

Aus der Abteilung für Experimentelle Zahnheilkunde
(Leiter: Univ.-Prof. Dr. R. J. Radlanski)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
des Fachbereiches Humanmedizin
der Freien Universität Berlin

**Prüfung der Verbundfestigkeit
zwischen zwei NEM-Legierungen nach Anwendung
verschiedener Oberflächenkonditionierungsverfahren und
Verwendung unterschiedlicher Kompositklebstoffe**

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
des Fachbereiches Humanmedizin
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Michael Sörgel
aus Berlin

Referent: PD Dr. rer. nat. R. Strietzel

Korreferent: Prof. Dr. G. Sauer

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Humanmedizin der
Freien Universität Berlin

Promoviert am: 13.09.2002

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Literaturübersicht	11
2.1	Entwicklung und Anwendung der Klebebrückentechnik	11
2.1.1	Allgemeines	11
2.1.2	Historie	11
2.1.3	Indikation und Kontraindikation der Adhäsivbrückentechnik zum gegenwärtigen Zeitpunkt	13
2.1.4	Vor- und Nachteile von Adhäsivbrücken	15
2.2	Das adhäsive Verbundsystem im oralen Milieu	16
2.2.1	Allgemeine Grundlagen einer Klebeverbindung	16
2.2.2	Prinzipien einer Klebeverbindung	17
2.2.2.1	Mechanische Verankerung	18
2.2.2.2	Spezifische Adhäsion	19
2.2.2.3	Chemische Bindungen	20
2.2.3	Belastung des Klebeverbundes	21
2.2.3.1	Mechanische Beanspruchung	21
2.2.3.2	Einflüsse auf die spezifische Adhäsion	21
2.2.4	Klebstoffe	23
2.2.4.1	Allgemeines	23
2.2.4.2	Einteilung der Klebstoffe	23
2.3	Das Schmelz-Metall-Kunststoff-Verbundsystem	25
2.3.1	Allgemeines	25
2.3.2	Der Schmelz-Kunststoff-Verbund	26
2.3.2.1	Schmelzkonditionierung	27
2.3.3	Der Metall-Kunststoff-Verbund	28
2.3.3.1	Grundlagen für den Metall-Kunststoff-Verbund	28
2.3.3.2	Die Oxidschicht und deren Haftmechanismen	28
2.4	Oberflächenkonditionierung	30
2.4.1	Das Abstrahlen	30
2.4.2	Arten der Oberflächenkonditionierung	31
2.4.3	Oberflächenkonditionierung durch Silikatisieren	32
2.4.4	Haftsilane	33
2.5	Verbundsysteme auf Basis der Haftsilane	36
2.5.1	Das Silicoater-Verfahren	36
2.5.2	Das Silicoater-MD-Verfahren	37
2.5.3	Das Rocatec-Verfahren	38
2.6	Haffestigkeitsuntersuchungen	40
2.6.1	Haffestigkeitsuntersuchungen für das Verbundsystem Schmelz-Kunststoff	40

