adhesive	6,0
	Solobond M	Adhesive	3,2
	TECO®	Adhesive	6,3
	CLEARFIL® NEW BOND	¹ Catalyst	6,3
		¹ Universal	6,3
		Gemisch	6,3
	CLEARFIL® PHOTO BOND	¹ Catalyst	6,3
		¹ Universal	6,3
		Gemisch	6,3
	Cumdente Ashesive	Activator	7,0
		Adhesive	3,0
XP – Bond	Activator	5,7	
	Bond	6,3	
K+P+A	Adper Scotchbond MP	Primer	3,7
		Adhesive	6,6
	Ecusit – Primer Mono	¹ Primer A	1,7
		¹ Primer B	6,0
		Mono	5,9
		Gemisch	2,0
	GLUMA® Solid Bond	Liquid A	1,7
		Liquid B	6,3
	OptiBond® FL	Primer	2,0
		Adhesive	6,5
	paama 2	Primer	3,6
		Bond	6,2
	Solobond Plus	Primer	1,7
Adhesive		6,2	
Syntac Classic	Primer	1,7	
	Adhesive	4,1	
	Heliobond	6,6	

^{1,2} Komponenten wurden gemischt

KPA (selbstätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

K+PA (totalätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer und Primer+Adhäsiv)

KP+A (selbstätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer und Adhäsiv)

K+P+A (totalätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

6 Diskussion

Der Einsatz von Adhäsivsystemen in der modernen Zahnheilkunde hat durch die intensive Nachfrage seitens der Zahnärzte, die Vielzahl der auf den Markt drängenden Hersteller und die ständige Weiterentwicklung ihrer Produkte zu einer für den Zahnarzt kaum zu überschauenden Vielfalt geführt. Die klinische Anwendung der Produkte wurde gezielt vereinfacht und durch die Veränderung der Zusammensetzung um neue Anwendungsbereiche erweitert. So umfasst das Anwendungsgebiet der Adhäsivsysteme heute die adhäsive Befestigung von lichthärtenden Komposit- und Kompomerwerkstoffen, die Behandlung von keilförmigen Putzdefekten, das Anbringen von Brackets in der Kieferorthopädie, die Schienung von gelockerten Zähnen untereinander in der Parodontologie, das Einsetzen von indirekten Restaurationen sowie die Reparatur von Metall-Kunststoff-Verblendungen.

Die rasante Entwicklung der Adhäsivsysteme, die in den 1970er Jahren mit dem System Gluma der Fa. Heraeus Kulzer (Schäfer 1999a) begann und von Beginn an im Widerspruch zu zeitaufwändigen klinischen Studien stand, führte in erster Linie zur Etablierung von In-vitro - Modelluntersuchungen, um schnell und einfach die antibakterielle und toxische Wirkungen von Adhäsiva zu erfassen. In der vorliegenden Studie wurde der antibakteriellen Wirkung von Adhäsivsystemen im Agar-Hemmhoftest nachgegangen.

Der Agar-Hemmhoftest wurde ursprünglich zur Bestimmung der Sensibilität von Mikroorganismen auf antibiotische Pharmaka entwickelt (Bauer et al. 1966, Bondi et al. 1947). In der Zahnheilkunde wird das Verfahren seit den 1970er Jahren zur Ermittlung von antibakteriellen Eigenschaften zahnärztlicher Werkstoffe eingesetzt (Emilson 1977). Der hier beschriebene Agar-Hemmhoftest bietet die Möglichkeit, mit einem relativ geringen apparativen Aufwand die inhibitorische Wirkung von Dentinadhäsiven auf kultivierbare Mikroorganismen zu testen. Allerdings muss bei dieser Methode beachtet werden, dass durch die wenig aufwändige Versuchsmethodik auch der Feinheit der Auswertung Grenzen gesetzt sind (Gebauer 2006). Die vorliegende Methode erlaubt jedoch eine standardisierbare, orientierende Abschätzung der antibakteriellen Wirkung der Prüfsubstanzen und wurde bis heute von Autoren wie Fraga et al. (1996), Karanika-Kouma et al. (2001), Schmidlin et al. (2003), Özer et al. (2003), Türkün et al. (2005) oder Feuerstein et al. (2007) zur Untersuchung antibakterieller Einflüsse ausgewählter Dentinadhäsiva genutzt (Tab. 14).

Tabelle 14: Zeitliche Übersicht von Studien zur antibakteriellen Wirkung von Dentinadhäsivsystemen bei Verwendung unterschiedlicher Testmethoden und Indikatorstämme (Anzahl der Adhäsivsysteme/Anzahl der Indikatorstämme)

Autor/Jahr	Reservoir	Dentinscheibe	Papier- plättchen	Kavitätenmodell	Andere
Eigene Untersuchung (34/9)					
Link et al. 2010		human (38/9)			
Gondim et al. 2008		human (4/2)	(4/2)		
Feuerstein et al. 2007	(4/1)				(4/1) Mikrotiterplatte
Walter et al. 2007			(4/4)		
Gebauer 2006		bovine (2/3)	(2/3)		
Imazato et al. 2006			(3/3)		(3/3) demineralisierte Dentinblöcke
Kuramoto et al. 2005					(4/1) demineralisierte Kavität
Türkün et al. 2005	(2/1)	human (2/1)	(2/1)	(2/1)	
Kitasako et al. 2004					(2/1) kariöses Dentin
Schmalz et al. 2004		bovine (3/3)	(5/3)		
Özer et al. 2003	(2/1)			(2/1)	
Schmidlin et al. 2003	(9/3)		(9/3)		
Imazato et al. 2002a					(4/2) demineralisierte Dentinblöcke
Imazato et al. 2002b			(10/3)		
Atac et al. 2001			(3/9)		
Karanika-Kouma et al. 2001	(3/4)				
Herrera et al. 2000			(5/32)		
Fraga et al. 1996	(3/8)				

Der Agar-Hemmhoftest bietet die Möglichkeit, einfach und standardisierbar und auch kostengünstig, Adhäsivsysteme auf eine mögliche antibakterielle Wirkung zu untersuchen (Türkün et al 2005). Vom Agar-Hemmhoftest existieren mehrere unterschiedliche Modifikationen. Die einfachste ist das Stanzen von Reservoirien in den Agar, ein Methode die von Autoren wie Fraga et al. (1996), Karanika-Kouma et al. (2001), Schmidlin et al. (2003), Özer et al. (2003), Türkün et al. (2005) und Feuerstein et al. (2007) genutzt wurde. Die Herangehensweise bei diesen Autoren ist mit der eigenen Untersuchung vergleichbar. Die Autoren untersuchten zwischen 2 und 9 Adhäsivsysteme. In der vorliegenden Studie wurden die Einzelkomponenten von 34 Adhäsivsystem untersucht. Insgesamt handelten es sich um 63 Einzelkomponenten. Die Vergleichbarkeit der Studien untereinander wird durch verschiedene Variablen begrenzt. So wurde nur von Schmidlin et al (2003) auf eine Polymerisation der Adhäsivsysteme verzichtet, wohingegen Türkün et al. (2005) die Präparate vor und nach Polymerisation untersuchte und in den Studien von Fraga et al. (1996), Karanika-Kouma et al. (2001) und Feuerstein et al. (2007) grundsätzlich eine Polymerisation der Adhäsiva stattfand.

Die Durchmesser der aus dem Agar gestanzten Reservoirie variierten im Schrifttum zwischen 4 mm und 10 mm. Zur Menge der in die Reservoirie gefüllten Adhäsivkomponenten werden in der Literatur keine Angaben gemacht. In der vorliegenden Studie wurden jeweils 0,3 g der zu untersuchenden Einzelkomponenten in die Reservoirie pipettiert. Eine Vergleichbarkeit der eigenen Ergebnisse ist somit nur mit denen von Özer et al. (2003), Schmidlin et al. (2003) und Türkün et al. (2005) gegeben. Der Agar-Hemmhoftest durchlief unterschiedliche Modifikationen, um im Versuchsablauf der klinischen Situation so nah wie möglich zu kommen. Die einfachste ist dabei die Nutzung von Papierscheiben als Trägermaterial für das polymerisierte Adhäsiv anstatt der in den Agar gestanzten Reservoirie. Diese Vorgehensweise nutzten unter anderem Herrera et al. (2000), Atac et al. (2001), Imazato et al. (2002b), Türkün et al. (2005), Walter et al. (2007), Gondim et al. (2008), Schmalz et al. (2004) und Gebauer (2006). Die Durchmesser der genutzten Papierplättchen reichte von 6 bis 6,5 mm, die Dicke der Papierplättchen betrug durchschnittlich 1,5 mm [Herrera et al. (2000), Atac et al. (2001), Imazato et al. (2002b), Türkün et al. (2005), Walter et al. (2007) und Gondim et al. (2008)]. Noch einen Schritt weiter geht die Nutzung von Dentinscheiben als Trägermaterial für das polymerisierte Adhäsiv. Sie bilden eine Barriere zwischen Bakterien und polymerisiertem Adhäsiv.

Schmalz et al. (2004) und Gebauer (2006) nutzen bovines Dentin, wohingegen Türkün et al. (2005), Gondim et al. (2008) und Link et al. (2010) humane Dentinscheiben nutzten. Die Durchmesser der gewählten Rinderdentinscheiben lagen bei 6 mm (Schmalz et al. 2004, Gebauer 2006) und die der humanen Dentinscheiben bei 4 bis 10,8 mm (Türkün et al. 2005, Gondim et al. 2008, Link et al. 2010). Auch zur Dicke der Dentinscheiben liegen im Schrifttum unterschiedliche Angaben vor (Atac et al. 2001, Imazato et al. 2002b, Schmalz et al. 2004, Imazato et al. 2005, Türkün et al. 2005, Gebauer 2006, Gondim et al. 2008, Link et al. 2010). Sie lagen gewöhnlich bei 0,2 und 0,5 mm für Rinderdentinscheiben und zwischen 0,4 und 2 mm für humane Dentinscheiben. Die Stärke der Dentinscheibe hat einen deutlichen Einfluss auf die Entstehung von Inhibitionszonen (Gebauer 2006); je stärker eine Dentinscheibe ist, desto kleiner ist die Größe der entstehenden Inhibitionszone. Das Dentin stellt eine Barriere dar, die einen abschwächenden Effekt auf die antibakterielle Potenz verschiedener Substanzen wie z.B. Chlorhexidin (Schmalz et al. 2004) hat. Dass Bestandteile von Adhäsivsystemen durch Dentinbarrieren hindurch diffundieren können, zeigte Gerzina et al. (1995) am Beispiel von HEMA und TEGDMA. Imazato et al. (2002a) konnte Penetrationstiefen von 198 µm bei verschiedenen Primern nachweisen.

Es existieren drei weitere Untersuchungsmethoden zur Testung von Adhäsivsystemen auf eine mögliche antibakterielle Wirkung. Das sind der Direkt-Kontakt-Test (Feuerstein et al. 2007), demineralisierte Dentinblöcke (Imazato 2002a, 2005) und das Kavitätenmodell (Özer et al. 2003, Türkün et al. 2005).

Der Direkt-Kontakt-Test wurde erstmals von Weiss et al. (1996) zur Abschätzung antibiotischer Wirkungen von Sealern in der Endodontologie beschrieben. Feuerstein et al. (2007) beschichtete die Vertiefungen in Mikrotiterplatten mit Adhäsivsystemen nach Herstellerangaben, führte eine Lichthärtung durch, beimpfte sie mit *S. mutans* und bebrütete sie unter einem temperaturgesteuertem Spektrophotometer für insgesamt 16 Stunden bei 37°C. Die sich anschließenden Verdünnungsreihen zeigten, dass lediglich Clearfil Protect Bond nach sieben Tagen noch eine signifikante antibakterielle Wirkung aufwies.

Die Erstbeschreibung des Kavitätenmodells erfolgte 1999 durch die Gruppe um Ohmori et al. (1999), die die antibakterielle Wirkung von Primerflüssigkeit an Rinderzähnen untersuchten. Özer et al. (2003) und Türkün et al. (2005) nutzten dagegen ausschließlich humane, kariesfreie Molaren für ihre Untersuchung von insgesamt drei

Adhäsivsystemen. Künstlich erzeugte Kavitäten (Tiefe 2 mm, Durchmesser 1 mm) wurden mit *S. mutans* infiziert und für 72 Stunden bebrütet. Anschließend wurden die Präparate appliziert, polymerisiert, die Kavitäten verschlossen und bei 37°C feucht gelagert. Daraufhin wurden die Bereiche um die Kavitäten zerkleinert und die Überlebensfähigkeit von *S. mutans* durch Verdünnungsreihen ermittelt. Sowohl Özer et al. (2003) als auch Türkün et al. (2005) konnten gegenüber der Kontrollgruppe für Clearfil Protect Bond eine signifikant schlechtere Überlebensrate von *S. mutans* nachweisen.

Imazato et al. (2002a, 2005) schnitt Dentinblöcke (Größe 4 mm x 4 mm und Dicke 200 µm) aus humanen extrahierten Molaren, demineralisierten sie und beimpften sie schließlich für 10 Minuten mit Stämmen von Streptokokken, Aktinomyzeten und Laktobazillen, um eine bakterielle Kolonisation im kariösen Dentin zu simulieren. Nachfolgend wurden die zu untersuchenden Primer für 20 Sekunden aufgetragen. Nach Zerkleinerung der Dentinblöcke wurden Verdünnungsreihen hergestellt und auf die Lebensfähigkeit der Keime überprüft. Die Autoren testeten dabei unter anderem MDPB als Bestandteil von Clearfil Protekt Bond. MDPB ist ein antibakterielles Monomer (12-Methacryloyloxydodecylpyridinium), dessen inhibitorischer Effekt auf das Bakterienwachstum an seiner Oberfläche auch nach einer Polymerisation nachgewiesen werden konnte.

Nicht nur bei der Auswahl der Untersuchungsmethode, sondern auch bei den in die Untersuchung einbezogenen Teststämmen bestehen Unterschiede. In der vorliegenden Studie war es das Ziel, sich der klinischen Situation mit Indikatorkeimen zu nähern, die nachweislich nach Kariesexkavation am harten Kavitätenboden (Sondenklirren) restieren. Dies sind nach Kneist et al. (1989, 1990) und Kidd et al. (1993) Streptokokken, Aktinomyzeten und Laktobazillen. In der vorliegenden Untersuchung kamen 9 Indikatorstämme zum Einsatz, jeweils drei Streptokokken, drei Aktinomyzeten und drei Laktobazillen. Bei den Streptokokken fiel die Wahl auf *S. sanguinis* OMZ 9S, *S. sobrinus* OMZ 176 [d] und *S. mutans* NCTC 10449. Die Laktobazillen wurden durch die Arten *L. casei* IMET 10692, *L. coryniformis* DSMZ 20001 und *L. plantarum* DSMZ 2601 repräsentiert; drei Aktinomyzetenstämme durch die Arten *A. israelii* IMET 10972, *A. naeslundii* ATCC 27044 und *A. odontolyticus* R22/580 (Tab. 15).

In der Literatur kamen zwischen einem (Feuerstein et al. 2007, Kuramoto et al. 2005, Türkün et al. 2005, Kitasako et al. 2004, Özer et al. 2003) und 32 Indikatorstämmen (Herrera et al. 2000) (Tab. 15) zum Einsatz. 16 Autoren nutzten

dabei die gleichen Indikatorstämme zum Nachweis der antibakterielle Wirkung von Adhäsivsystemen (Fraga et al. 1996, Herrera et al. 2000, Atac et al. 2001, Karanika-Kouma et al. 2001, Imazato et al. 2002a, 2002b; Özer et al. 2003, Schmidlin et al. 2003, Kitasako et al. 2004, Schmalz et al. 2004, Imazato et al. 2005, Kuramoto et al. 2005, Türkün et al. 2005, Gebauer 2006, Feuerstein et al. 2007, Walter et al. 2007, Gondim et al. 2008) (Tab. 15). Zusätzliche Indikatorstämme, die allerdings eine untergeordnete Rolle am Kavitätenboden spielen, bezogen die Autoren Fraga et al. (1996), Herrera et al. (2000), Karanika-Kouma et al. (2001), Atac et al. (2001), Imazato et al. (2002b), Schmidlin et al. (2003), Schmalz et al. (2004), Gebauer (2006), Walter et al. (2007) und Gondim et al. (2008) mit in ihre Untersuchungen ein. Sie wählten zusätzlich Laktobazillen (*L. gasseri*, *L. acidophilus*, *L. oralis*, *L. salivarius*, *L. oris*), Streptokokken (*S. rattus*, *S. cricetus*, *S. oralis*, *S. mitis*, *S. anginosus*, *S. intermedius*, *S. salivarius*), *Porphyromonas* spp., *Clostridium* spp., *Prevotella* spp., *A. viscosus*, *F. nucleatum* und *E. faecalis* aus.

Vorversuche mit drei Adhäsivsystemen (Adper-Prompt L-Pop, Clearfil Protect Bond und Excite) zeigten bei Dreifachbestimmungen im Agar-Hemmhoftest identische Ergebnisse, weshalb im folgenden auf die Dreifachbestimmungen verzichtet wurde. Das gleiche Vorgehen wurde auch in der Untersuchung von Link et al. (2010) genutzt, wobei hier die antibakterielle Wirkung von Adhäsivsystemen nach Polymerisation auf humanen Dentinscheiben überprüft wurde. Dazu wurden über 700 sterile humane Dentinscheiben von ca. 350 kariesfreien Molaren gewonnen. Die ausgewählten Adhäsiva wurden auf die Dentinscheiben aufgebracht und nach Herstellerangaben polymerisiert. Mit den Dentinscheiben sollte die Dentinbarriere, die unter klinischen Bedingungen vorliegt, simuliert werden. Unter aseptischen Bedingungen wurden die Dentinscheiben auf die mit den Bakterienstämmen inokulierte Agaroberfläche aufgelegt und nach Bebrütung die antibakterielle Wirkung der Adhäsiva im Bakterienrasen metrisch erfasst. Dabei erwiesen sich 21 von 38 Produkten als antibakteriell. Insgesamt konnte Link et al. (2010) in 16 Fällen bei Streptokokken und Aktinomyzeten unterdrücktes Bakterienwachstum zeigen und in 15 Fällen bei Laktobazillen. Wie in der vorliegenden Studie waren auch hier die Aktinomyzeten am stärksten von der antibakteriellen Wirkung der Adhäsiva betroffen. Weiterhin führte Link et al. (2010) eine Langzeitstestung durch, die eine antibakterielle Wirkung von 10 Dentinadhäsiva gegenüber einzelner Indikatorstämme ergab. Dabei blieb bei Clearfil Protect Bond die

antibakterielle Wirkung bis zu sieben Wochen lang bestehen, bei allen anderen Systemen verlor sich die antibakterielle Wirkung nach spätestens einer Woche.

