

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Abteilung für Experimentelle Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Charité-Universitätsmedizin Berlin
Campus Benjamin Franklin

DISSERTATION

Untersuchung und Vergleich der Prüfmethode nach DIN 13 914 und DIN EN ISO 3336 für die Verbundfestigkeit von Kunststoffzähnen im Prothesenkunststoff

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät der Charité-
Universitätsmedizin Berlin

von
Zahnarzt Stephen Brandt
aus Montreal / Kanada

Gutachter: 1. Prof. Dr. J. Viohl
 2. Prof. Dr. A. M. Kielbassa
 3. Prof. Dr. med. dent. M. Walter

Datum der Promotion: 23. März 2007

Meinen Eltern

Christel Brandt und Hans Werner Brandt,
die nie müde wurden, mich zu fördern, zu ermutigen
und in meinen Zielen zu bestärken,
in Liebe und Dankbarkeit

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Schrifttumsübersicht	11
2.1	Kunststoffe in der zahnärztlichen Prothetik	11
2.1.1	Geschichtliches	11
2.1.2	Polymethylmethacrylat in der Zahnheilkunde	11
2.1.2.1	Chemie und Herstellung des Polymethylmethacrylats	11
2.1.2.2	Physikalische Eigenschaften	12
2.1.3	Kunststoffzähne	14
2.1.3.1	Anforderungen an Kunststoffzähne	14
2.1.3.2	Modifikationen und Eigenschaften der Kunststoffzähne	15
2.1.4	Prothesenkunststoffe	16
2.1.4.1	Anforderungen an Prothesenkunststoffe	16
2.1.4.2	Modifikationen und Eigenschaften der PMMA-Prothesenkunststoffe	16
2.2	Verbund zwischen Kunststoffzähnen und Prothesenbasen	18
2.2.1	Theoretische Grundlagen	18
2.2.2	Anforderungen an die Verbundfestigkeit	19
2.2.3	Oberflächenbedingte Ursachen unzureichender Verbundfestigkeit	19
2.2.3.1	Prothesenkunststoffe	21
2.2.3.2	Kunststoffzähne	25
2.2.4	Schwächen des Herstellungsverfahrens und Kompatibilitätsprobleme	27
2.2.5	Maßnahmen zur Verbesserung der Verbundfestigkeit	27
2.2.5.1	Materialtechnische Veränderungen	28
2.2.5.2	Oberflächenkonditionierung der Kunststoffzähne	29
2.2.5.3	Retentionen	35
2.2.6	Angewandte werkstoffkundliche Prüfverfahren und ihre Bewertung	40
2.2.6.1	Versuche mit quantitativen Prüfkriterien	41
2.2.6.2	Versuche mit qualitativen Prüfkriterien	41
2.2.6.3	Zugversuche	42
2.2.6.4	Scherversuche	45
2.2.6.5	Biegeversuche	46
2.2.6.6	Kombinierte Versuche	47
2.2.6.7	Dauerschwingversuch	49
2.2.6.8	Farbstoffpenetrationstest	49
2.2.6.9	Belastungsgeschwindigkeit	50
2.2.7	Prüfnormen für die Verbundfestigkeitsprüfung von Kunststoffzähnen	52

2.2.7.1	American National Standard und Australian Standard	52
2.2.7.2	International Organization for Standardization / Europäisches Komitee für Normung, British Standard Specification und South African Specification	53
2.2.7.3	Deutsches Institut für Normung	53
3	Material und Methode	55
3.1	Versuche zu DIN 13 914	55
3.1.1	Prüfkörperherstellung	55
3.1.2	Vorversuche	59
3.1.3	Verbundfestigkeitsprüfung	62
3.2	Versuche zu DIN EN ISO 3336	64
3.2.1	Prüfkörperherstellung	64
3.2.2	Verbundfestigkeitsprüfung	67
3.3	Erfassung der Meßdaten	68
3.4	Statistische Verfahren	69
3.5	Übersicht über die Hauptversuche	70
3.5.1	Übersicht über die Versuche zu DIN 13 914	70
3.5.2	Übersicht über die Versuche zu DIN EN ISO 3336	71
4	Ergebnisse	73
4.1	Versuche zu DIN 13 914	73
4.1.1	Einfluß von Fehlern bei der Prüfkörperherstellung und Biegeprüfung	73
4.1.1.1	Einfluß des Verbundflächenwinkels auf Biegefestigkeit und Bruchverlauf	73
4.1.1.2	Einfluß von Positionierungsfehlern auf die Biegefestigkeit	75
4.1.2	Reproduzierbarkeit anhand des Einflusses von nicht oder schlecht definierten Parametern bei der Prüfkörperherstellung	77
4.1.2.1	Einfluß des Prüfkörperquerschnitts auf Biegefestigkeit und Bruchverlauf	77
4.1.2.2	Einfluß der Abtragsmenge auf die Biegefestigkeit	79
4.1.2.3	Einfluß des Fräsers auf die Biegefestigkeit	80
4.1.3	Validität der Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN 13 914 anhand der Häufigkeit von Brüchen mit adhäsivem Anteil	81
4.1.4	Unterscheidungsvermögen der Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN 13 914 anhand der Diskrimination unterschiedlicher Zahnfabrikate	84
4.2	Versuche zu DIN EN ISO 3336	85
4.2.1	Validität der Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN EN ISO 3336 anhand der Häufigkeit von Brüchen mit adhäsivem Anteil	85
4.2.2	Unterscheidungsvermögen der Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN EN ISO 3336 anhand der Diskrimination unterschiedlicher Zahnfabrikate	86
4.2.3	Inkonsistente Meßergebnisse	88