2.6.2	Hafffestigkeitsuntersuchungen für das Verbundsystem Metall-Kunststoff	40
2.6.3	Die Verbundfestigkeit verschiedener Dentallegierungen in Abhängigkeit zum Oberflächenkonditionierungsverfahren	45
2.7	Faktoren, die den Metall-Kunststoff-Verbund beeinflussen	46
2.8	Prüfverfahren für den Verbund Metall-Kunststoff	47
3	Material und Methode	49
3.1	Material	49
3.1.1	Kompositklebstoff	49
3.1.2	Legierungen	50
3.1.2.1	Prüfkörperherstellung	51
3.1.3	Konditionierung der Prüfkörperoberflächen	52
3.1.3.1	Konditionierung der Metalloberfläche mit dem Rocatec-Verfahren	53
3.1.3.2	Flammenpyrolytische Konditionierung der Metalloberfläche	54
3.1.3.3	Konditionierung der Metalloberfläche mit Alloy Primer	55
3.1.4	Herstellen des Metall-Kunststoff-Verbundes zwischen den Prüfkörpern	55
3.1.4.1	Berechnung der Klebeflächen	56
3.2	Methode	57
3.2.1	Versuchsdurchführung	57
3.2.2	Prüfbedingungen	58
3.2.2.1	Trockenlagerung	59
3.2.2.2	Wasserlagerung	59
3.2.2.3	Temperaturwechsellast	59
4	Ergebnisse	60
4.1	Allgemeines	60
4.2	Einfluss unterschiedlicher Lagerungsbedingungen auf die Verbundfestigkeit zweier NEM-Legierungen nach Durchführung verschiedener Oberflächenkonditionierungsverfahren	60
4.2.1	Verbundfestigkeit nach Konditionierung mit dem Rocatec-Verfahren und Klebung mit Compolute® nach unterschiedlicher Lagerung	60
4.2.1.1	Verbundfestigkeitswerte nach 24 Stunden Trockenlagerung	61
4.2.1.2	Verbundfestigkeitswerte nach 7, 90 und 180 Tagen Wasserlagerung bei 35 °C	62

4.2.1.3	Verbundfestigkeitswerte nach 5000 und 10000 Zyklen Temperaturwechsellast	63
4.2.1.4	Zusammenfassender Vergleich der Verbundfestigkeitswerte	64
4.2.2	Verbundfestigkeit nach flammenpyrolytischer Konditionierung und Klebung mit Compolute ® nach unterschiedlicher Lagerung	65
4.2.2.1	Verbundfestigkeitswerte nach 24 Stunden Trockenlagerung	65
4.2.2.2	Verbundfestigkeitswerte nach 7, 90 und 180 Tagen Wasser- lagerung bei 35 °C	66
4.2.2.3	Verbundfestigkeitswerte nach 5000 und 10000 Zyklen Temperaturwechsellast	67
4.2.2.4	Zusammenfassender Vergleich der Verbundfestigkeitswerte	68
4.2.3	Verbundfestigkeit nach Konditionierung mit Alloy Primer und Klebung mit PANAVIA F ® nach unterschiedlicher Lagerung	69
4.2.3.1	Verbundfestigkeitswerte nach 24 Stunden Trockenlagerung	69
4.2.3.2	Verbundfestigkeitswerte nach 7, 90 und 180 Tagen Wasser- lagerung bei 35 °C	70
4.2.3.3	Verbundfestigkeitswerte nach 5000 und 10000 Zyklen Temperaturwechsellast	71
4.2.3.4	Zusammenfassender Vergleich der Verbundfestigkeitswerte	72
4.2.4	Verbundfestigkeit nach flammenpyrolytischer Konditionierung und Klebung mit PANAVIA F ® nach unterschiedlicher Lagerung	73
4.2.4.1	Verbundfestigkeitswerte nach 24 Stunden Trockenlagerung	74
4.2.4.2	Verbundfestigkeitswerte nach 7, 90 und 180 Tagen Wasser- lagerung bei 35 °C	75
4.2.4.3	Verbundfestigkeitswerte nach 5000 und 10000 Zyklen Temperaturwechsellast	76
4.2.4.4	Zusammenfassender Vergleich der Verbundfestigkeitswerte	77
4.3	Vergleich der Verbundfestigkeitswerte verschiedener Ober- flächenkonditionierungsverfahren unter Berücksichtigung der Lagerungsart	78
4.3.1	Vergleich der Verbundfestigkeit nach 24 Stunden Trocken- lagerung	78
4.3.2	Vergleich der Verbundfestigkeit nach 7 Tagen Wasserlagerung bei 35 °C	80
4.3.3	Vergleich der Verbundfestigkeit nach 90 Tagen Wasserlagerung bei 35 °C	82
4.3.4	Vergleich der Verbundfestigkeit nach 180 Tagen Wasserlagerung bei 35 °C	84
4.3.5	Vergleich der Verbundfestigkeit nach 5000 Zyklen Temperatur- wechsellast	86