Tabelle 15: Verwendete Indikatorstämme zur Überprüfung der antibakteriellen Wirkung von Dentinadhäsivsystemen

Autoren	Indikatorstämme
Eigene Untersuchung	Streptococcus mutans, S. sobrinus, S. sanguinis, Lactobacillus casei, L. plantarum, L. coryniformis, Actinomyces israelii, A. naeslundii, A. odontolyticus
Link et al. 2010	Streptococcus mutans, S. sobrinus, S. sanguinis, Lactobacillus casei, L. plantarum, L. coryniformis, Actinomyces israelii, A. naeslundii, A. odontolyticus
Gondim et al. 2008	S. mutans, L. acidophilus
Feuerstein et al. 2007	S. mutans
Walter et al. 2007	S. mutans, S. sobrinus, L. acidophilus, A. viscosus
Gebauer 2006	S. mutans, S. sobrinus, L. acidophilus
Imazato et al. 2005	S. mutans, L. casei, A. naeslundii
Kuramoto et al. 2005	S. mutans
Türkün et al. 2005	S. mutans
Kitasako et al. 2004	S. mutans
Schmalz et al. 2004	S. mutans, S. sobrinus, L. acidophilus
Özer et al. 2003	S. mutans
Schmidlin et al. 2003	S. sobrinus, L. gasseri, A. naeslundii
Imazato et al. 2002a	S. mutans, L. casei
Imazato et al. 2002b	S. mutans, L. casei, A. viscosus
Atac et al. 2001	S. mutans, S. intermedius, L. acidophilus, Prevotella oris, Prevotella bivia, Prevotella denticola, Porphyromona gingivalis, Porphyromonas endodontalis, Clostridium rhamnosus
Karanika-Kouma et al. 2001	S. mutans, S. sobrinus, L. salivarius, A. viscosus
Herrera et al. 2000	S. mutans, S. rattus, S. sobrinus, S. cricetus, S. sobrinus, S. sanguis, S. oralis, S. mitis, S. anginosus, L. salivarius, L. oris, L. plantarum, L. acidophilus, L. casei, A. odontolyticus, A. viscosus, Porphyromonas spec. (n = 6), Clostridium spec. (n = 10)
Fraga et al. 1996	S. mutans, S. salivarius, S. sobrinus, S. sanguinis, L. casei, A. viscosus, Enterococcus faecalis, Fusobacterium nucleatum

In der vorliegenden Studie konnte eine antibakterielle Wirkung bei 60 von 63 Einzelkomponenten im Agar-Hemmhoftest nachgewiesen werden. Im Mittel untersuchten andere Autoren vier Adhäsivsysteme (Minimum 2, Maximum 10) *in vitro* (Tab. 16). Dabei wurden – quasi multizentrisch – von unterschiedlichen Arbeitsgruppen gleiche Adhäsivsysteme einer Prüfung unterzogen (Tab. 16).

Tabelle 16: Multizentrische Überprüfung der antibakteriellen Wirkung von Dentinadhäsiva

Adhäsivsysteme	Autoren
<i>In die eigenen Untersuchungen einbezogen</i>	
Clearfil Protect Bond	Kitasako et al (2004), Türkün et al. (2005), Gebauer (2006), Feuerstein et al. (2007), Gondim et al. (2008)
Clearfil SE Bond	Kitasako et al (2004), Gebauer (2006), Gondim et al. (2008)
Prime & Bond NT	Atac et al. (2001), Imazato et al. (2002b), Schmalz et al. (2004), Schmidlin et al. (2003)
Syntac Classic	Herrera et al. (2000), Karanika-Kouma et al. (2001)
Xeno III	Türkün et al. (2005), Feuerstein et al. (2007), Gondim et al. (2008)
<i>In die eigenen Untersuchungen nicht einbezogen</i>	
ABF	Özer et al. (2003), Schmalz et al. (2004)
Primer & Bond 2.1	Imazato et al. (2002b), Kuramoto et al. (2005)
Scotchbond 1	Karanika-Kouma et al. (2001), Imazato et al. (2002a)
Liner Bond 2	Imazato et al. (2002a), Kuramoto et al. (2005)
Syntac SC	Imazato et al. 2002a, Schmidlin et al. (2003)
Single Bond	Imazato et al. 2002b, Herrera et al. 2000

Aus dem Vergleich zwischen Tabelle 1 (der vorliegenden Produktauswahl) und Tabelle 16 geht hervor, dass bis heute nur wenige Adhäsivsysteme hinsichtlich ihrer antibakteriellen Eigenschaften untersucht wurden. Die einzige Ausnahme stellt das Adhäsivsystem Clearfil Protect Bond (Kuraray Europe) dar, dessen antibakterielle Eigenschaften vom Hersteller intensiv beworben wird.

Von den in der vorliegenden Studie untersuchten 63 Einzelkomponenten der Adhäsiva (Tab. 4) wiesen lediglich 3 keinerlei antibakterielle Wirkung auf, 7 erwiesen sich gegenüber Streptokokken, Laktobazillen oder Aktinomyzeten als nicht antibakteriell.

17 selbststän-dende Adhäsiva zeigten nach 48 stündiger Bebrütung eine antibakterielle Wirkung im Bakterienrasen. Von 33 Einzelkomponenten zeigte lediglich eine

Komponente (Resulcin AquaPrime+Monobond - Conservans) keinerlei antibakterielle Wirkung und nur eine Komponente (Futura Bond NR - Liquid B) erwies sich ausschließlich gegenüber Aktinomyzeten und Streptokokken als antibakteriell. Bei allen anderen 31 Einzelkomponenten richtete sich die antibakterielle Wirkung gegen alle Indikatorstämme.

Bei den Hemmhofdurchmessern wurden Werte von minimal 12 mm bis maximal 36 mm bei den Streptokokken, von minimal 11,3 mm bis maximal 28 mm bei den Laktobazillen und von minimal 13 mm bis maximal 43 mm bei den Aktinomyzeten registriert (Abb. 3).

Desweiteren wurden von 17 totalätzenden Adhäsiva mit insgesamt 30 Einzelkomponenten nach 48 stündiger Bebrütung bei 10 Einzelkomponenten eine antibakterielle Wirkung gegenüber allen Indikatorstämmen nachgewiesen. Clearfil Photo Bond - Universal wirkte gegenüber Streptokokken, Paama 2 - Primer gegenüber Laktobazillen und Aktinomyzeten, Clearfil New Bond - Universal, Syntac Classic - Heliobond und XP-Bond - Aktivator gegenüber Aktinomyzeten und Streptokokken antibakteriell. Keinerlei antibakterielle Wirkung zeigten die beiden Einzelkomponenten Cumdente Adhesive - Aktivator und Paama 2 - Bond.

Bei den Hemmhofdurchmessern wurden Werte von minimal 10,7 mm bis maximal 31,3 mm bei den Streptokokken, von minimal 10,3 mm bis maximal 22,7 mm bei den Laktobazillen und von minimal 12,3 mm bis maximal 30,7 mm bei den Aktinomyzeten registriert (Abb. 4). Diese Komponenten stammen aus der Gruppe 2 (K+P+A) der Mehrflaschensysteme. Durch beide Systeme - ob Selbst- oder Totalätztechnik - wurden Aktinomyzeten vor Streptokokken und Laktobazillen gehemmt, wobei die deutlich größeren Hemmhöfe von den selbstätzenden Adhäsiva erreicht wurden. Zur Untermauerung der eigenen Ergebnisse kann lediglich die Untersuchung von Türkün et al. (2005) herangezogen werden. In der von dieser Gruppe durchgeführten Studie wurden die selbstätzenden Adhäsiva Xeno III und die Primerflüssigkeit von Clearfil Protect Bond im Agar-Hemmhoftest untersucht. Die registrierten Hemmhöfe auf mit *S. mutans* inokuliertem Mueller-Hilton-Agar betragen nach 48 Stunden Bebrütung bei Xeno III 20 mm und bei der Primerflüssigkeit von Clearfil Protect Bond 35,9 mm bei Reservoirien mit einem Durchmesser von 4 mm. In der eigenen Untersuchungen lag der Durchmesser von Xeno III gegenüber *S. mutans* bei 30 mm und der der Primerflüssigkeit von Clearfil Protect Bond bei 27,7 mm (Anhang Tab. 5).

Das Ausmaß der antibakteriellen Wirkung eines Dentinadhäsivs ist nach Schmalz et al. (2004) abhängig von den Diffusionseigenschaften der Adhäsivbestandteile und der Permeabilität des Dentins. Von besonderer Bedeutung für die Diffusionseigenschaften der Dentinadhäsiva ist die Viskosität, da sie die Eindringtiefe der Inhaltsstoffe bestimmt. So sind einige Adhäsiva visköser als andere und zum Teil auch mit hydrophoben Bestandteilen gefüllt. Große Methacrylate diffundieren deutlich langsamer als kleine, hydrophile Monomere wie z. B. HEMA (Gerzina und Hume 1995, Bouillaguet et al. 1998). Schmalz et al. (2004) untersuchten die Monomere HEMA und TEGDMA als Inhaltsstoffe von Adhäsivsystemen, konnten jedoch keine antibakterielle Wirkung gegenüber *S. mutans*, *S. sobrinus* und *L. acidophilus* feststellen. Auch die flüchtigen Lösungsmittel Aceton und Alkohol hatten keinen Einfluss auf die Antibakterielle Wirkung von Adhäsivsystemen, da sie flüchtig und nach dem verblasen in der präparierten Kavität somit nicht mehr vorhanden sind.

Selbstätzende und Totalätzende Systeme unterscheiden sich in einem Punkt in ihrer Applikation. Während selbstätzende Adhäsiva direkt nach der Kavitätenpräparation aufgetragen werden, geht bei den totalätzenden Adhäsiva die Säurekonditionierung mit 35- bis 40%iger Phosphorsäure voraus. In beiden Fällen befindet sich direkt nach der Kavitätenpräparation mit rotierenden Instrumenten eine iatrogene Schmierschicht bestehend aus Hydroxyalapatiten, Kollagen, Blut- und Speichelbestandteilen und Mikroorganismen aus der Mundhöhle am Kavitätenboden (Eick et al. 1970, Pashley 1984). Die Schmierschicht verringert die Permeabilität des Dentins und reduziert somit die Diffusion von Monomeren (Pashley et al. 1981).

Bei den totalätzenden Adhäsiva wird die Schmierschicht durch Verwendung von 35- bis 40%iger Phosphorsäure entfernt. Zwar zeigten Schmalz et al. (2001), dass sich die Säurekonditionierung auf die oberste Dentinschicht beschränkt, doch die Untersuchungen von Luglié et al. (1998) zeigten eine signifikante Verminderung der am Kavitätenboden verbliebener Mikroorganismen nach Anwendung von 37%iger Phosphorsäure für 10 Sekunden. Nach Abspülen der Säure werden die Einzelkomponenten der totalätzenden Adhäsiva aufgetragen und bilden nach Polymerisation die Hybridschicht aus.

Bei selbstätzenden Adhäsivsystemen entfällt der Schritt der Säurekonditionierung im Sinne der Total-Ätz-Technik. Die Schmierschicht wird hier lediglich modifiziert, wobei Monomere in das Kollagen eindringen und dabei die Schmierschicht mit in die Hybridschicht einpolymerisieren. Bei den selbstätzenden Adhäsiva muss diese

Modifikation der Schmierschicht durch die im Adhäsiv enthaltene Säuren und saure Monomere erfolgen. Der Grund für die Bakterienhemmung dürften übereinstimmend zum Schrifttum (Imazato 2003, Schmidlin et al. 2003, Özer et al. 2003 und Türkün et al. 2005) die niedrigen pH- Werte sein. Um eine adäquate Hybridschicht ausbilden zu können, muss der pH-Wert unter pH 3,0 liegen (Tay und Pashley 2001). Um diesen zu erreichen, kommen vor allem organische Säuren wie Maleinsäure, Carbonsäure und Sulfonsäure zum Einsatz - sie werden teilweise auch bei totalätzenden Adhäsiva mit als Inhaltsstoff angegeben und dürften somit die antibakterielle Wirkung mit auslösen.

Mikroorganismen sind azidophil oder basophil, lieben das saure oder alkalische Millieu und werden umbekehrt durch alkalisches oder saures Millieu in ihrem Wachstum gehemmt. Extrem saure Primer inhibieren deshalb auch basophile Aktinomyzeten am stärksten in ihrem Wachstum und azidophile Laktobazillen wurden im Vergleich dazu am wenigsten unterdrückt. Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen den pH-Wert als einen bedeutsamen antibakteriellen Faktor.

MDP-haltige Adhäsivsysteme wie z.B. Clearfil SE Bond, Clearfil New Bond, Clearfil Liner Bond 2V und Clearfil Photo Bond zeigten in der vorliegenden Studie eine antibakterielle Wirkung im Bakterienrasen der Streptokokken, Laktobazillen und Aktinomyzeten, die zuvor von Gebauer (2006) für Clearfil SE Bond gegenüber Streptokokken nachgewiesen wurde. Auch Imazato et al. (2005) bestätigten eine antibakterielle Wirkung eines MDP-haltigen Adhäsivsystems.

Es gibt Hinweise dafür, dass der antibakterielle Effekt von Adhäsiva auf antibakteriellen Zusätzen, wie MDPB (Imazato et al. 1997, 1999, 2001, 2004 und 2005) und Glutaraldehyd (Scherer et al. 1990, Emilson und Bergenholtz 1993, Herrera et al. 2000, Schmidlin et al. 2003, Walter et al. 2007) basiert. MDPB-haltige Bondingsysteme können nach Kuramoto et al. (2005) einen protektiven antibakteriellen Effekt bei vorhandenem Randspalt haben.

Insgesamt wurde die antibakterielle Wirkung von MDPB-haltigen Adhäsivsystemen *in vitro* bei unterschiedlichem Vorgehen im Bakterienrasen von Laktobazillen, Streptokokken und Aktinomyzeten untermauert:

- Im Reservoir (Özer et al. 2003, Türkün et al. 2005, Feuerstein et al. 2007).
- Auf Papierplättchen polymerisiert und unpolymerisiert (Gondim et al. 2008, Schmalz et al. 2004, Imazato et al. 2005, Türkün et al. 2005, Gebauer 2006).
- Nach Dentinbarriere (Schmalz et al. 2004, Türkün et al. 2005, Gebauer 2006).
- Auf demineralisierten Dentinblöcken (Imazato et al. 2002b, 2005).
- Im Kavitätenmodell (Özer et al. 2003, Türkün et al. 2005).

Innerhalb der selbstätzenden und totalätzenden Adhäsiva kommen Fluoride als Inhaltsstoffe zum Einsatz, deren Bedeutung aber in der Steuerung der Remineralisation zu sehen ist. Von den in dieser Studie untersuchten 34 Adhäsiva enthielten neun Adhäsivsysteme Fluorid als Zusatz.

In der Studie wurde 1%ige Chlorhexidinlösung als Positivkontrolle mitgeführt. Erwartungsgemäß konnte nach Auftragen der Lösung bei den Indikatorstämmen in allen Versuchen konstante Inhibitionszonen registriert werden (Anhang Tab. 4). Von anderen Autoren wurden 0,2 bis 2%iges Chlorhexidin als Positivkontrolle verwendet (inter alia: Herrera et al. 2000, Imazato et al. 2002b, Gebauer 2006, Türkün et al. 2005 und Gondim et al. 2008). Als Negativkontrolle wurde 0,9%ige NaCl-Lösung mitgeführt, die erwartungsgemäß das bakterielle Wachstum nicht beeinflusste.

Welche Inhaltsstoffe – darunter Säuren, Glutaraldehyd, MDPB oder MDP – für die Antibakterielle Wirkung verantwortlich sind, kann hier nicht beantwortet werden. Unterschiede in der Wirksamkeit dürften auch auf die unterschiedliche Zusammensetzung der einzelnen Produkte zurückzuführen sein, die vom Hersteller häufig nicht bekannt gegeben wird. Diesbezüglich besteht auch nicht die Pflicht, niedrige Konzentrationen von einzelnen Substanzen anzugeben.

Da Aktinomyzeten aber am stärksten von der antibakteriellen Wirkung betroffen waren, könnte der pH-Wert eine wichtige Rolle gespielt haben.

7 Schlussfolgerung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es der Frage nachzugehen, inwieweit Dentinadhäsiva durch ihre unterschiedlichen Inhaltsstoffe auch in der Lage sind, am Kavitätenboden restierende Keime antibakteriell zu beeinflussen. Der Agar-Hemmhoftest sollte Verwendung finden und relevante Stämme von Streptokokken, Laktobazillen und Aktinomyzeten.

Jedes der in der vorliegenden Studie untersuchten 34 Adhäsivsysteme erwies sich *in vitro* als antibakteriell. Lediglich drei Einzelkomponenten wiesen keinerlei antibakterielle Wirkung auf. Azidogene und azidurische Keime wurden am wenigsten im Wachstum unterdrückt (Streptokokken > Laktobazillen) und basophile Keime (Aktinomyzeten) am stärksten. Neben antibakteriellen Inhaltsstoffen wie Glutaraldehyd und MDPB dürfte vor allem der niedrige pH-Wert der Adhäsiva für die antibakterielle Wirkung verantwortlich sein. Die Primer mit ihrem niedrigen pH-Wert wirkten auch signifikant stärker antibakteriell als die übrigen Adhäsivsystemkomponenten.

Die zu Studienbeginn formulierten Arbeitshypothesen, (1) dass antibakterielle Inhaltsstoffe von Dentinadhäsiva in den Agar diffundieren und der Agar-Hemmhoftest methodisch zur Klärung der aufgeworfenen Fragen geeignet ist, (2) dass Dentinadhäsiva aufgrund ihrer Zusammensetzung mehrheitlich antibakteriell wirken und (3) azidogene Keime (Streptokokken, Laktobazillen) weniger betroffen sind als basophile Keime (Aktinomyzeten) konnten untermauert werden.

Der Zahnarzt kann folglich bei nahezu allen hier untersuchten Einzelkomponenten der Dentinadhäsiva von einer antibakteriellen Wirkung ausgehen.

8 Literaturverzeichnis

1. Atac AS, Cehreli Z, Sener B. 2001. Bacterial activity of fifth-generation dentin bonding systems. *J Endod*, 27:730-733.
2. Bößmann K, Haupt A, Müller-Hermelink HK, Hoppe WF. 1977. Elektronenmikroskopischer Nachweis von Mitochondrien in Odontoblastenfortsätzen des Dentins von Rattenmolaren. *Dtsch Zahnärztl Z*, 32:421-424.
3. Bauer AW, Kirby WM, Sherris JC, Turck M. 1966. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single method. *Am J Clin Pathol*, 45:493-496.
4. Bjørndal L, Larsen T, Thylstrup A. 1997. A clinical and microbiological study of deep carious lesions during stepwise excavation using long treatment intervals. *Caries Res*, 31:411-417.
5. Bjørndal L, Larsen T. 2000. Changes in the cultivable flora in deep carious lesions following a stepwise excavation procedure. *Caries Res*, 34:502-508.
6. Black GV. 1914. *Konservierende Zahnheilkunde*. Berlin: Meusser Verlag.
7. Blunck U. 2004. Sichere Langzeitergebnisse bei Einhaltung der Arbeitsschritte. *DZW-Spezial*, 3:6-13.
8. Blunck U. 2005. Marktübersicht Adhäsivsysteme. *Zahn Praxis*, 8:14-24.
9. Blunck U. 2007. Adhäsivsysteme - Übersicht und Hinweise zur Anwendung. *wissen kompakt*, 3:15-26.
10. Bondi A, Spauling H, Smith D. 1947. A routine method for the rapid determination of susceptibility to penicillin and other antibiotics. *Amer J Med Sci*, 213:221-225.
11. Bouillaguet S, Virgillito M, Wataha J, Ciucchi B, Holz J. 1998. The influence of dentine permeability on cytotoxicity of four dentine bonding systems, in vitro. *J Oral Rehab*, 25:45-51.
12. Buonocore MG. 1955. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materialsto enamel surfaces. *J Dent Res*, 34 (6):849-853.
13. Charlton DG. 1996. Dentin bonding: Past and present. *General Dentistry*, 44:498-507.
14. Dietschi D, DeSiebenthal G, Neveu-Rosenstand L, Holz J. 1995. Influence of the restorative technique and new adhesives on the dentin marginal seal and adaptation of resin composite Class II restorations; an in vitro evaluation. *Quintessence int*, 26:717-726.