4.3	Vergleich der Validität der Verbundfestigkeitsprüfungen nach DIN 13 914 und DIN EN ISO 3336 anhand der Häufigkeit von Brüchen mit adhäsivem Anteil	90
4.4	Vergleich des Unterscheidungsvermögens der Verbundfestigkeitsprüfungen nach DIN 13 914 und DIN EN ISO 3336 anhand der Diskrimination unterschiedlicher Zahnfabrikate	91
5	Diskussion	93
5.1	Versuche zu DIN 13 914	93
5.1.1	Einfluß von Fehlern bei der Prüfkörperherstellung und Biegeprüfung	93
5.1.1.1	Einfluß des Verbundflächenwinkels auf Biegefestigkeit und Bruchverlauf	93
5.1.1.2	Einfluß von Positionierungsfehlern auf die Biegefestigkeit	95
5.1.2	Reproduzierbarkeit anhand des Einflusses von in der DIN 13 914 nicht oder schlecht definierten Parametern bei der Prüfkörperherstellung	96
5.1.2.1	Einfluß des Prüfkörperquerschnitts auf Biegefestigkeit und Bruchverlauf	96
5.1.2.2	Einfluß der Abtragsmenge auf die Biegefestigkeit	97
5.1.2.3	Einfluß des Fräasers auf die Biegefestigkeit	97
5.1.3	Validität anhand der Häufigkeit von Brüchen mit adhäsivem Anteil	98
5.1.4	Unterscheidungsvermögen anhand der Diskrimination unterschiedlicher Zahnfabrikate	98
5.2	Versuche zu DIN EN ISO 3336	99
5.2.1	Einfluß von Fehlern bei der Prüfkörperherstellung und Biegeprüfung	99
5.2.2	Reproduzierbarkeit anhand des Einflusses von in der DIN EN ISO 3336 nicht oder schlecht definierten Parametern bei der Prüfkörperherstellung	99
5.2.3	Validität anhand der Häufigkeit von Brüchen mit adhäsivem Anteil	100
5.2.4	Unterscheidungsvermögen anhand der Diskrimination unterschiedlicher Zahnfabrikate	100
5.2.5	Inkonsistente Meßergebnisse	100
5.3	Vergleich der Validität der Verbundfestigkeitsprüfungen nach DIN 13 914 und DIN EN ISO 3336 anhand der Häufigkeit von Brüchen mit adhäsivem Anteil	101
5.4	Vergleich des Unterscheidungsvermögens der Verbundfestigkeitsprüfungen nach DIN 13 914 und DIN EN ISO 3336 anhand der Diskrimination unterschiedlicher Zahnfabrikate	103
5.5	Methodenkritik	106
5.5.1	Versuchsaufbau und Durchführung	106
5.5.2	Statistische Auswertung	107
6	Praktische Hinweise	109
6.1	Verbesserungsvorschläge zur Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN 13 914	109
6.1.1	Maßnahmen zur Fehlerreduktion	109
6.1.1.1	Definition einer Toleranz für den Verbundflächenwinkel	109

6.1.1.2	Vermeiden von Positionierungsfehlern	110
6.1.2	Konkretisierung von nicht oder schlecht definierten Parametern	111
6.1.2.1	Prüfkörperquerschnitt	112
6.1.2.2	Abtragsmenge	112
6.1.2.3	Fräser / Schleifmittel	113
6.1.3	Sicherstellung der Validität	113
6.2	Verbesserungsvorschläge zur Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN EN ISO 3336	114
6.3	Weiterführende Überlegungen	115
7	Zusammenfassung	117
8	Summary	119
9	Schrifttumsverzeichnis	121
10	Geräte, Materialien und Ressourcen	127
10.1	Literaturrecherche	127
10.2	Prüfkörperherstellung und Vorversuche	127
10.3	Hauptversuche (Verbundfestigkeitsprüfung)	128
11	Tabellenanhang	129
11.1	Meßwerte der Versuche zu DIN 13 914	129
11.1.1	Vorversuche	129
11.1.2	Hauptversuche	130
11.1.2.1	Kontrollgruppe normalvernetzt (NV)	130
11.1.2.2	Kontrollgruppe hochvernetzt (HV)	130
11.1.2.3	Einfluß des Verbundflächenwinkels (Winkel von 3° - 10°)	131
11.1.2.4	Einfluß des Verbundflächenwinkels (Winkel von 10° - 42°)	131
11.1.2.5	Einfluß von Positionierungsfehlern (NV kunststoffexzentrisch)	132
11.1.2.6	Einfluß von Positionierungsfehlern (NV zahnexzentrisch)	132
11.1.2.7	Einfluß von Positionierungsfehlern (HV kunststoffexzentrisch)	133
11.1.2.8	Einfluß von Positionierungsfehlern (HV zahnexzentrisch)	133
11.1.2.9	Einfluß des Prüfkörperquerschnitts (14 - 18 mm ²)	134
11.1.2.10	Einfluß des Prüfkörperquerschnitts (4 - 14 mm ²)	134
11.1.2.11	Einfluß des Prüfkörperquerschnitts (18 - 25 mm ²)	134
11.1.2.12	Einfluß der Abtragsmenge (unbeschiffen)	135
11.1.2.13	Einfluß der Abtragsmenge (wenig beschiffen)	135
11.1.2.14	Einfluß des Fräsers (grob gefräst)	136
11.1.2.15	Einfluß des Fräsers (fein gefräst, poliert)	136
11.2	Meßwerte der Versuche zu DIN EN ISO 3336	137
12	Danksagungen	141
13	Curriculum Vitae	143