4.3.6	Vergleich der Verbundfestigkeit nach 10000 Zyklen Temperaturwechsellast	88
4.4	Zusammenfassender Vergleich der Abscherfestigkeiten der untersuchten Verbundsysteme	90
5	Diskussion	92
5.1	Fragestellung	92
5.2	Diskussion und Messfehler	92
5.2.1	Herstellung der Prüfkörper	92
5.2.2	Konditionierung der Prüfkörperoberflächen	95
5.2.3	Herstellen des Klebeverbundes	96
5.2.4	Berechnung der Klebeflächen	97
5.3	Die Verbundfestigkeitsprüfung	98
5.3.1	Abscherversuch	98
5.3.2	Auswertung der Klebeflächen	98
5.4	Diskussion der Messergebnisse	99
5.4.1	Vergleich der Haftfestigkeitswerte der untersuchten Verbundsysteme nach unterschiedlicher künstlicher Alterung	99
5.4.1.1	Oberflächenkonditionierung mit dem Rocatec-Verfahren und Klebung mit Compolute®	101
5.4.1.2	Flammenpyrolytische Oberflächenkonditionierung und Klebung mit Compolute®	103
5.4.1.3	Flammenpyrolytische Oberflächenkonditionierung und Klebung mit PANA VIA F®	104
5.4.1.4	Oberflächenkonditionierung mit Alloy Primer und Klebung mit PANA VIA F®	105
5.5	Diskussion des Verfahrens	106
6	Klinische Bedeutung	107
7	Zusammenfassung	109
7.1	Zusammenfassung	109
7.2	Summary	110
8	Literaturverzeichnis	112
9	Tabellenanhang	125

Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Priv. doz. Dr. R. Strietzel für die Überlassung des Themas und die freundliche, ausdauernde Unterstützung bei allen anstehenden Problemen.

Herrn Prof. Dr. Radlanski, Leiter der Abteilung Experimentelle Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde und seinen Mitarbeitern danke ich für die Zusammenarbeit. Mein Dank gilt hier insbesondere Frau Bölling für die Hilfe bei der Einstellung, Programmierung und Bedienung der Instron-Universalprüfmaschine sowie der Versuchsdurchführung.

Den Firmen BEGO, ESPE und KURARAY danke ich für die großzügige Überlassung der Materialien.

Herrn Dipl.-Met. Heiko Bellmann möchte ich meinen Dank für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Daten aussprechen.

Ebenso danke ich dem Dentallabor PETRA HARSDORF GmbH in Berlin für die Bereitstellung der Geräte und Frau Anja Richter für die Unterstützung bei der Prüfkörperherstellung.

Lebenslauf

Name: Michael Sörgel
Geburtsdatum: 01.10.1973
Geburtsort: Berlin

Eltern: Hans-Jürgen Sörgel, Chemieingenieur †
Ulrike Sörgel, geb. Schreier, Chemieingenieur

Schule: 1980 - 1990 Realschule, Berlin
1990 - 1992 Gymnasium, Berlin
1992 Erlangung der allgemeinen Hochschulreife

Ausbildung: 1992 - 1996 Berufsausbildung zum Zahntechniker
Abschluss als Geselle der Zahntechnik

Studium: April 1996 Zulassung zum Studium der Zahnmedizin an der
Freien Universität Berlin
11.03.1997 naturwissenschaftliche Vorprüfung
16.10.1998 zahnärztliche Vorprüfung
19.02. - 03.08.2001 Staatsexamen an der Freien Universität
Berlin

Approbation: 09.08.2001

Beruf: seit 15.10.2001 Tätigkeit in einer Berliner Zahnarztpraxis

Dissertation: 22.05.1999 Übernahme des Dissertationsthemas
30.11.1999 - 01.11.2000 Durchführung der praktischen
Versuche