15. Dietschi D, Herzfeld D. 1998. In vitro evaluation of marginal and internal adaptation of Class II resin composite restorations after thermal and occlusal stressing. *Eur J Oral Sci*, 106:1033-1042.
16. Edwardsson S. 1974. Bacteriological studies on deep areas of carious dentine. *Odontol. Revy*, 25:(32):1-143.
17. Eick JD, Wilko RA, Anderson CH, Sorensen SE. 1970. Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J Dent Res*, 49:1359-1368.
18. Emilson CG. 1977. Susceptibility of various microorganisms to chlorhexidine. *Scand J Dent Res*, 85:255-265.
19. Emilson CG, Bergenholtz G. 1993. Antibacterial activity of dentinal bonding agents. *Quintessence Int*, 24:511-515.
20. Erickson RL. 1994. Oberflächen-Interaktionen von Dentin-Adhäsiv-Materialien. *Phillip J*, 11:149-158.
21. Ernst CP. 2001. Was Sie schon immer über Dentinadhäsive wissen wollten. *Magazin für Zahnheilkunde, Management und Kultur*, 17:254-269.
22. Fraga RC, Siqueira JF, de Uzeda M. 1996. In vitro evaluation of antibacterial effects of photo-cured glass ionomer liners and dentin bonding agents during setting. *J Prosthet Dent*, 76:483-486.
23. Feuerstein O, Matalon S, Slutzky H, Weiss EI. 2007. Antibacterial properties of self-etching dental adhesive systems. *JADA*, 138: 349-354.
24. Frankenberger R, Sindel J, Krämer N. 1997. Beeinflussen Dentinadhäsive und ihre Applikatoren die Schmelzhaftung? *Dtsch Zahnärztl Z*, 52:202-205.
25. Frankenberger R, Sindel J, Krämer N, Oberschachtsiek H, Petschelt A. 1998. Die Langzeitstabilität des Komposit-Dentinverbundes nach Total Etching. *Dtsch Zahnärztl Z*, 53:697-700.
26. Gaberoglio R, Brännström M. 1976. Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol*, 21:355-362.
27. Gebauer M. 2006. Die Zeitabhängigkeit der antibakteriellen Wirkung von zahnärztlichen Bonding-Systemen. [Dissertation]. Regensburg: Universität Regensburg.
28. Gerzina TM, Hume WR. 1995. Effect of hydrostatic pressure on the diffusion of monomers through dentin in vitro. *J Dent Res* 74: 369-373.
29. Gondim JO, Duque C, Hebling J, Giro E. 2008. Influence of human dentine on the antibacterial activity of self-etching adhesive systems against cariogenic bacteria. *J of Dentistry*, 36:241-248.

30. Haller B. 1992. Aktueller Stand der Komposit-Dentinhaftung. Zahnärztl Mitt, 82:86-97.
31. Haller B. 1994. Mechanismus und Wirksamkeit von Dentinhaftvermittlern. Dtsch Zahnärztl Z, 49: 750-759.
32. Haller B, Windsheimer U, Hofmann N, Klaiber B. 1995. Selektive Schmelzätzung oder Total Etching? Dsch Zahnärztl Z, 50:824-827.
33. Haller B. 1997. Einkomponenten-Adhäsive – Aktueller Entwicklungsstand. Dtsch Zahnärztkalender. München: Hanser, 169-188.
34. Haller B, Blunck U. 2003. Übersicht und Wertung der aktuellen Bondingsysteme. Zahnärztl Mitt, 93:808-818.
35. Heidemann D, Hellwig E, Hickel R, Klaiber B und Steahle, HJ. 2003. Direkte Kompositrestauration – Erweiterte Anwendung im Front- und Seitenzahngbiet. Dtsch Zahnärztl Z, 58:387-388.
36. Hellwig E, Klimek J, Attin T. 2003. Einführung in die Zahnerhaltung. Dritte Aufl. München, Jena: Urban und Fischer Verlag, 3-6.
37. Herrera M, Carrión P, Bravo M, Castillo A. 2000. Antibacterial activity of four dentin bonding systems. Int J Antimicrob Agents, 15:305-309.
38. Heymann HO, Bayne SC. 1993. Current concepts in dentin bonding. J Am Dent Assoc, 124:27-36.
39. Hickel R. 1997. Moderne Füllungswerkstoffe. Dtsch Zahnärztl Z, 52:572-585.
40. Hickel R, Ernst HP, Haller B, Hugo B, Kunzelmann KH, Merte K, Ott K, Schmalz G, Staehle HJ. 2005. Direkte Kompositrestauration im Seitenzahnbereich – Indikation und Lebensdauer. Dtsch Zahnärztl Z, 60:543-545.
41. Hoppe WF, Stüben J. 1965. Über die Messung des Volumens der Dentinkanälchen und über das Verhältnis des Kanalvolumens zum Gesamtdentinvolumen. Stoma, 18:38-45.
42. Imazato S, Kinomoto Y, Tarumi H, Torii M, Russell RR, McCabe JF. 1997. Incorporation of antibacterial monomer MDPB into dentin primer. J Dent Res, 76(3):768-772.
43. Imazato S, Ehara A, Torii M, Ebisu S. 1998. Antibacterial activity of dentine primer containing MDPB after curing. J Dent, 26(3):267-271.
44. Imazato S, Ebi N, Tarumi H, Russell RRB, Kaneko T, Ebisu S. 1999. Bactericidal activity and cytotoxicity of antibacterial monomer MDPB. Biomaterials, 20:899-903.

45. Imazato S, Torii Y, Takatsuka T, Inoue K, Ebi N, Ebisu S. 2001. Bactericidal effect of dentin primer containing antibacterial monomer methacryloyloxydodecylpyridinium bromide (MDPB) against bacteria in human carious dentin. *J Oral Rehabil*, 28:314-319.
46. Imazato S, Walls A, Kuramoto A, Ebisu S. 2002a. Penetration of antibacterial dentine-bonding system into demineralized human root dentine in vitro. *Eur J Oral Sci*, 110:168-174.
47. Imazato S, Kuramoto A, Kaneko T, Ebisu S, Russell RR. 2002b. Comparison of antibacterial activity of simplified adhesive systems. *Am J Dent*, 15:356-360.
48. Imazato S. 2003. Antibacterial properties of resin composites and dentin bonding systems. *Dent Mater* 19:449-57.
49. Imazato S, Kaneko T, Takahashi Y, Noiri Y, Ebisu S. 2004. In vivo antibacterial effects of dentin primer incorporating MDPB. *Oper Dent*, 29:369-375.
50. Imazato S, Kuramoto A, Takahashi Y, Ebisu S, Peters MC. 2005. In vitro antibacterial effects of the dentin primer of Clearfil Protect Bond. *Dent Mat*, 22:527-532.
51. Karanika-Kouma A, Dionysopoulos P, Koliniotou-Koubia E, Kolokotronis A. 2001. Antibacterial properties of dentin bonding systems, polyacid-modified composite resins and composite resins. *J Oral Rehabil*, 28:157-160.
52. Kidd E.A, Jouston-Bechal S, Beighton D. 1993. The use of a caries detector dye during cavity preparation: a microbiological assessment. *Br Dent J*, 174:245-248.
53. Kitasako Y, Senpuku H, Foxton RM, Hanada N, Tagami J. 2004. Growth-inhibitory effect of antibacterial self-etching primer on mutans streptococci obtained from arrested carious lesions. *J Esthet Restor Dent*, 16(3):176-182.
54. Kneist S, Heinrich R, Künzel W. 1989. Mikrobielle Besiedelung kariöser Progressionstadien im Dentin menschlicher Zähne – eine kontrollierte Therapiestudie. *Ztb Bakt Hyg* 26: 385-395.
55. Kneist S, Heinrich R, Künzel W. 1990. Mikrobielle Besiedelung des pulpanahen Dentins bleibender Zähne nach Caries-profunda-Therapie. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd*, 78:695-698.
56. Kuramoto A, Imazato S, Walls AWG, Ebisu S. 2005. Inhibition of root caries progression by an antibacterial adhesive. *J Dent Res*, 84(1):89-93.
57. Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. 1987. Buonocore memorial lecture. Evaluation of clinical performance for posterior composite resins and dentine adhesives. *Oper dent*, 12:53-78.

58. Link F. 2010. Zur antibakteriellen Wirkung von Adhäsivsystemen im Dentin-Agar-Hemmhoftest [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.
59. Luglié PF, Delitala PP, Zanetti S, Sanna S. 1998. An in-vivo bacteriological study on the effects of acid etching at the bottom of cavities. *Minerva Stomatol*, 42:19-26.
60. Lutz F, Krejci I, Schupbach P. 1993. Adhäsivsysteme für zahnfarbene Restaurationen. Eine Übersicht. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 103:537-549.
61. Manhart J. 2000. Schmelz- und Dentinadhäsive: Überblick, Einflussfaktoren, Trends. *COLLEGmagazin, Zahnarzt-Wirtschaft-Praxis*, 6:136-141.
62. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. 1982. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mat*, 16:265-273.
63. Ohmori K, Maeda N, Kohno A. 1999. Evaluation of antibacterial activity of three dentin primers using an in vitro tooth model. *Oper Dent*, 24:279-285.
64. Özer F, Karakaya S, Ünlü N, Erganis O, Kav K, Imazato S. 2003. Comparison of antibacterial activity of two dentin bonding systems using agar well technique and tooth cavity model. *J Dent*, 31:111-116.
65. Pashley DH, Michelich V, Kehl T. 1981. Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent*, 46:531-537.
66. Pashley DH. 1984. Smear layer: physiological considerations. *Oper Dent*, 3:13-29.
67. Pashley DH, Ciucci B, Sano H. 1994. Dentin as a bonding substrate. *Dtsch Zahnärztl Z*, 49:760-763.
68. Pioch T. 2001. Das Phänomen der Nanoleakage am Komposit-Dentin-Übergang bei Anwendung von Adhäsiven. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 111:725-732.
69. Schäfer E. 1999a. Geschichtliche Entwicklung, Klassifizierung und Haftungsmechanismen der Dentinadhäsive. Teil 1: Grundlagen der Dentinadhäsion und Adhäsive der 1. bis zur 3. Generation. *ZWR*, 4:218-225.
70. Schäfer E. 1999b. Geschichtliche Entwicklung, Klassifizierung und Haftungsmechanismen der Dentinadhäsive. Teil 2: Von der Einführung der 4. Generation bis zu den sogenannten Ein-Schicht-Adhäsiven. *ZWR*, 5:306-311.
71. Schäfer E. 1999c. Geschichtliche Entwicklung, Klassifizierung und Haftungsmechanismen der Dentinadhäsive. Teil 3: Aktuelle Konzepte der Dentinadhäsion. *ZWR*, 6:390-396.

72. Scherer W, Cooper H, Antonelli J. 1990. Antimicrobial properties of dental dentin-enamel adhesives. *J Esthet Dent*, 2:140-141.
73. Schmalz G, Ergücü Z, Hiller KA. 2004. Effect of dentin on the antibacterial activity of dentin bonding agents. *J Endod*, 30:352-358.
74. Schmalz G, Geurtsen W, Arenholt-Bindslev D. 2006. Die Biokompatibilität von Komposit-Kunststoffen. *Zahnärztl Mitt*, 3:34-42.
75. Schmidlin OA, Zehnder M, Schmidlin PR. 2003. Effectiveness of dentine bonding agents against cariogenic bacteria in vitro: a comparison of two methods. *Oral Microbiol Immunol*, 18:140-143.
76. Schroeder HE. 1992. *Orale Strukturbiologie*. 4. überarbeitete Aufl. Stuttgart: Thieme-Verlag.
77. Söderholm KJM. 1995. Does resin based dentin bonding work? *Int Dent J*, 45:371-381.
78. Staehle HJ, Koch MJ. 1997. Anwendung aldehydfreisetzender zahnärztlicher Materialien. *Dtsch Zahnärztl Z*, 52:773-773.
79. Suzuki T, Finger WJ. 1988. Dentin adhesives: site of dentin vs. Bonding of composite resins. *Dent Mater*, 4:379-383.
80. Tay FR, Pashley DH. 2001. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater*, 17:296-308.
81. Tay FR, Ehrensberger C. 2003. Dentinadhäsive – Status und Zukunft. *Magazin für Zahnheilkunde, Management und Kultur*, 19:432-435.
82. Türkün LS, Ates M, Türkün M, Uzer E. 2005. Antibacterial activity of two adhesive systems using various microbiological methods. *J Adhes Dent*, 7:315-320.
83. Walter R, Duarte WR, Pereira PNR, Heymann HO, Swift Jr EJ. 2007. In vitro inhibition of bacterial growth using different dental adhesive systems. *Oper Dent*, 32-4:388-393.
84. Weiss EI, Shalhav M, Fuss Z. 1996. Assessment of antibacterial activity of endodontic sealers by a direct contact test. *Endod Dent Traumatol*, 12(4):179-84.
85. Wollmarker BD. 1999. Das Spektrum der adhäsiven Restaurationsmöglichkeiten. *Magazin für Zahnheilkunde, Management und Kultur*, 5:274-276.

9 Anhang

Tabelle 1: Batch-Nummern und Verfallsdatum der getesteten Adhäsiva

Hersteller	Produktname	Batch – Nr.	Verfallsdatum
Coltène® Whaledent	A.R.T. BOND	LOT 0116308	2009 – 02
	ONE COAT BOND	LOT 0111669	2009 – 08
	One Coat Self-Etching Bond	LOT 0115951	2009 – 02
Cumdente	Cumdente Adhesive Activator	LOT 5610656	2008 - 12
	Adhesive	LOT 5605383	2008 - 09
Dentsply	XP- Bond	LOT 0608001886	2008 - 03
	Xeno® III	LOT 0604002120	2008 - 02
	Prime&Bond® NT	LOT 0606002208	2009 - 03
DMG GmbH	Ecusit® -Primer Mono	LOT 564001	2009 - 03
	Contax®	LOT 579517	2009 - 02
	TECO®	LOT 582047	2009 - 03
GC EUROPE N.V.	G-BOND™	LOT 0703081	2009 - 03
Heraeus Kulzer	iBond	LOT 010080	2008 - 04
	GLUMA® Solid Bond	LOT 261002	2008 - 10
	Syntac Classic	LOT H28657	2008 - 01
Ivoclar Vivadent	Excite®	LOT G09632	2006 - 10
	AdheSE®		
	OptiBond® All In One	LOT 2712376	2008 - 06
Kerr	OptiBond® FL	LOT 2709121	2008 - 04
	CLEARFIL™ SE Bond	LOT 41514	2008 - 11
	CLEARFIL® NEW BOND	LOT 41215	2009 - 01
Kuraray Europe	CLEARFIL® PHOTO BOND	LOT 41205	2009 – 01
	CLEARFIL® LINER BOND 2V	LOT 41134	2008 – 10
	CLEARFIL PROTECT BOND	LOT 61112	2005 – 12
	artCem® One	LOT 5505841	2008 - 12
	Resulcin® AquaPrime + MonoBond	LOT 571995	2008 – 08
3M Espe	Adper Scotchbond MP	LOT 20060621	2009 - 02
SDI Southern Dental	frog	LOT 068948	2008 - 08
	paama 2	LOT 070085	2008 - 12
	go	LOT 061205	2008 - 12
	Solobond M	LOT 700451	2009 - 05
VOCO GmbH	Futurabond NR	LOT 480398	2006 - 10
	Futurabond DC	LOT 710496	2009 - 02
	Solobond Plus	LOT 691841	2008 - 12
	Admira Bond	LOT 700902	2009 – 04

Tabelle 2: Artikelnummern der verwendeten farbfixierten Indikatorstäbchen.

Produktname	pH- Bereich	Artikelnummer
pH- Fix	0,3 – 2,3	Art. 92180
pH- Fix	1,7 – 3,8	Art. 92190
pH- Fix	3,6 – 6,1	Art. 92130
pH- Fix	5,1 – 7,2	Art. 92140
pH- Fix	7,5 – 9,5	Art. 92160

Tabelle 3: Wachstumshemmung (in mm) durch 20%ige und 35- bis 37%ige Phosphorsäure bei ausgewählten Mikroorganismen

Taxon	20%ige Phosphorsäure	35- bis 37%ige Phosphorsäure
<i>S. sanguinis</i> OMZ 9S	36	36
<i>S. sobrinus</i> OMZ 176 (d)	37	44
<i>S. mutans</i> NCTC 10449	36	40
<i>L. casei</i> IMET 10692	33	34
<i>L. coryniformis</i> DSMZ 2000142		43
<i>L. plantarum</i> DSMZ 2601	27	32
<i>A. odontolyticus</i> R22/580	37	48
<i>A. israelii</i> IMET 10972	50	60
<i>A. naeslundii</i> ATCC 27044	39	46

Tabelle 4: Wachstumshemmung (in mm) durch 1%iges Chlorhexidin, physiologische Kochsalzlösung (NaCl) und 37%ige Phosphorsäure nach Spülung

Taxon	1%iges Chlorhexidin		NaCl	37%ige Phosphorsäure Dentinscheibe (Spülung)
	Filterpapier	Dentinscheibe		
<i>S. sanguinis</i> OMZ 9S	29	26	0	0
<i>S. sobrinus</i> OMZ 176 (d)	27	23	0	0
<i>S. mutans</i> NCTC 10449	25	32	0	0
<i>L. casei</i> IMET 10692	22	20	0	0
<i>L. coryniformis</i> DSMZ 2000126		21	0	0
<i>L. plantarum</i> DSMZ 2601	26	0	0	0
<i>A. odontolyticus</i> R22/580	32	25	0	0
<i>A. israelii</i> IMET 10972	13	32	0	0
<i>A. naeslundii</i> ATCC 27044	23	26	0	0

Tabelle 5: Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Streptokokken** (*S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* 9S) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter **selbstätzender Adhäsiva**

Selbstätzende Adhäsiva Komponenten	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
KPA				
artCem One	25	32	27,7	3,8
G-BOND	17	18	17,3	0,6
go	14	16	15,0	1,0
iBond	22	26	24,7	2,3
OptiBond All In One	20	23	21,7	1,5
Xeno III				
¹ Liquid A	16	24	19,7	4,0
¹ Liquid B	26	31	28,0	2,6
Gemisch	24	34	30,0	5,3
KP+A				
AdheSE				
Primer	30	33	31,0	1,7
Bond	16	30	22,7	7,0
A.R.T. BOND				
Primer A	14	17	15,3	1,5
¹ Primer B	19	32	26,0	6,6
¹ Bond	14	21	17,0	3,6
Gemisch	14	21	17,0	3,6
CLEARFIL PROTECT Bond				
Primer	26	30	27,7	2,1
Bond	17	20	18,7	1,5
CLEARFIL SE Bond				
Primer	22	23	22,3	0,6
Bond	12	20	15,0	4,4
Contax				
Primer	20	22	21,3	1,6
Bond	18	24	21,3	3,1
Futurabond DC				
¹ Liquid 1	23	24	23,7	0,6
¹ Liquid 2	10	19	14,0	4,6
Gemisch	23	23	23,0	0,0
Futurabond NR				
¹ Liquid A	23	30	26,0	3,6
¹ Liquid B	11	20	14,7	4,7
Gemisch	25	28	26,0	1,7

¹Komponenten wurden gemischt

Fortsetzung Tabelle 5: Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Streptokokken** (*S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* 9S) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter **selbstätzender Adhäsiva**

Selbstätzende Adhäsiva Komponenten	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
KP+A				
frog				
Primer	19	21	20,0	1,0
Bond	14	17	15,3	1,6
One Coat Self- Etching Bond				
Primer	18	43	30,3	12,5
Bond	14	28	19,7	7,4
Resulcin AquaPrime+MonoBond				
MonoBond	10	19	15,0	4,6
AquaPrime	32	41	36,0	4,6
Conservans	10	10	10,0	0,0
CLEARFIL LINER BOND				
¹ Primer A	22	24	22,7	1,2
¹ Primer B	22	28	24,7	3,1
¹ Bond A	12	21	16,0	4,6
¹ Bond B	10	13	11,7	1,5
Gemisch Primer	24	27	25,7	1,5
Gemisch Bond	15	23	18,0	4,4

¹Komponenten wurden gemischt

KPA (selbstätzendes Adhäsiv im Einfläschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

KP+A (selbstätzendes Adhäsiv im Mehrfläschensystem, Konditionierer+Primer und Adhäsiv)

Tabelle 6: Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Laktobazillen** (*L. casei* IMET 10692, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. plantarum* DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter **selbststützender Adhäsiva**

Selbststützende Adhäsiva Komponenten	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
KPA				
artCem One	10	28	16,3	10,1
G-BOND	10	17	14,7	4,0
go	12	13	12,7	0,6
iBond	23	24	23,3	0,6
Optibond All In One	10	14	11,3	2,3
Xeno III				
¹ Liquid A	14	28	20,7	7,0
¹ Liquid B	24	25	24,3	0,6
Gemisch	24	32	26,7	4,6
KP+A				
AdheSE				
Primer	25	29	27,3	2,1
Bond	10	25	16,7	7,6
A.R.T. BOND				
¹ Primer A	12	12	12,0	0,0
¹ Primer B	14	30	20,3	8,5
Bond	10	14	12,0	2,0
Gemisch	10	14	12,0	2,0
CLEARFIL PROTECT Bond				
Primer	17	19	17,7	1,2
Bond	10	18	13,0	4,4
CLEARFIL SE Bond				
Primer	17	24	19,7	3,8
Bond	14	22	16,7	4,6
Contax				
Primer	12	16	14,3	2,1
Bond	12	17	14,6	1,5
Futurabond DC				
¹ Liquid 1	17	23	20,3	3,1
¹ Liquid 2	10	15	12,3	2,5
Gemisch	16	20	18,3	2,1
Futurabond NR				
¹ Liquid A	21	24	23,0	1,7
¹ Liquid B	10	10	10,0	0,0
Gemisch	18	24	21,3	3,1

¹Komponenten wurden gemischt

Fortsetzung Tabelle 6: Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Laktobazillen** (*L. casei* IMET 10692, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. plantarum* DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter **selbstätzender Adhäsiva**

Selbstätzende Adhäsiva Komponenten	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
KP+A				
frog				
Primer	13	16	14,7	1,5
Bond	11	14	12,3	1,5
One Coat Self- Etching Bond				
Primer	21	25	22,7	2,1
Bond	13	19	15,0	3,5
Resulcin AquaPrime+MonoBond				
MonoBond	10	17	12,3	4,0
AquaPrime	25	28	26,7	1,5
Conservans	10	10	10,0	0,0
CLEARFIL LINER BOND				
¹ Primer A	18	25	20,7	3,8
¹ Primer B	15	22	19,3	3,8
¹ Bond A	16	24	20,7	4,2
¹ Bond B	10	12	11,3	1,2
Gemisch Primer	24	39	29,3	8,4
Gemisch Bond	15	16	15,3	0,6

¹Komponenten wurden gemischt

KPA (selbstätzendes Adhäsiv im Einfläschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

KP+A (selbstätzendes Adhäsiv im Mehrfläschensystem, Konditionierer+Primer und Adhäsiv)

Tabelle 7: Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Aktinomyzeten** (*A. odontolyticus* R22/580, *A. israelii* IMET 10972, *A. naeslundii* ATCC 2744) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter **selbstätzender Adhäsiva**

Selbstätzende Adhäsiva Komponenten	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
KPA				
artCem One	20	25	21,7	2,9
G-BOND	22	32	28,3	5,5
go	14	30	21,3	8,1
iBond	22	27	24,3	2,5
OptiBond All In One	19	30	25,0	5,6
Xeno III				
¹ Liquid A	18	28	21,7	5,5
¹ Liquid B	25	31	28,0	3,0
Gemisch	32	42	35,7	5,5
KP+A				
AdheSE				
Primer	28	34	31,0	3,0
Bond	13	24	19,3	5,7
A.R.T. BOND				
¹ Primer A	12	14	13,0	1,0
¹ Primer B	20	32	26,7	6,1
Bond	16	25	20,0	4,6
Gemisch	16	25	20,0	4,6
CLEARFIL PROTECT Bond				
Primer	20	38	27,7	9,3
Bond	17	34	26,0	8,5
CLEARFIL SE Bond				
Primer	17	35	28,7	10,1
Bond	10	29	21,3	10,0
Contax				
Primer	15	21	18,7	3,2
Bond	19	45	29,0	14,0
Futurabond DC				
¹ Liquid 1	21	30	25,0	4,6
¹ Liquid 2	15	23	17,7	4,6
Gemisch	24	31	28,3	3,8
Futurabond NR				
¹ Liquid A	33	35	33,7	1,2
¹ Liquid B	10	12	10,7	1,2
Gemisch	29	33	31,0	2,0

¹Komponenten wurden gemischt

Fortsetzung Tabelle 7: Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Aktinomyzeten** (*A. odontolyticus* R22/580, *A. israelii* IMET 10972, *A. naeslundii* ATCC 2744) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter **selbstätzender Adhäsiva**

Selbstätzende Adhäsiva Komponenten	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
KP+A				
frog				
Primer	14	23	19,7	5,0
Bond	15	25	19,7	5,0
One Coat Self- Etching Bond				
Primer	14	26	20,7	6,1
Bond	10	17	13,3	3,5
Resulcin AquaPrime+MonoBond				
MonoBond	18	21	19,7	1,5
AquaPrime	40	45	43,3	2,9
Conservans	10	10	10,0	0,0
CLEARFIL LINER BOND				
¹ Primer A	19	35	27,0	8,0
¹ Primer B	10	29	21,3	10,0
¹ Bond A	13	19	15,7	3,1
¹ Bond B	10	12	11,3	1,2
Gemisch Primer	32	45	39,0	6,6
Gemisch Bond	19	26	22,0	3,6

¹Komponenten wurden gemischt

KPA (selbstätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

KP+A (selbstätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer und Adhäsiv)

Tabelle 8: Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Streptokokken** (*S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* 9S) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter **totalätzender Adhäsiva**

Totalätzende Adhäsiva Komponenten	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
K+PA				
Admira Bond	12	15	13,0	1,7
Excite	18	21	19,3	1,5
ONE COAT BOND	19	23	21,7	2,3
Prime&Bond NT	11	20	14,3	4,9
Solobond M	10	15	12,3	2,5
TECO	20	22	21,0	1,0
CLEARFIL NEW BOND				
¹ Catalyst*	20	28	23,0	4,4
¹ Universal	10	12	10,7	1,2
Gemisch	14	18	15,7	2,1
CLEARFIL PHOTO BOND				
¹ Catalyst*	19	20	19,7	0,6
¹ Universal	10	14	12,3	2,1
Gemisch	20	20	20,0	0,0
Cumdense Adhesive				
Activator*	10	10	10,0	0,0
Adhesive	16	22	19,7	3,2
XP -Bond				
Activator*	10	23	15,0	7,0
Bond	19	38	31,3	10,7
K+P+A				
Adper Scotchbond MP				
Primer	22	25	23,7	1,5
Adhesive	18	23	19,7	2,9
Ecusit – Primer Mono				
¹ Primer A	21	33	26,3	6,1
¹ Primer B	24	30	27,0	3,0
Mono	14	20	16,0	3,5
Gemisch	19	26	22,7	3,5
GLUMA Solid Bond				
Liquid A	22	29	25,0	3,6
Liquid B	18	19	18,7	0,6
OptiBond FL				
Primer	20	23	21,0	1,7
Adhesive	13	17	15,3	2,1

* Kein Primer, ¹Komponenten wurden gemischt

Fortsetzung nächste Seite

Fortsetzung Tabelle 8: Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Streptokokken** (*S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* 9S) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter **totalätzender Adhäsiva**

Totalätzende Adhäsiva Komponenten	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
K+P+A				
paama 2				
Primer	12	15	13,7	1,5
Bond	10	10	10,0	0,0
Solobond Plus				
Primer	16	19	17,7	1,5
Adhesive	12	13	12,7	0,6
Syntac Classic				
Primer	22	28	24,7	3,1
Adhesive	19	21	20,0	1,0
Heliobond	13	13	13,0	0,0

K+PA (totalätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer und Primer+Adhäsiv)

K+P+A (totalätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

Tabelle 9: Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Laktobazillen** (*L. casei* IMET 10692, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. plantarum* DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter **totalätzender Adhäsiva**

Totalätzende Adhäsiva Komponenten	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
K+PA				
Admira Bond	10	10	10,0	0,0
Excite 13	14	13,7	0,6	
ONE COAT BOND	14	16	14,7	1,2
Prime&Bond NT	10	12	11,0	1,0
Solobond M	10	11	10,3	0,6
TECO 10	30	18,0	10,5	
CLEARFIL NEW BOND				
¹ Catalyst* 22		24	22,7	1,2
¹ Universal 10		10	10,0	0,0
Gemisch 18		25	21,7	3,5
CLEARFIL PHOTO BOND				
¹ Catalyst* 17		21	19,0	2,0
¹ Universal 10		10	10,0	0,0
Gemisch 20		24	21,7	2,1
Cumdense Adhesive				
Activator* 10		10	10,0	0,0
Adhesive 10		14	12,0	2,0
XP -Bond				
Activator* 10		10	10,0	0,0
Bond 14		19	17,0	2,6
K+P+A				
Adper Scotchbond MP				
Primer 15		21	17,3	3,2
Adhesive 10		14	11,3	2,3
Ecusit – Primer Mono				
¹ Primer A 15		17	15,6	1,2
¹ Primer B 14		19	16,3	2,5
Mono 14		18	16,3	2,1
Gemisch 15		17	16,3	1,2
GLUMA Solid Bond				
Liquid A 16		21	19,0	2,6
Liquid B 10		20	13,3	5,8
OptiBond FL				
Primer 16		19	17,0	1,7
Adhesive 10		20	13,3	5,8

* Kein Primer, ¹Komponenten wurden gemischt

Fortsetzung nächste Seite

Fortsetzung Tabelle 9: Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Laktobazillen** (*L. casei* IMET 10692, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. plantarum* DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter **totalätzender Adhäsiva**

Totalätzende Adhäsiva Komponenten	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
K+P+A				
paama 2				
Primer	10	10	10,0	0,0
Bond	10	10	10,0	0,0
Solobond Plus				
Primer	12	15	13,0	1,7
Adhesive	10	11	10,3	0,6
Syntac Classic				
Primer	15	16	15,3	0,6
Adhesive	17	20	18,7	1,5
Heliobond	10	10	10,0	0,0

K+PA (totalätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer und Primer+Adhäsiv)

K+P+A (totalätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

Tabelle 10: Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Aktinomyzeten** (*A. odontolyticus* R22/580, *A. israelii* IMET 10972, *A. naeslundii* ATCC 2744) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter **totalätzender Adhäsiva**

Totalätzende Adhäsiva Komponenten	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
K+PA				
Admira Bond	12	19	15,0	3,6
Excite	20	22	20,7	1,2
ONE COAT BOND	14	26	18,3	6,7
Prime&Bond NT	15	28	19,3	7,5
Solobond M	17	22	19,7	2,5
TECO	23	37	30,7	7,1
CLEARFIL NEW BOND				
¹ Catalyst* 24		31	28,3	3,8
¹ Universal 10		17	12,3	4,0
Gemisch 27		35	32,3	4,6
CLEARFIL PHOTO BOND				
¹ Catalyst* 20		24	22,0	2,0
¹ Universal 10		10	10,0	0,0
Gemisch 27		45	37,0	9,2
Cumdense Adhesive				
Activator* 10		10	10,0	0,0
Adhesive 21		35	25,7	8,1
XP -Bond				
Activator* 10		28	17,7	9,3
Bond 15		29	22,7	7,1
K+P+A				
Adper Scotchbond MP				
Primer 23		25	23,7	1,2
Adhesive 18		24	20,7	3,1
Ecusit –Primer Mono				
¹ Primer A 21		25	22,7	2,1
¹ Primer B 19		43	29,3	12,3
Mono 18		27	21,3	5,0
Gemisch 26		39	32,3	6,5
GLUMA Solid Bond				
Liquid A 24		29	26,0	2,6
Liquid B 20		22	21,3	1,2
Optibond FL				
Primer 25		40	30,0	8,7
Adhesive 17		24	20,3	3,5

* Kein Primer, ¹Komponenten wurden gemischt

Fortsetzung nächste Seite

Fortsetzung Tabelle 10: Mittlere Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Aktinomyzeten** (*A. odontolyticus* R22/580, *A. israelii* IMET 10972, *A. naeslundii* ATCC 2744) im Agar-Hemmhoftest durch Einzelkomponenten ausgewählter **totalätzender Adhäsiva**

Totalätzende Adhäsiva Komponenten	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
K+P+A				
paama 2				
Primer	10	15	13,3	2,9
Bond	10	10	10,0	0,0
Solobond Plus				
Primer	18	30	22,7	6,4
Adhesive	10	21	15,0	5,6
Syntac Classic				
Primer	22	33	26,3	5,9
Adhesive	20	22	20,7	1,2
Heliobond 15		24	18,3	4,9

K+PA (totalätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer und Primer+Adhäsiv)

K+P+A (totalätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

Tabelle 11: Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Streptokokken** (*S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* 9S) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter **selbstätzender Adhäsiva**

Selbstätzende Adhäsiva Komponentenpaare	Mittelwert	p-Wert
KPA		
Xeno III		
Liquid A	19,7	0,01
Liquid B	28,0	
KP+A		
AdheSE		
Primer	31,0	0,18
Bond	22,7	
A.R.T. BOND		
Primer A	15,3	0,09
Primer B	26,0	
Primer A	15,3	0,37
Bond	17,0	
Primer B	26,0	0,05
Bond	17,0	
CLEARFIL PROTECT BOND		
Primer	27,7	0,004
Bond	18,7	
CLEARFIL SE Bond		
Primer	22,3	0,08
Bond	15,0	
Contax		
Primer	21,3	1,00
Bond	21,3	
Futurabond DC		
Liquid 1	23,7	0,06
Liquid 2	14,0	
Futurabond NR		
Liquid A	26,0	0,003
Liquid B	14,7	
frog		
Primer	20,0	0,03
Bond	15,3	
One Coat Self- Etching Bond		
Primer	30,3	0,09
Bond	19,7	

Fortsetzung nächste Seite

Fortsetzung Tabelle 11: Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Streptokokken** (*S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* 9S) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter **selbstätzender Adhäsiva**

Selbstätzende Adhäsiva Komponentenpaare	Mittelwert	p-Wert
KP+A		
Resulcin AquaPrime+Monobond		
MonoBond	15,0	0,02
AquaPrime	36,0	
MonoBond	15,0	0,20
Conservans	10,0	
AquaPrime	36,0	0,01
Conservans	10,0	
CLEARFIL LINER BOND		
Primer A	22,7	0,23
Primer B	24,7	
Primer A	22,7	0,09
Bond A	16,0	
Primer A	22,7	0,003
Bond B	11,7	
Primer B	24,7	0,01
Bond A	16,0	
Primer B	24,7	0,006
Bond B	11,7	
Bond A	16,0	0,15
Bond B	11,7	

KPA (selbstätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

KP+A (selbstätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer und Adhäsiv)

Tabelle 12: Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Laktobazillen** (*L. casei* IMET 10692, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. plantarum* DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter **selbstätzender Adhäsiva**

Selbstätzende Adhäsiva Komponentenpaare	Mittelwert	p-Wert
KPA		
Xeno III		
Liquid A	20,7	0,47
Liquid B	24,3	
KP+A		
AdheSE		
Primer	27,3	0,11
Bond	16,7	
A.R.T. BOND		
Primer A	12,0	0,23
Primer B	20,3	
Primer A	12,0	1,00
Bond	12,0	
Primer B	20,3	0,16
Bond	12,0	
CLEARFIL PROTECT BOND		
Primer	17,7	0,12
Bond	13,0	
CLEARFIL SE Bond		
Primer	19,7	0,04
Bond	16,7	
Contax		
Primer	14,3	0,90
Bond	14,7	
Futurabond DC		
Liquid 1	20,3	0,12
Liquid 2	12,3	
Futurabond NR		
Liquid A	23,0	0,006
Liquid B	10,0	
frog		
Primer	14,7	0,12
Bond	12,3	
One Coat Self- Etching Bond		
Primer	22,7	0,01
Bond	15,0	

Fortsetzung nächste Seite

Fortsetzung Tabelle 12: Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Laktobazillen** (*L. casei* IMET 10692, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. plantarum* DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter **selbststützender Adhäsiva**

Selbststützende Adhäsiva
Komponentenpaare
Mittelwert
p-Wert

KP+A

Resulcin AquaPrime+MonoBond

MonoBond

12,3

0,03

AquaPrime

26,7

MonoBond

12,3

0,42

Conservans

10,0

AquaPrime

26,7

0,003

Conservans

10,0

CLEARFIL LINER BOND

Primer A

20,7

0,67

Primer B

19,3

Primer A

20,7

1,00

Bond A

20,7

Primer A

20,7

0,04

Bond B

11,3

Primer B

19,3

0,06

Bond A

20,7

Primer B

19,3

0,09

Bond B

11,3

Bond A

20,7

0,08

Bond B

11,3

 KPA (selbststützendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

KP+A (selbststützendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer und Adhäsiv)

Tabelle 13: Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Aktinomyzeten** (*A. odontolyticus* R22/580, *A. israelii* IMET 10972, *A. naeslundii* ATCC 27044) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter **selbstätzender Adhäsiva**

Selbstätzende Adhäsiva Komponentenpaare	Mittelwert	p-Wert
KPA		
Xeno III		
Liquid A	21,7	0,21
Liquid B	28,0	
KP+A		
AdheSE		
Primer	31,0	0,02
Bond	19,3	
A.R.T. BOND		
Primer A	13,0	0,07
Primer B	26,7	
Primer A	13,0	0,15
Bond	20,0	
Primer B	26,7	0,04
Bond	20,0	
CLEARFIL PROTECT BOND		
Primer	27,7	0,50
Bond	26,0	
CLEARFIL SE Bond		
Primer	28,7	0,01
Bond	21,3	
Contax		
Primer	18,7	0,30
Bond	29,0	
Futurabond DC		
Liquid 1	25,0	0,22
Liquid 2	17,7	
Futurabond NR		
Liquid A	33,7	?
Liquid B	10,7	
frog		
Primer	19,7	1,0
Bond	19,7	
One Coat Self- Etching Bond		
Primer	20,7	0,05
Bond	13,3	

Fortsetzung nächste Seite

Fortsetzung Tabelle 13: Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Aktinomyzeten** (*A. odontolyticus* R22/580, *A. israelii* IMET 10972, *A. naeslundii* ATCC 27044) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter **selbststützender Adhäsiva**

Selbststützende Adhäsiva	Mittelwert	p-Wert
KP+A		
Resulcin AquaPrime+Monobond		
MonoBond	19,7	0,001
AquaPrime	43,3	
MonoBond	19,7	0,008
Conservans	10,0	
AquaPrime	43,3	0,002
Conservans	10,0	
CLEARFIL LINER BOND		
Primer A	27,0	0,11
Primer B	21,3	
Primer A	27,0	0,17
Bond A	15,7	
Primer A	27,0	0,06
Bond B	11,3	
Primer B	21,3	0,45
Bond A	15,7	
Primer B	21,3	0,19
Bond B	11,3	
Bond A	15,7	0,13
Bond B	11,3	

KPA (selbststützendes Adhäsiv im Einfläschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

KP+A (selbststützendes Adhäsiv im Mehrfläschensystem, Konditionierer+Primer und Adhäsiv)

Tabelle 14: Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Streptokokken** (*S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* 9S) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter **totalätzender Adhäsiva**

Totalätzende Adhäsiva Komponentenpaare	Mittelwert	p-Wert
K+PA		
CLEARFIL NEW BOND		
Catalyst*	23,0	0,02
Universal	10,7	
CLEARFIL PHOTO BOND		
Catalyst*	19,7	0,03
Universal	12,3	
Cumdente Adhesive		
Activator*	10,0	0,03
Adhesive	19,7	
XP -Bond		
Activator*	15,0	0,07
Bond	31,3	
K+P+A		
Adper Scotchbond MP		
Primer	23,7	0,15
Adhesive	19,7	
Ecusit –Primer Mono		
Primer A	26,3	0,83
Primer B	27,0	
Primer A	26,3	0,28
Mono	16,0	
Primer B	27,0	0,08
Mono	16,0	
GLUMA Solid Bond		
Liquid A	25,0	0,09
Liquid B	18,7	
OptiBond FL		
Primer	21,0	0,02
Adhesive	15,3	
paama 2		
Primer	13,7	0,05
Bond	10,0	
Solobond Plus		
Primer	17,7	0,04
Adhesive	12,7	

* Kein Primer

Fortsetzung nächste Seite

Fortsetzung Tabelle 14: Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Streptokokken** (*S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* 9S) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter **totalätzender Adhäsiva**

Totalätzende Adhäsiva Komponentenpaare	Mittelwert	p-Wert
K+P+A		
Syntac Classic		
Primer	24,7	0,15
Adhesive	20,0	
Primer	24,7	0,02
Heliobond	13,0	
Adhesive	20,0	0,007
Heliobond	13,0	

K+PA (totalätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer und Primer+Adhäsiv)

K+P+A (totalätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

Tabelle 15: Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Laktobazillen** (*L. casei* IMET 10692, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. plantarum* DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter **totalätzender Adhäsiva**

Totalätzende Adhäsiva Komponentenpaare	Mittelwert	p-Wert
K+PA		
CLEARFIL NEW BOND		
Catalyst*	22,7	0,003
Universal	10,0	
CLEARFIL PHOTO BOND		
Catalyst*	19,0	0,02
Universal	10,0	
Cumdente Adhesive		
Activator*	10,0	0,23
Adhesive	12,0	
XP -Bond		
Activator*	10,0	0,04
Bond	17,0	
K+P+A		
Adper Scotchbond MP		
Primer	17,3	0,17
Adhesive	11,3	
Ecusit – Primer Mono		
Primer A	15,7	0,77
Primer B	16,3	
Primer A	15,7	0,53
Mono	16,3	
Primer B	16,3	1,00
Mono	16,3	
GLUMA Solid Bond		
Liquid A	19,0	0,22
Liquid B	13,3	
OptiBond FL		
Primer	17,0	0,26
Adhesive	13,3	
paama 2		
Primer	10,00	nicht durchführbar
Bond	10,00	
Solobond Plus		
Primer	13,0	0,06
Adhesive	10,3	

* Kein Primer

Fortsetzung nächste Seite

Fortsetzung Tabelle 15: Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Laktobazillen** (*L. casei* IMET 10692, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. plantarum* DSMZ 2601) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter **totalätzender Adhäsiva**

Totalätzende Adhäsiva Komponentenpaare	Mittelwert	p-Wert
K+P+A		
Syntac Classic		
Primer	15,3	0,04
Adhesive	18,7	
Primer	15,3	0,004
Heliobond	10,0	
Adhesive	18,7	0,01
Heliobond	10,0	

K+PA (totalätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer und Primer+Adhäsiv)

K+P+A (totalätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

Tabelle 16: Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Aktinomyzeten** (*A. odontolyticus* R22/580, *A. israelii* IMET 10972, *A. naeslundii* ATCC 27044) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter **totalätzender Adhäsiva**

Totalätzende Adhäsiva Komponentenpaare	Mittelwert	p-Wert
K+PA		
CLEARFIL NEW BOND		
Catalyst*	28,3	0,02
Universal	12,3	
CLEARFIL PHOTO BOND		
Catalyst*	22,0	0,009
Universal	10,0	
Cumdente Adhesive		
Activator*	10,0	0,08
Adhesive	25,7	
XP –Bond		
Activator*	17,7	0,20
Bond	22,7	
K+P+A		
Adper Scotchbond MP		
Primer	23,7	0,12
Adhesive	20,7	
Ecusit – Primer Mono		
Primer A	22,7	0,40
Primer B	29,3	
Primer A	22,7	0,53
Mono	21,3	
Primer B	29,3	0,21
Mono	21,3	
GLUMA Solid Bond		
Liquid A	26,0	0,09
Liquid B	21,3	
OptiBond FL		
Primer	30,0	0,09
Adhesive	20,3	
paama 2		
Primer	13,3	0,18
Bond	10,0	
Solobond Plus		
Primer	22,7	0,01
Adhesive	15,0	

* Kein Primer

Fortsetzung nächste Seite

Fortsetzung Tabelle 16: Mittelwertsvergleich der Hemmhofdurchmesser (in mm) von **Aktinomyzeten** (*A. odontolyticus* R22/580, *A. israelii* IMET 10972, *A. naeslundii* ATCC 2744) im Agar-Hemmhoftest der getesteten Einzelkomponenten ausgewählter **totalätzender Adhäsiva**

**Totalätzende Adhäsiva
Komponentenpaare**

Mittelwert

p-Wert

K+P+A

Syntac Classic

Primer

26,3

0,17

Adhesive

20,7

Primer

26,3

0,005

Heliobond

18,3

Adhesive

20,7

0,40

Heliobond

18,3

K+PA (totalätzendes Adhäsiv im Einflaschensystem, Konditionierer und Primer+Adhäsiv)

K+P+A (totalätzendes Adhäsiv im Mehrflaschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

Tabelle 17: : In den Agar-Hemmhofstest einbezogene Adhäsiva und ihre Inhaltsstoffe

Produkt	Hersteller	Inhaltsstoffe
Selbststützende Adhäsiva		
KPA¹		
artCem [®] One	Merz Dental	modifizierte Methacrylate, Phosphorsäureester, Katalysatoren
G-BOND [™]	GC EUROPE N.V.	keine Angaben
go	SDI Southern Dental	Phosphorsäureestermonomer, Siliciumoxid Füllstoff, Monomethacrylatmonomer, Dimethacrylatmonomer, Wasser, Aceton, Stabilisatoren, Photoinitiatoren, Natriumfluorid
iBond	Heraeus Kulzer	UDMA, 4-META, Aceton, Wasser, Glutaraldehyd Photoinitiatoren
OptiBond [®] All In One	Kerr	keine Angaben
Xeno [®] III	Dentsply	Primer: HEMA, Wasser, Ethanol, hochdisperses Siliziumdioxid, Butylhydroxytoluol, Adhäsiv: UDMA, Pyro-EMA (Pyrophosphat-ethyl-methacrylat und PEM-F (Penta-ethyl-meth-acrylat-fluorid), Campherchinon, Butylhydroxytoluol
KP+A²		
AdheSE [®]	Ivoclar Vivodent	Primer: Phosphonsäureacrylat, Dimethacrylat in wässriger Lösung Adhäsiv: HEMA, Dimethacrylate, Siliziumoxid
A.R.T. BOND	Coltène [®] Whaledent	Primer A: Maleinsäure, Natriumfluorid, Wasser Primer B: HEMA, Hydroxypropylmethacrylat, Polyalkenoat, Wasser Bond: Bis-GMA, TEGDMA, Polyalkenoat
Contax [®]	DMG GmbH	Primer: Wasser, Maleinsäure, Natriumfluorid Bond: Hydrophile und saure Bis-GMA-basierte Harzmatrix, Katalysator, Additive
CLEARFIL [®] LINER BOND 2V	Kuraray Europe	Primer A/B: MDP-Haftmonomer, HEMA Bond A/B: MDP, Bis-GMA, HEMA, vorsilanisierter Silikatfüller, Benzoylperoxid, dl-Campherchinon
CLEARFIL PROTECT BOND		Primer: MDP, MDPB, HEMA, Wasser, hydrophile Dimethacrylate Bond: MDP, Bis-GMA, HEMA, hydrophile Dimethacrylate, Campherchinon, N,N-Diethanol-p-Toluidin, Siliziumfüllpartikel und Fluoridionen
CLEARFIL [™] SE BOND		Primer: MDP-Haftmonomer, HEMA, Campherchinon, hydrophiles Dimethacrylat, N,N-Diethanol-p-Toluidin, Wasser Bond: MDP, Bis-GMA, HEMA, Siliziumoxid, Campherchinon, hydrophiles Dimethacrylat, N,N-Diethanol-p-Toluidin

Fortsetzung siehe nächste Seite

Fortsetzung Tabelle 17: In den Agar-Hemmhofstest einbezogene Adhäsiva und ihre Inhaltsstoffe

Produkt	Hersteller	Inhaltsstoffe
Selbststützende Adhäsiva		
KP+A²		
Futurabond DC	VOCO GmbH	Bis-GMA, Hydroxyethylmethacrylat, Butylhydroxytoluol, Ethanol, org. Säuren, Fluoride
Futurabond NR	VOCO GmbH	Bis-GMA, Hydroxyethylmethacrylat, org. Säuren, Butylhydroxytoluol, Fluorid
frog	SDI Southern Dental	Primer: Phosphatsäuremonomer, HEMA, Wasser, Dimethacrylat Monomer, Photoinitiatoren, Stabilisatoren Adhäsiv: zusätzlich Füllstoff
One Coat Self – Etching	Coltène® Whaledent	Primer: Wasser, Acrylamidsulfonsäure, Hydroxyethylmethacrylat, Glycerin mono- und dimethacrylat, Polyalkenoat Bond: Hydroxyethylmethacrylat, Glycerin mono- und dimethacrylat, Polyalkenoat, UDMA
Resulcin® AquaPrime+ MonoBond	Merz Dental	Primer: Phosphorsäureester, HEMA Bond: Bis-GMA, Triethylenglycoldimethacrylat, Polymethacryl oligomaleinsäure
Totalätzende Adhäsiva		
K+PA¹		
Admira Bond	VOCO GmbH	Ormocere, Bis-GMA, HEMA, Butylhydroxytoluol, Aceton, organ. Säuren
CLEARFIL® NEW BOND*	Kuraray Europe	Bond: patentiertes Kuraray Haftmonomer MDP, HEMA, Bis-GMA Conservans: Natrium-Benzyl-Sulfonat, Ethylalkohol
CLEARFIL® PHOTO BOND*		Bond: patentiertes Kuraray Haftmonomer MDP, HEMA, Bis-GMA Conservas: Natrium-Benzyl-Sulfonat, Ethylalkohol
Cumdente Adhesive	Cumdente	Adhäsiv: Methacrylate, Ethanol, Wasser, modifizierte Polycarbonsäuren, Initiatoren
Excite	Ivoclar Vivadent	HEMA, Phosphorsäureacrylat, Dimethacrylate, hochdispertes Silizumoxid, Ethanol, Katalysator
ONE COAT BOND	Coltène® Whaledent	HEMA, Hydroxypropylmethacrylat, UDMA, Glycerindimethacrylat, Polyalkenoat methacryliert, amorphe Kieselsäure
Prime&Bond® NT	Dentsply	Adhäsiv: Aceton, Di-/Trimethacrylat-Harze, PENTA Funktionalisiertes amorphes Siliciumdioxid, Campherchinon, Cetylaminhydrofluorid
Solobond M	VOCO GmbH	Bis-GMA, HEMA, Butylhydroxytoluol, Aceton, organ. Säuren

Fortsetzung siehe nächste Seite

Fortsetzung Tabelle 17: In den Agar-Hemmhoftest einbezogene Adhäsiva und ihre Inhaltsstoffe

Produkt	Hersteller	Inhaltsstoffe
Totalätzende Adhäsiva		
K+PA¹		
TECO [®]	DMG GmbH	keine Angaben
XP- Bond	Dentsply	Carbonsäure modifiziertes Dimethacrylat, UDMA, TEGDMA, HEMA, Phosphorsäure- modifiziertes Acrylatharz, Stabilisator, Campherchinon, t-Butanol, Ethyl-4-Dimethylaminobenzoat, amorphes Siliciumoxid
K+P+A²		
Adper Scotchbond MP	3M Espe	Primer: HEMA, modifizierte Polyacrylsäure, Wasser Adhäsiv: Bis-GMA, HEMA
Ecusit [®] -Primer Mono	DMG GmbH	Primer A+B: Wasser, Maleinsäure, Natriumfluorid, polymethacrylierte Polycarbonsäure, Katalysator Bond: Bis-GMA, polymethacrylierte Oligomaleinsäure, Katalysator, Stabilisator
GLUMA [®] Solid Bond	Heraeus Kulzer	Primer: HEMA, TEGDMA, Maleinsäure Adhäsiv: Bis-GMA, TEGDMA
OptiBond [®] FL	Kerr	48% mit 0,6-µm-Barium-Glas-Partikeln gefüllt
Paama2	SDI Southern Dental	Primer: aromat. Dimethacrylate, Aceton, Wasser Adhäsiv: Dimethacrylate
Solobond Plus	VOCO GmbH	Bis-GMA, HEMA, TEGDMA, Butylhydroxytoluol, Aceton, Natriumfluorid
Syntac Classic	Ivoclar Vivadent	Primer: Maleinsäure, TEGDMA, Wasser, Dimethylketon Adhäsiv: PEGDMA (Polyethylenglycoldi-methacrylat, Maleinsäure, Wasser, Glutaraldehyd Heliobond: Bis-GMA, TEGDMA

KPA (selbstätzendes Adhäsiv im Einfläschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

K+PA (totalätzendes Adhäsiv im Einfläschensystem, Konditionierer und Primer+Adhäsiv)

KP+A (selbstätzendes Adhäsiv im Mehrfläschensystem, Konditionierer+Primer und Adhäsiv)

K+P+A (totalätzendes Adhäsiv im Mehrfläschensystem, Konditionierer+Primer+Adhäsiv)

¹Einfläschensystem, ²Mehrfläschensystem

Quelle: Herstellerangaben

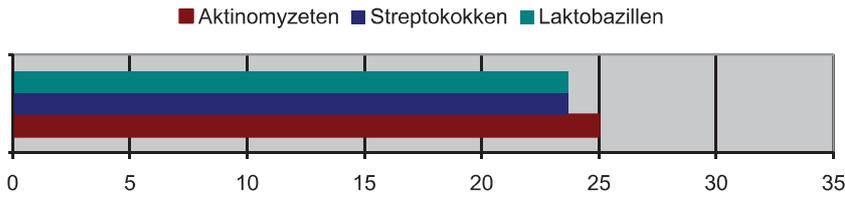


Abbildung 1: Hemmhofgröße (mm) Futurabond DC - Liquid 1 selbstätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber Laktobazillen, Streptokokken und Aktinomyzeten

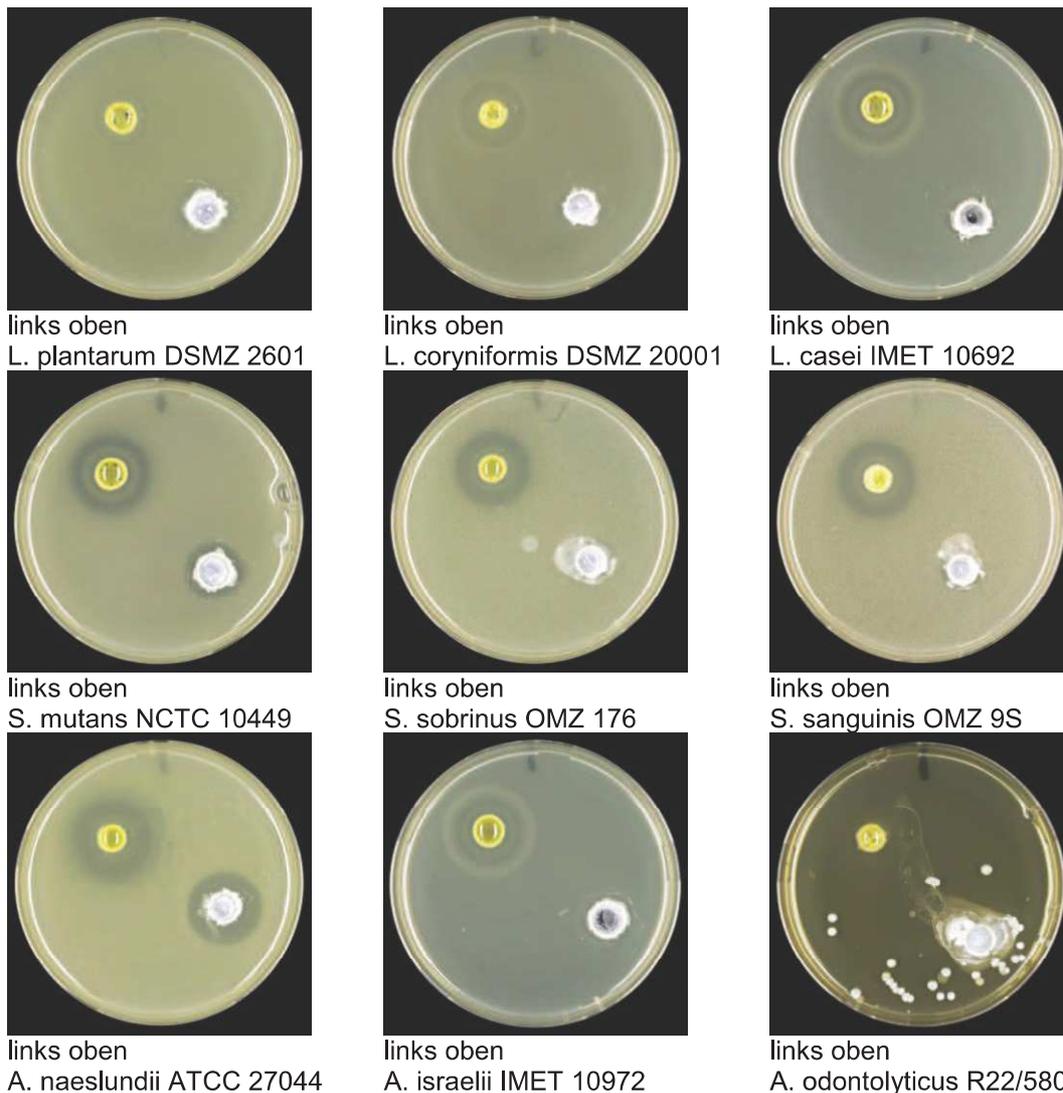


Abbildung 2: Antibakterielle Wirkung von Futurabond DC - Liquid 1 selbstätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber *L. plantarum* DSMZ 2601, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. casei* IMET 10692, *S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* OMZ 9S, *A. naeslundii* ATCC 27044, *A. israelii* IMET 10972 und *A. odontolyticus* R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung

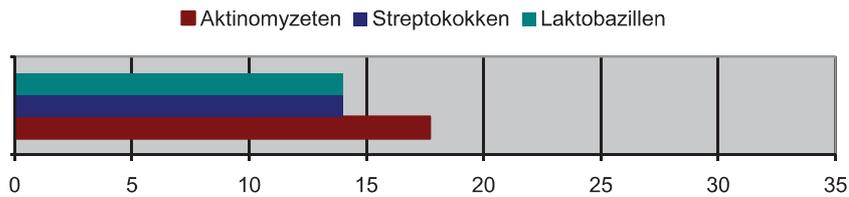


Abbildung 3: Hemmhofgröße (mm) Futurabond DC - Liquid 2 selbstätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen

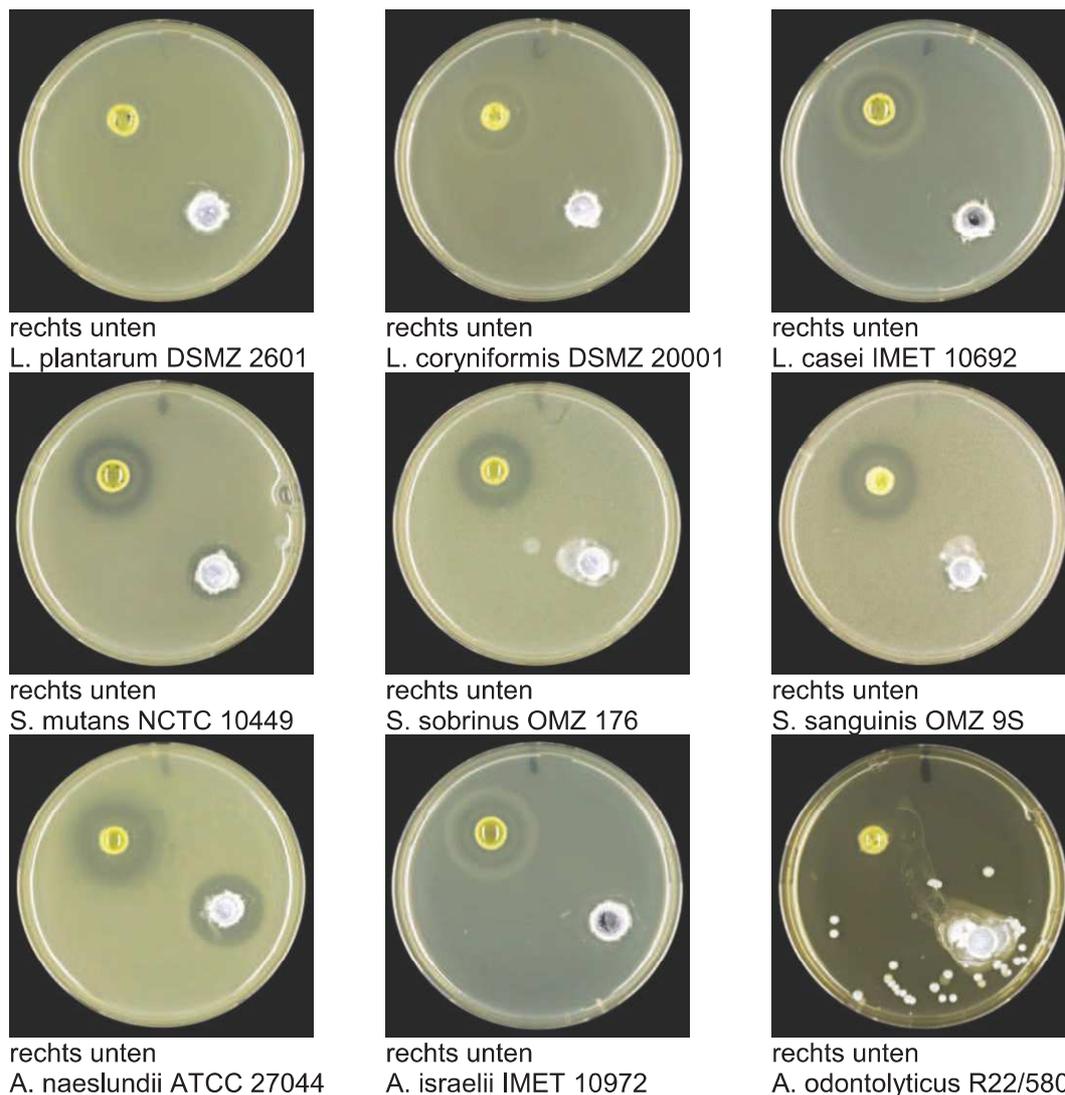


Abbildung 4: Antibakterielle Wirkung von Futurabond DC - Liquid 2 selbstätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber *L. plantarum* DSMZ 2601, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. casei* IMET 10692, *S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* OMZ 9S, *A. naeslundii* ATCC 27044, *A. israelii* IMET 10972 und *A. odontolyticus* R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung

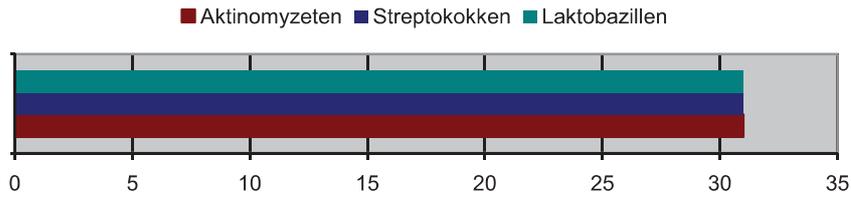


Abbildung 5: Hemmhofgröße (mm) AdheSE - Primer selbststützendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen

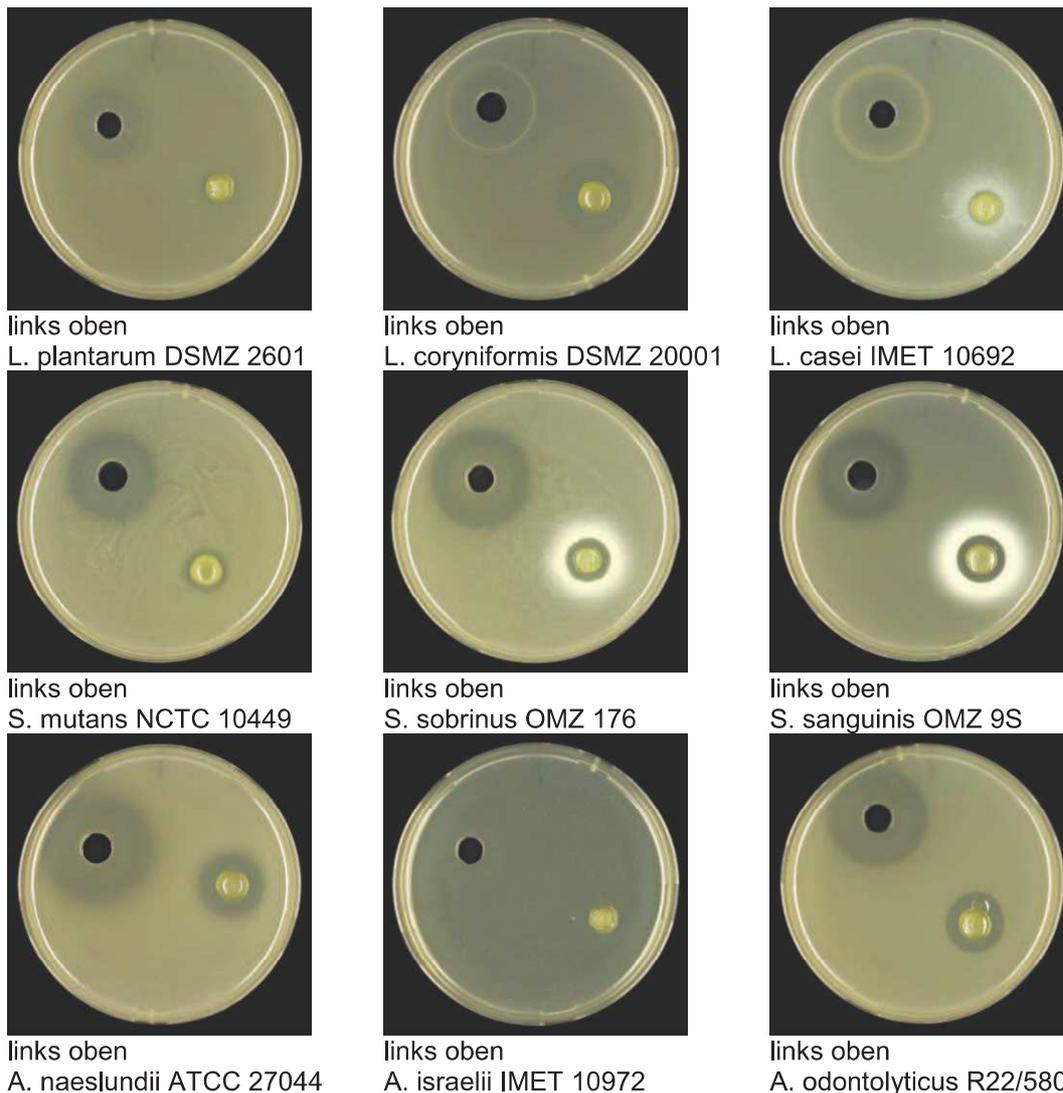


Abbildung 6: Antibakterielle Wirkung von AdheSE - Primer selbststützendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber *L. plantarum* DSMZ 2601, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. casei* IMET 10692, *S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* OMZ 9S, *A. naeslundii* ATCC 27044, *A. israelii* IMET 10972 und *A. odontolyticus* R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung

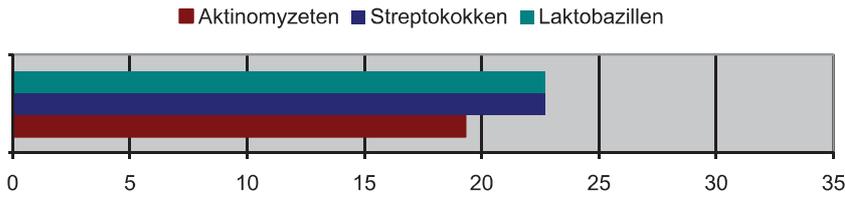


Abbildung 7: Hemmhofgröße (mm) AdheSE - Bonding Agent selbstätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen

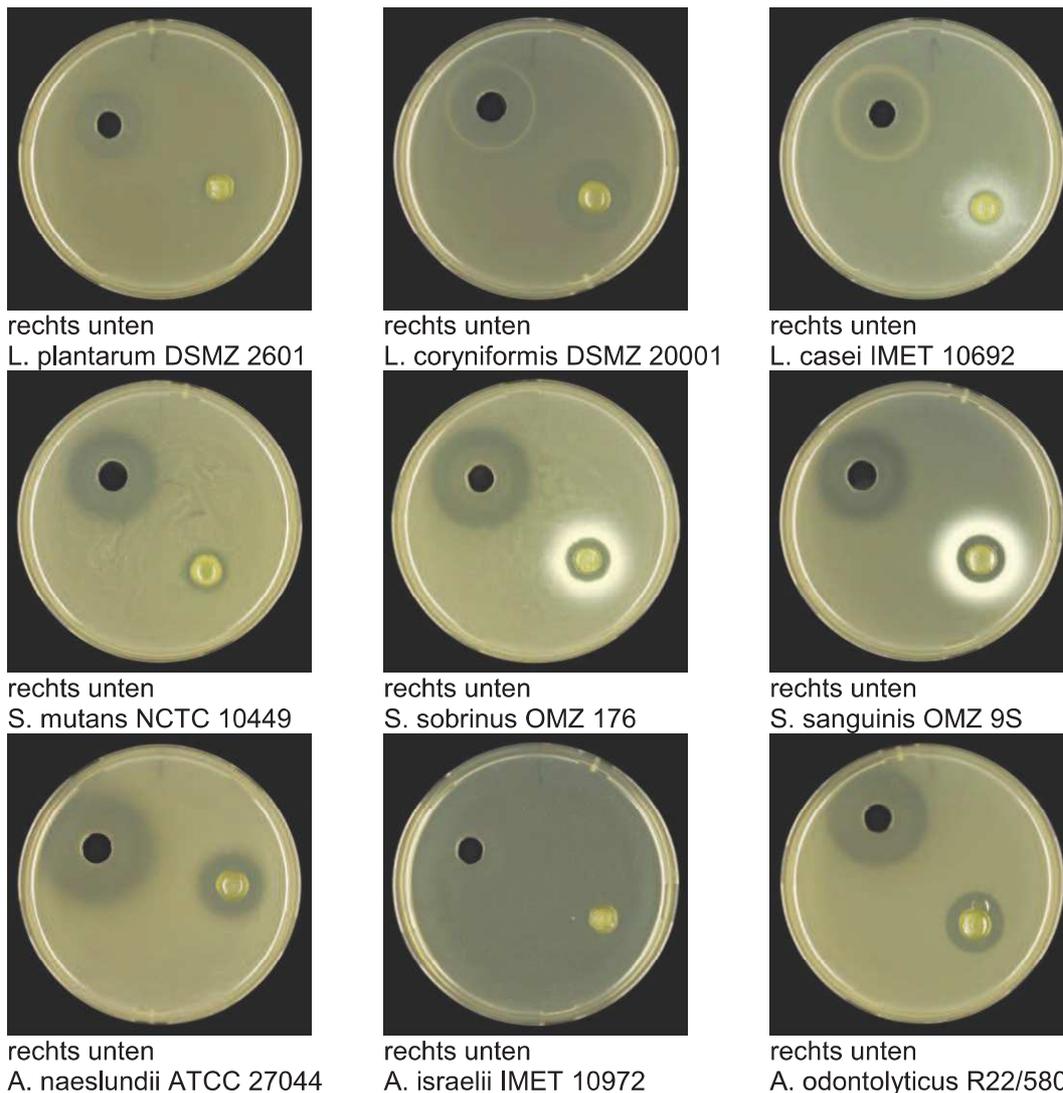


Abbildung 8: Antibakterielle Wirkung von AdheSE - Bonding Agent selbstätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (KP+A) gegenüber *L. plantarum* DSMZ 2601, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. casei* IMET 10692, *S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* OMZ 9S, *A. naeslundii* ATCC 27044, *A. israelii* IMET 10972 und *A. odontolyticus* R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung

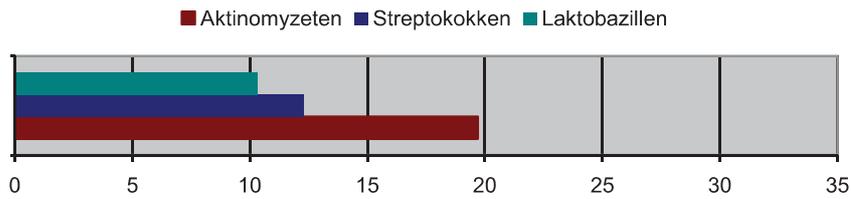


Abbildung 9: Hemmhofgröße (mm) Solobond M - Adhesive totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 1 (K+PA) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen

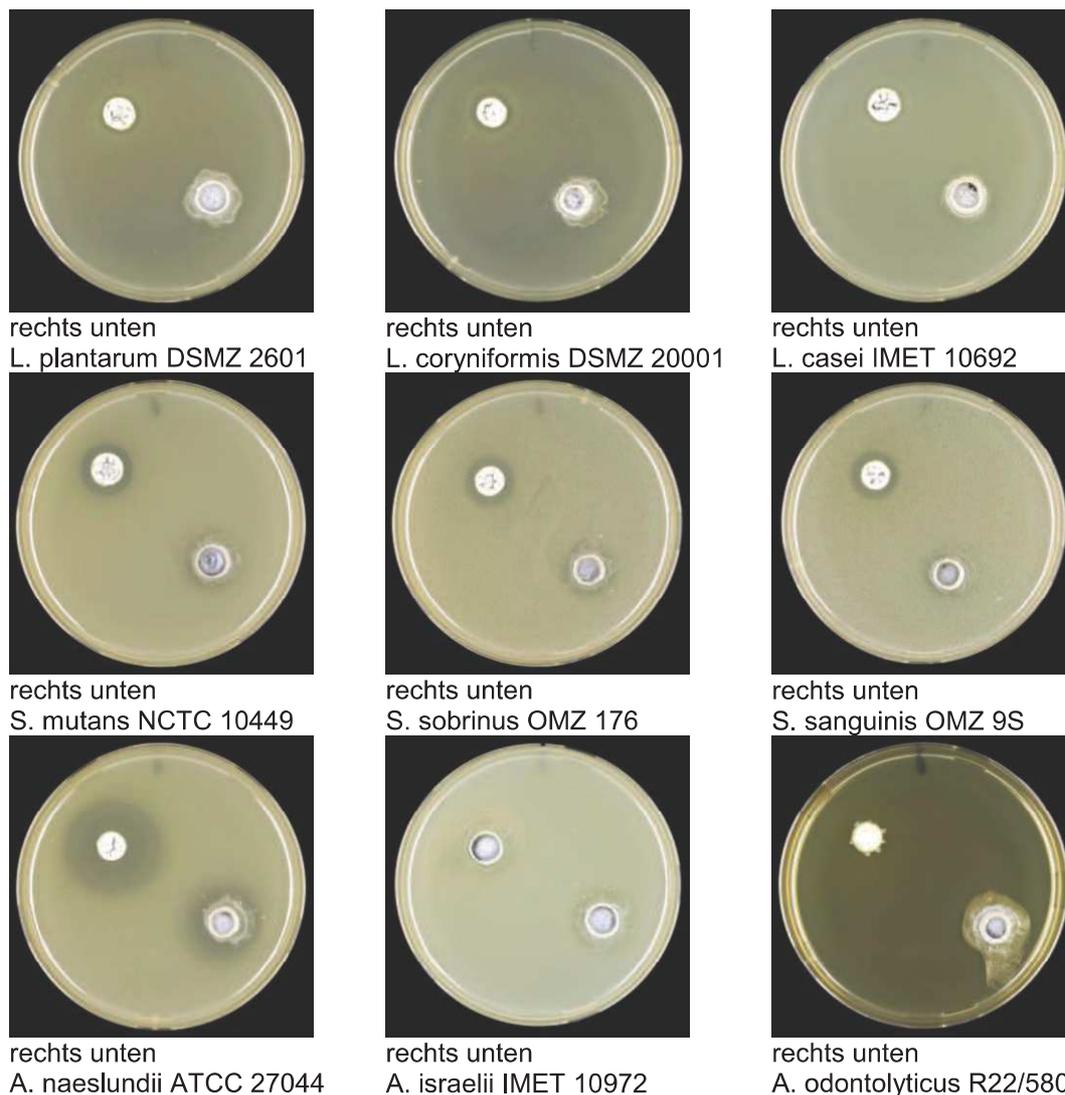


Abbildung 10: Antibakterielle Wirkung von Solobond M - Adhesive totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 1 (K+PA) gegenüber *L. plantarum* DSMZ 2601, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. casei* IMET 10692, *S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* OMZ 9S, *A. naeslundii* ATCC 27044, *A. israelii* IMET 10972 und *A. odontolyticus* R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung

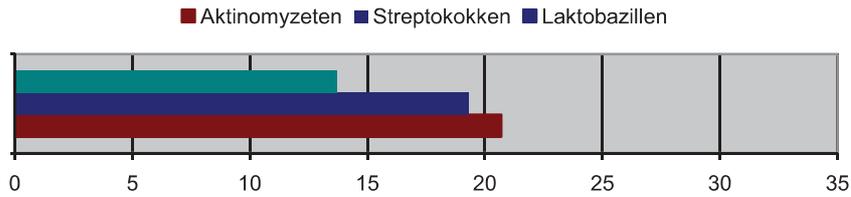


Abbildung 11: Hemmhofgröße (mm) Excite - Adhesive totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 1 (K+PA) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen

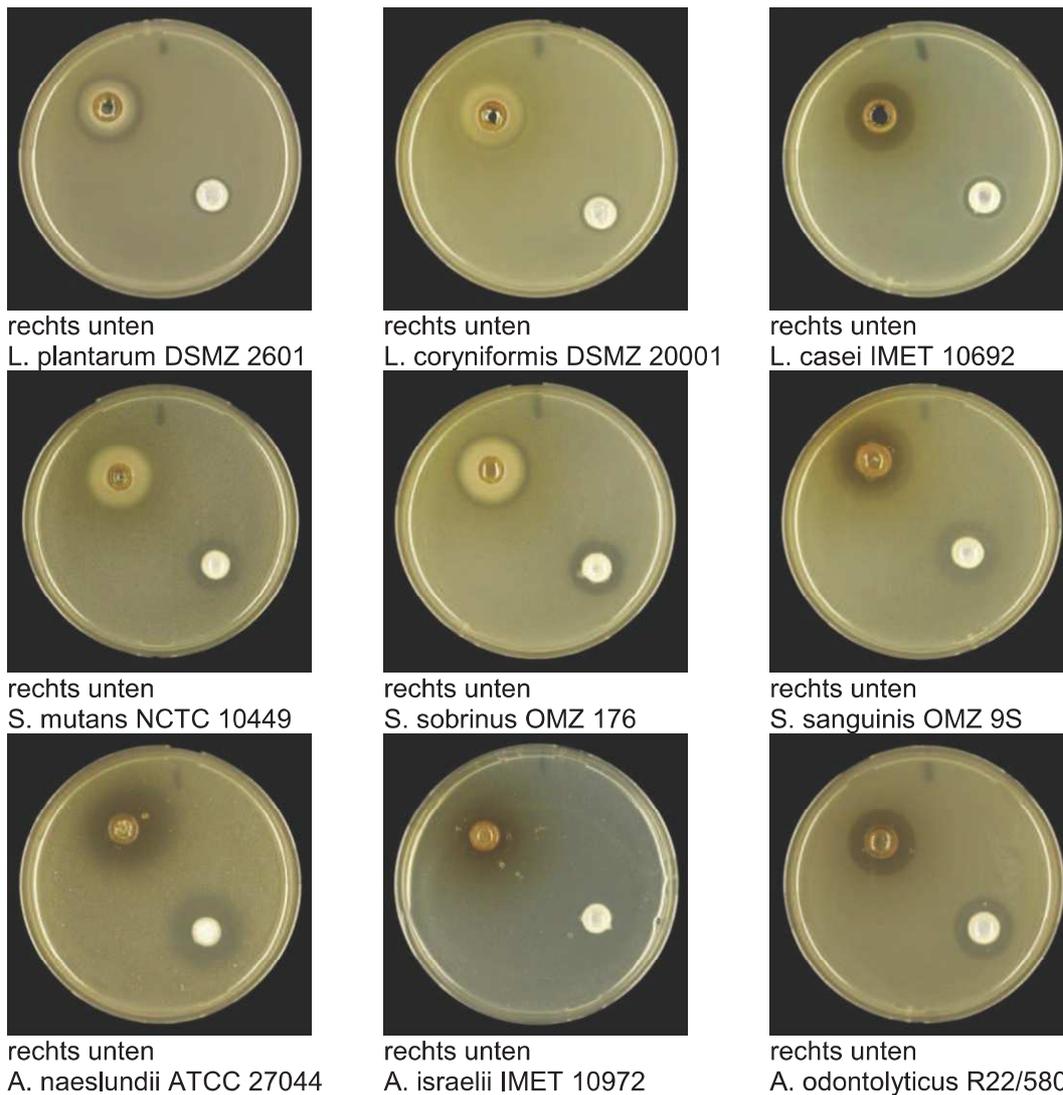


Abbildung 12: Antibakterielle Wirkung von Excite - Adhesive totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 1 (K+PA) gegenüber *L. plantarum* DSMZ 2601, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. casei* IMET 10692, *S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* OMZ 9S, *A. naeslundii* ATCC 27044, *A. israelii* IMET 10972 und *A. odontolyticus* R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung

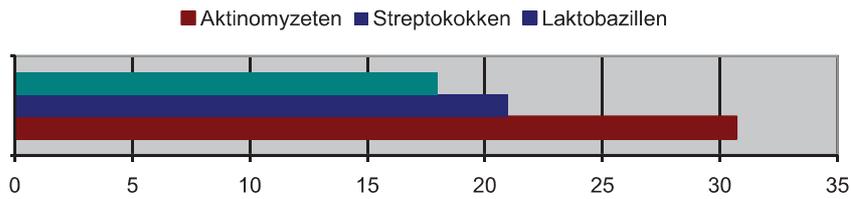
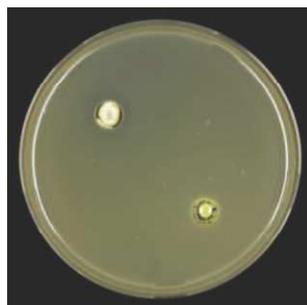
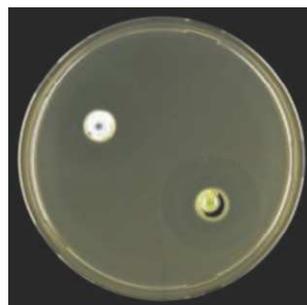


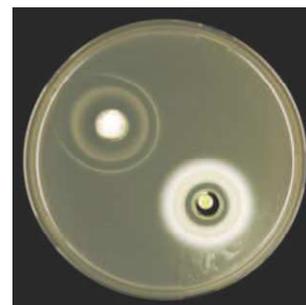
Abbildung 13: Hemmhofgröße (mm) TECO - Adhesive totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 1 (K+PA) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen



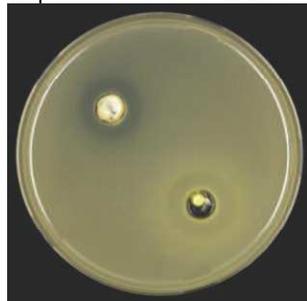
links oben
L. plantarum DSMZ 2601



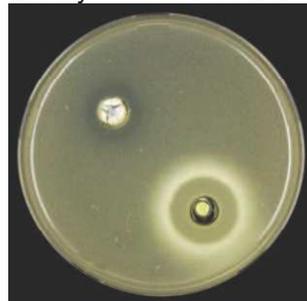
links oben
L. coryniformis DSMZ 20001



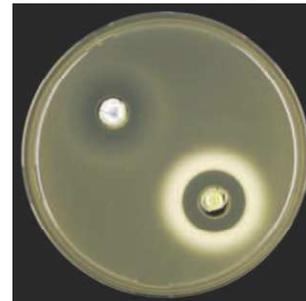
links oben
L. casei IMET 10692



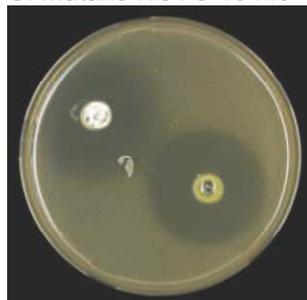
links oben
S. mutans NCTC 10449



links oben
S. sobrinus OMZ 176



links oben
S. sanguinis OMZ 9S



links oben
A. naeslundii ATCC 27044



links oben
A. israelii IMET 10972



links oben
A. odontolyticus R22/580

Abbildung 14: Antibakterielle Wirkung von TECO - Adhesive totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 1 (K+PA) gegenüber *L. plantarum* DSMZ 2601, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. casei* IMET 10692, *S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* OMZ 9S, *A. naeslundii* ATCC 27044, *A. israelii* IMET 10972 und *A. odontolyticus* R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung

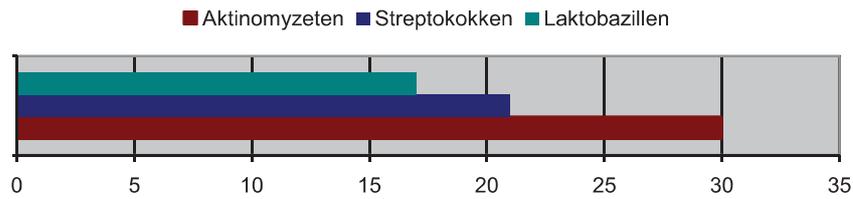


Abbildung 15: Hemmhofgröße (mm) Optibond FL - Primer totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen

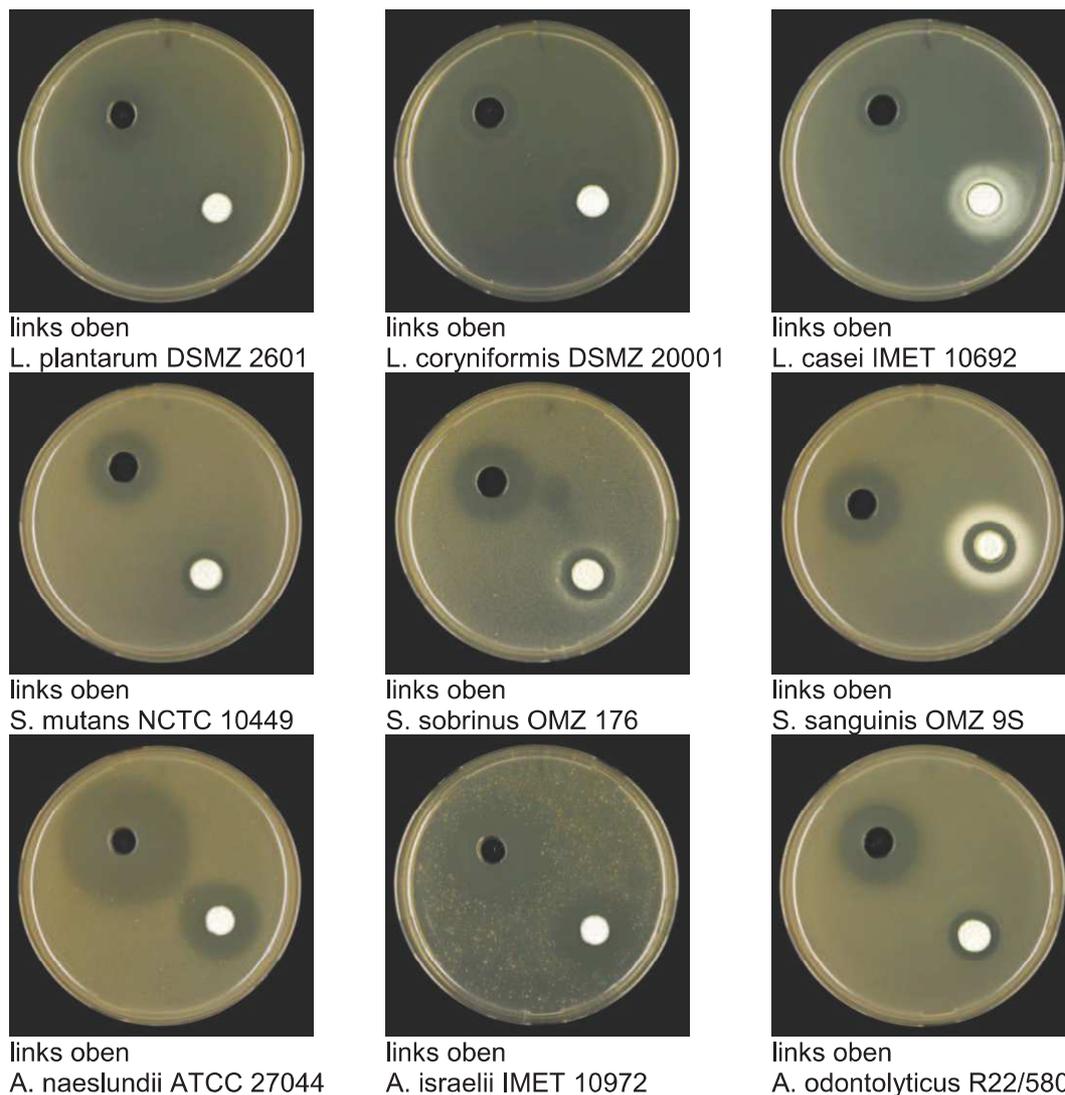


Abbildung 16: Antibakterielle Wirkung von Optibond FL - Primer totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber *L. plantarum* DSMZ 2601, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. casei* IMET 10692, *S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* OMZ 9S, *A. naeslundii* ATCC 27044, *A. israelii* IMET 10972 und *A. odontolyticus* R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung

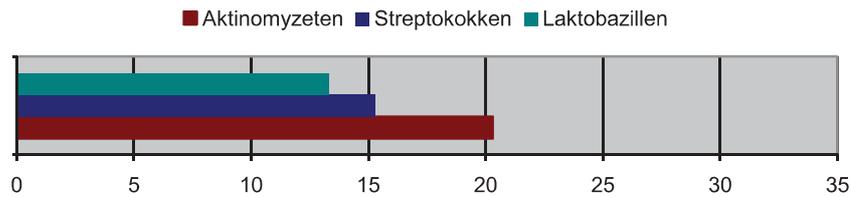


Abbildung 17: Hemmhofgröße (mm) Optibond FL - Adhesive totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen

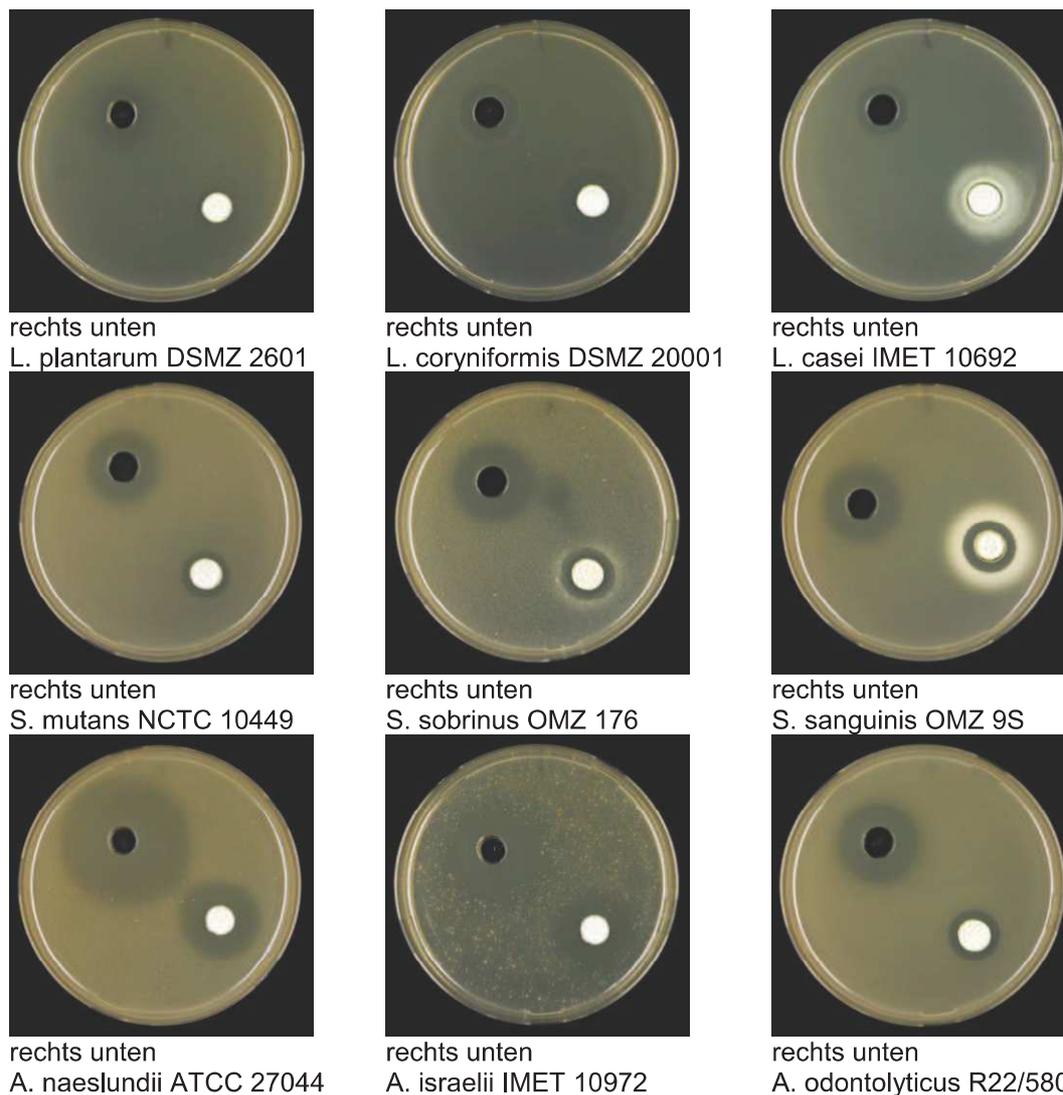


Abbildung 18: Antibakterielle Wirkung von Optibond FL - Adhesive totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber *L. plantarum* DSMZ 2601, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. casei* IMET 10692, *S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* OMZ 9S, *A. naeslundii* ATCC 27044, *A. israelii* IMET 10972 und *A. odontolyticus* R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung

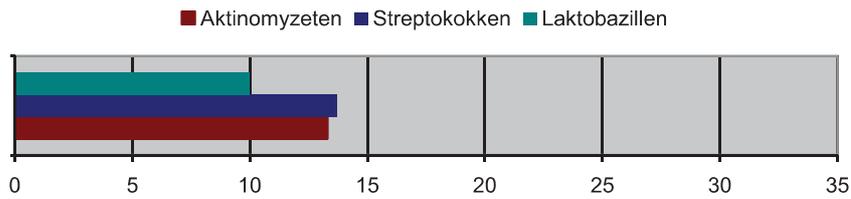


Abbildung 19: Hemmhofgröße (mm) paama 2 - Primer totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen

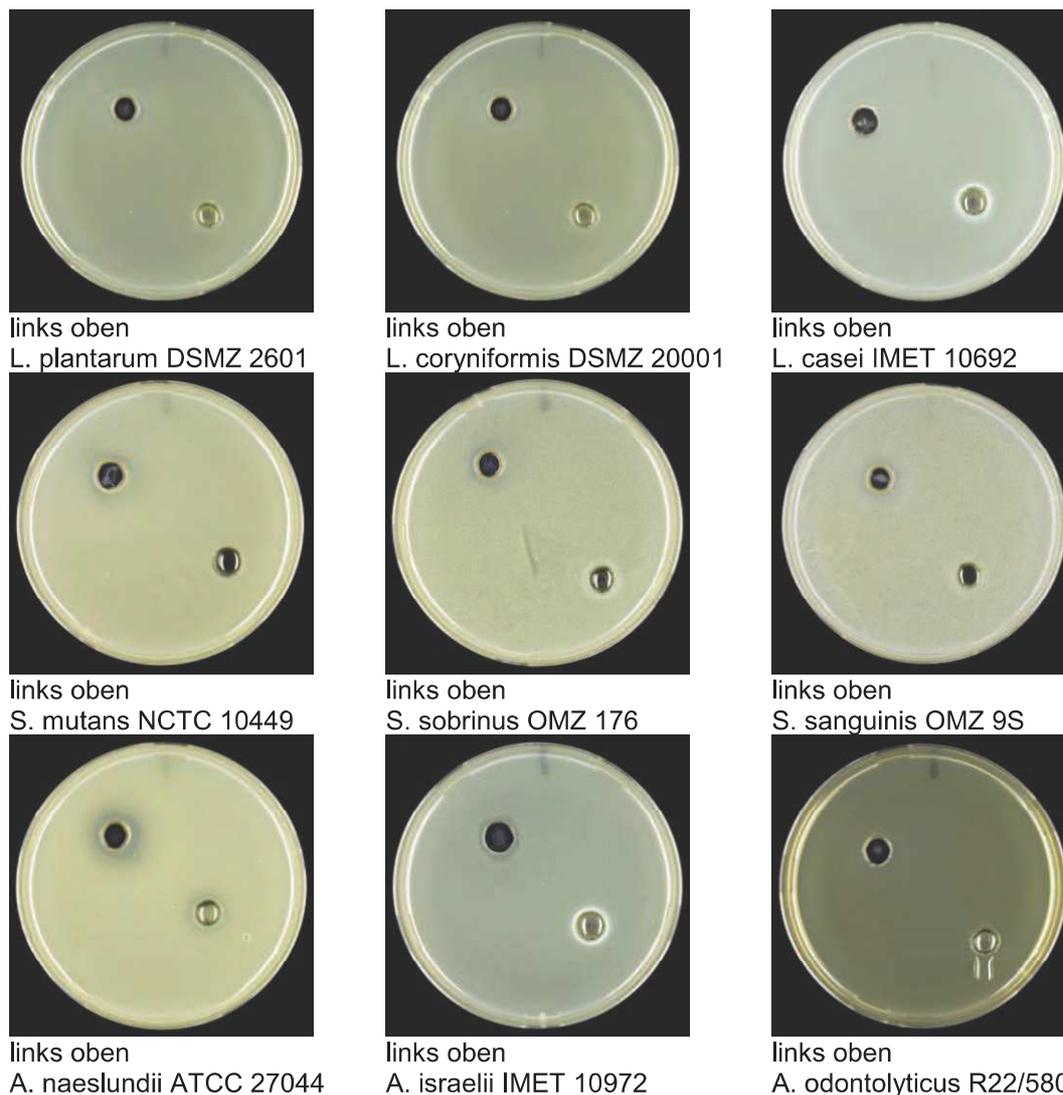


Abbildung 20: Antibakterielle Wirkung von paama 2 - Primer totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber *L. plantarum* DSMZ 2601, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. casei* IMET 10692, *S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* OMZ 9S, *A. naeslundii* ATCC 27044, *A. israelii* IMET 10972 und *A. odontolyticus* R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung

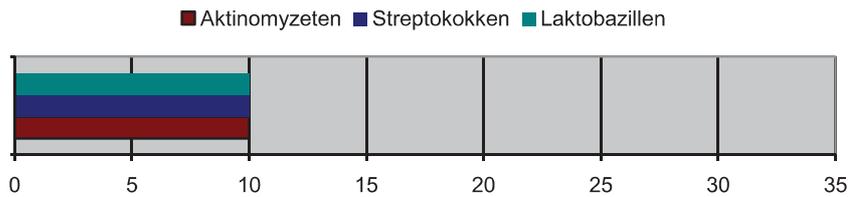


Abbildung 21: Hemmhofgröße (mm) paama 2 - Bond totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen

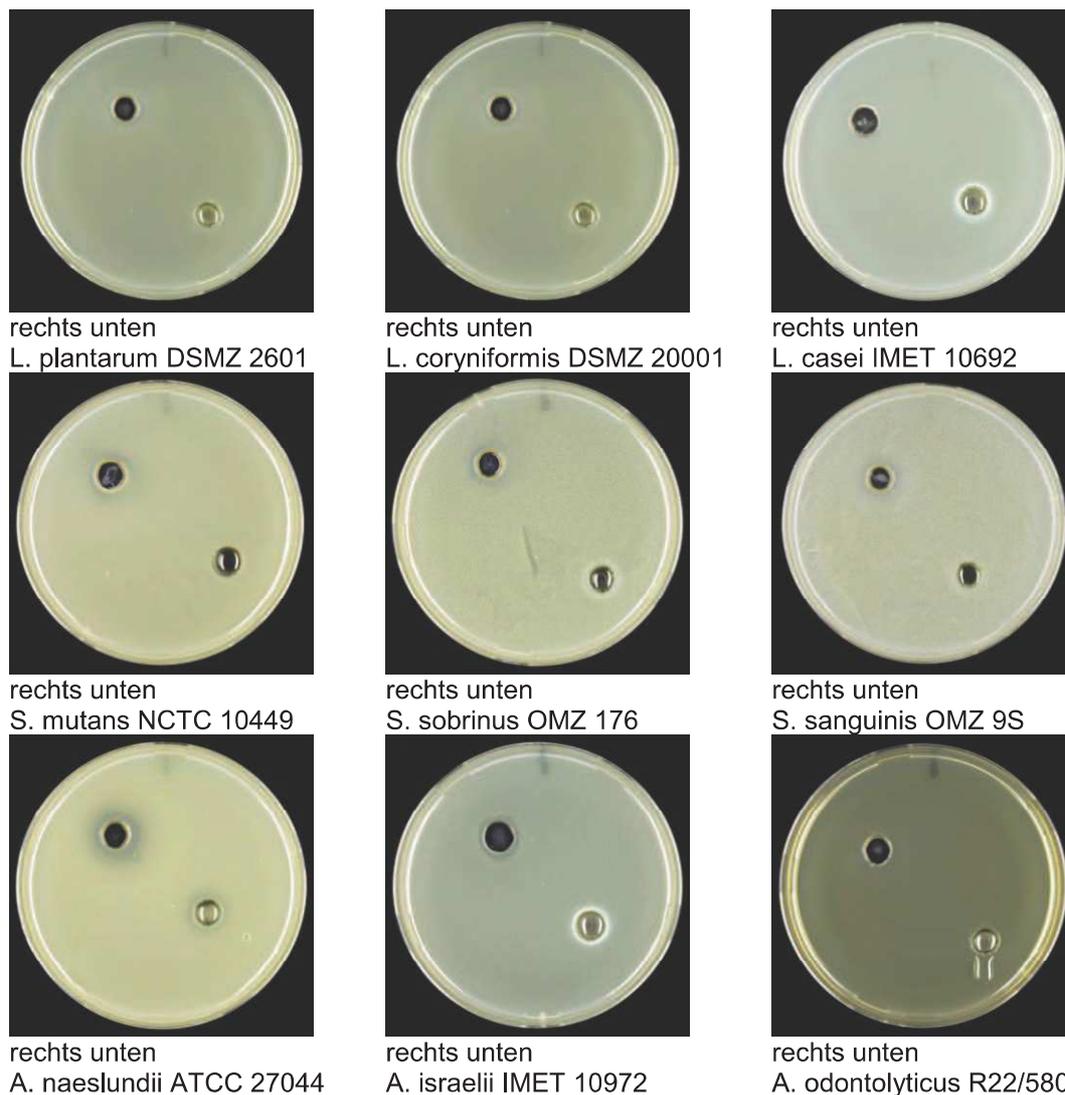


Abbildung 22: Antibakterielle Wirkung von paama 2 - Bond totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber *L. plantarum* DSMZ 2601, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. casei* IMET 10692, *S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* OMZ 9S, *A. naeslundii* ATCC 27044, *A. israelii* IMET 10972 und *A. odontolyticus* R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung

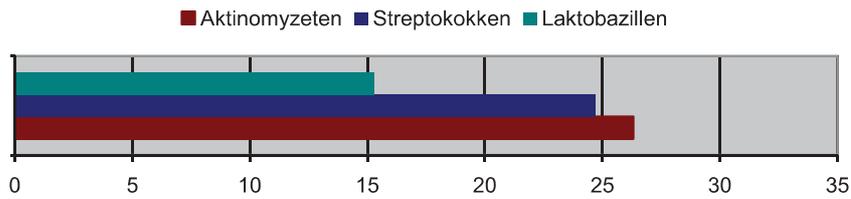
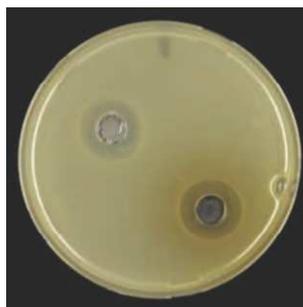


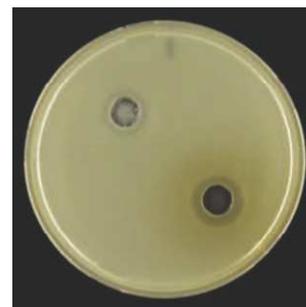
Abbildung 23: Hemmhofgröße (mm) Syntac Classic - Primer totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen



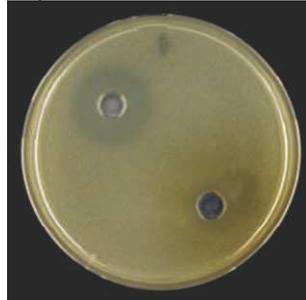
links oben
L. plantarum DSMZ 2601



links oben
L. coryniformis DSMZ 20001



links oben
L. casei IMET 10692



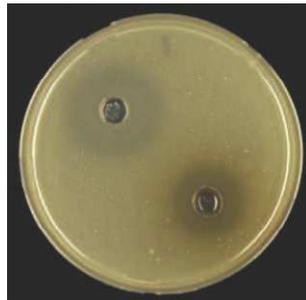
links oben
S. mutans NCTC 10449



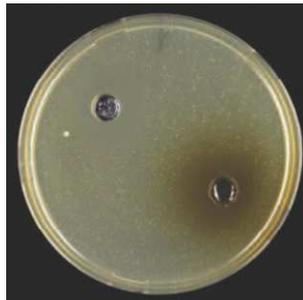
links oben
S. sobrinus OMZ 176



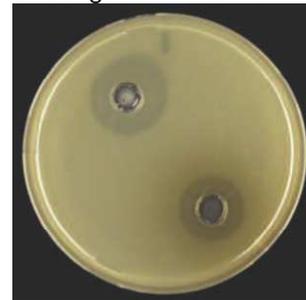
links oben
S. sanguinis OMZ 9S



links oben
A. naeslundii ATCC 27044



links oben
A. israelii IMET 10972



links oben
A. odontolyticus R22/580

Abbildung 24: Antibakterielle Wirkung von Syntac Classic - Primer totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber *L. plantarum* DSMZ 2601, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. casei* IMET 10692, *S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* OMZ 9S, *A. naeslundii* ATCC 27044, *A. israelii* IMET 10972 und *A. odontolyticus* R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung

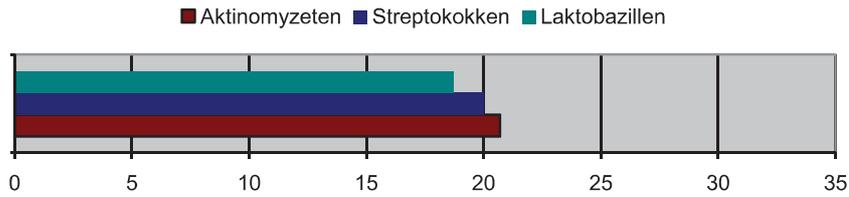
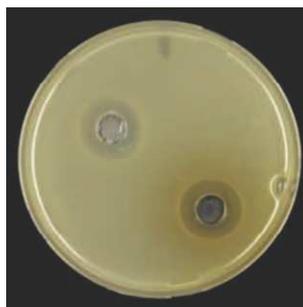


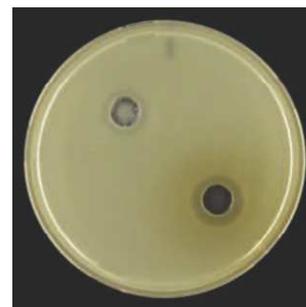
Abbildung 25: Hemmhofgröße (mm) Syntac Classic - Adhesive totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen



rechts unten
L. plantarum DSMZ 2601



rechts unten
L. coryniformis DSMZ 20001



rechts unten
L. casei IMET 10692



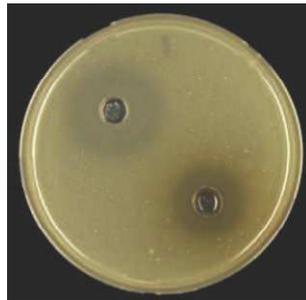
rechts unten
S. mutans NCTC 10449



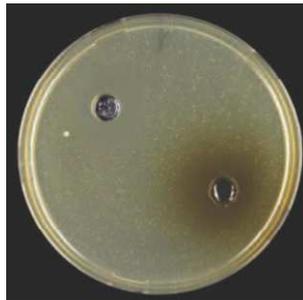
rechts unten
S. sobrinus OMZ 176



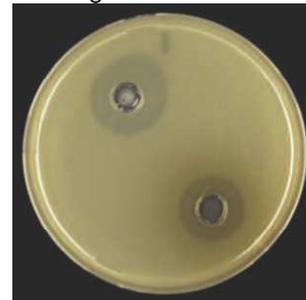
rechts unten
S. sanguinis OMZ 9S



rechts unten
A. naeslundii ATCC 27044



rechts unten
A. israelii IMET 10972



rechts unten
A. odontolyticus R22/580

Abbildung 26: Antibakterielle Wirkung von Syntac Classic - Adhesive totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber *L. plantarum* DSMZ 2601, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. casei* IMET 10692, *S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* OMZ 9S, *A. naeslundii* ATCC 27044, *A. israelii* IMET 10972 und *A. odontolyticus* R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung

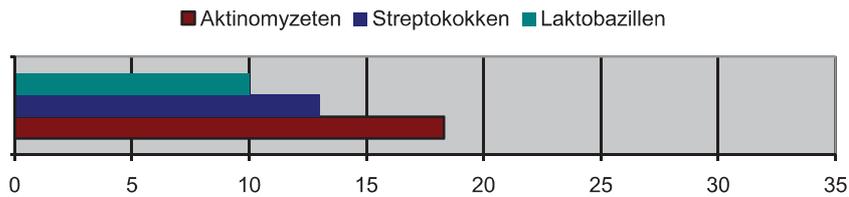


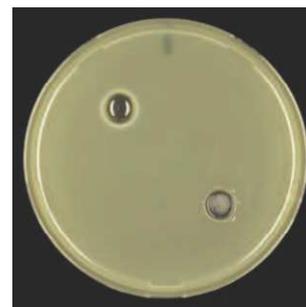
Abbildung 27: Hemmhofgröße (mm) Syntac Classic - Heliobond totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber Aktinomyzeten, Streptokokken und Laktobazillen



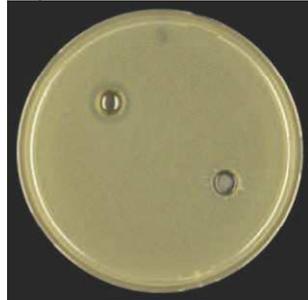
links oben
L. plantarum DSMZ 2601



links oben
L. coryniformis DSMZ 20001



links oben
L. casei IMET 10692



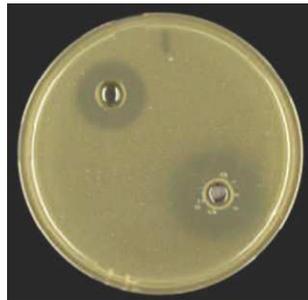
links oben
S. mutans NCTC 10449



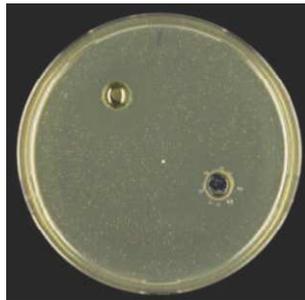
links oben
S. sobrinus OMZ 176



links oben
S. sanguinis OMZ 9S



links oben
A. naeslundii ATCC 27044



links oben
A. israelii IMET 10972



links oben
A. odontolyticus R22/580

Abbildung 28: Antibakterielle Wirkung von Syntac Classic - Heliobond totalätzendes Adhäsiv der Gruppe 2 (K+P+A) gegenüber *L. plantarum* DSMZ 2601, *L. coryniformis* DSMZ 20001, *L. casei* IMET 10692, *S. mutans* NCTC 10449, *S. sobrinus* OMZ 176, *S. sanguinis* OMZ 9S, *A. naeslundii* ATCC 27044, *A. israelii* IMET 10972 und *A. odontolyticus* R22/580 im Agar-Hemmhoftest nach 48-stündiger Bebrütung

Ehrenwörtliche Erklärung

Die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität vom 01. November 2003 ist mir bekannt.

Die vorliegende Dissertation wurde von mir selbst angefertigt. Alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönliche Mitteilungen und Quellen sind in der Arbeit angegeben.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials, sowie bei der Erstellung des Manuskripts unterstützten mich Frau Professor Dr. rer. nat. habil. Susanne Kneist, sowie die in der Danksagung genannten Personen.

Ein Promotionsberater wurde nicht in Anspruch genommen. Dritte erhielten weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Diese Dissertation wurde noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht.

Diese Dissertation oder in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung wurde nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht.

Georg Seltmann

Jena, den 10. Februar 2012

Lebenslauf

Personaldaten:

Name Seltmann, Georg
Geburtsdatum 26. März 1983, Altenburg
Familienstand Ledig
Staatsangehörigkeit Bundesrepublik Deutschland

Schulbildung:

1989 – 1993 Martin- Luther- Grundschule Altenburg
1993 – 2001 Friedrichgymnasium in Altenburg
Juni 2001 Erwerb der Allgemeinen Hochschulreife

Wehrdienst:

Juli 2001 – 2002 Allgemeiner Grundwehrdienst (Grundausbildung, Sanitätsausbildung, Tätigkeit als Arzthelfer im Standortsanitätszentrum Weißenfels)

Hochschulbildung:

Oktober 2002 Zahnmedizinstudium der an der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität Jena
März 2004 Naturwissenschaftliche zahnärztliche Vorprüfung an der Friedrich-Schiller-Universität Jena
März 2005 Zahnärztliche Vorprüfung an der Friedrich-Schiller-Universität Jena
Januar 2007 Teilnahme an der Tagung der Arbeitsgemeinschaft für Grundlagenforschung in der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (AfG) in Mainz mit der Präsentation „Zur antibakteriellen Wirkung von Adhäsiva im Agar-Hemmhoftest“ (Anlage)
17.12.2007 Zahnärztliche Prüfung an der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Berufstätigkeit:

2008 - 2010 Assistenz Zahnarzt, Kieferchirurgische Praxis Dr.med. Hentschel & Herrmann, Zwickau
seit Mai 2010 Zahnarzt, Gemeinschaftspraxis Seltmann, Altenburg

Jena, den 10. Februar 2012

Georg Seltmann

Danksagung

Mein Dank gilt Frau Professor Dr. rer. nat. habil. Susanne Kneist, Biologisches Forschungslabor am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde am Universitätsklinikum Jena, und Herrn Professor Dr. med. dent. Eike Glockmann, Direktor der Poliklinik für Konservierende Zahnheilkunde am Universitätsklinikum Jena, für die Vergabe des Themas, ihr Interesse am Gelingen der Arbeit, die Unterstützung bei der Durchführung und Auswertung der Ergebnisse sowie für die wissenschaftlichen Diskussionen bei der Niederschrift der Arbeit.

Frau Katrin von Brandenstein und Frau Regina Mäuer, Assistentinnen des Biologischen Labors, danke ich für die Einarbeitung in die mikrobiologischen Arbeitstechniken und ihre Unterstützung und Beratung während der experimentellen Arbeitsphase.

Frau Dipl.-Chemikerin Dr. Angelika Rzanny danke ich für die wertvollen Hinweise, durch die die Arbeit wesentlich gefördert wurde.

Herrn Michael Szabó, Institut Anatomie I danke ich für die Unterstützung bei der Fotodokumentation.

Weiterhin bedanke ich mich bei allen in der Arbeit genannten Dentalfirmen, die durch ihre Bereitstellung der Dentinadhäsivsysteme zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.