

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

Experimentelle Untersuchung der  
Schrumpfkraft von lighthärtenden Composites  
während der Polymerisation

Inauguraldissertation  
zur  
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde  
des Fachbereichs Humanmedizin  
Universitätsklinikum Benjamin Franklin  
Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von  
Zahnarzt Hans-Joachim Kirchner  
aus Wiesbaden

---

Referent: Prof. Dr. med. dent. Joachim Viohl

Korreferent: PD. Dr. rer. nat. Roland Strietzel

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Humanmedizin  
Universitätsklinikum Benjamin Franklin  
Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 11. April 2003





---

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht</b> .....	<b>11</b>
2.1	Historische Entwicklung .....	11
2.2	Zusammensetzung des Composites .....	12
2.2.1	Matrix .....	12
2.2.2	Füllstoffe .....	14
2.2.3	Verbundphase .....	16
2.3	Klassifikation .....	17
2.3.1	Polymerisation .....	20
2.3.2	Chemische Härtung - Autopolymerisate .....	21
2.3.3	Lichthärtung - Photopolymerisate .....	22
2.4	Materialeigenschaften .....	22
2.4.1	Viskosität und Konsistenz .....	22
2.4.2	Dimensionsverhalten .....	23
2.4.2.1	Polymerisationsschrumpfung .....	23
2.4.2.2	Thermischer Ausdehnungskoeffizient .....	26
2.4.2.3	Wasseraufnahme und Löslichkeit .....	27
2.4.2.4	Viskoelastisches Verhalten .....	28
2.4.3	Porosität .....	28
2.4.4	Verbundfestigkeit .....	29
2.4.4.1	Härte .....	29
2.4.4.2	Druck- und Zugfestigkeit .....	30
2.4.4.3	Biegefestigkeit .....	30
2.4.4.4	Elastizitätsmodul .....	31
2.4.5	Übersicht der werkstoffkundlichen Parameter .....	32
2.5	Haftung der Compositematerialien an den Zahnhartsubstanzen .....	32
2.5.1	Haftungsmechanismen .....	32
2.5.2	Haftvermittler .....	34
2.6	Compositematerialien und ihre Verarbeitung .....	35
2.6.1	Kavitätenpräparation und -größe .....	35
2.6.2	Applikationstechniken .....	37
2.6.3	Lichthärtung .....	38
2.6.4	Einfluss der Füllungsmaterialien auf die Zahnschmelze .....	39
2.7	Kräftemessung bei Polymerisationsschrumpfung an Composites .....	41
2.7.1	Einleitung .....	41
2.7.2	Beeinflussende Faktoren der Kräftemessung .....	42
2.7.3	Messeinrichtungen .....	47
2.7.4	Belastungsanalysen und Finite-Elemente-Methode .....	52
<b>3</b>	<b>Eigene Untersuchungen</b> .....	<b>55</b>
3.1	Übersicht der Methodik .....	55
3.2	Versuchsaufbau .....	55
3.3	Versuchsdurchführung .....	57
3.3.1	Probenstempel .....	57
3.3.1.1	Auswahl und Herstellung .....	57
3.3.1.2	Vorbereitung der Haftflächen .....	58
3.3.2	Applikation der Materialien und Polymerisation .....	58
3.3.3	Messung .....	60

---

3.4	Vorversuche.....	61
3.4.1	Material.....	61
3.4.2	Probenlänge.....	61
3.4.3	Polyethylenmanschette.....	62
3.4.4	Bestrahlungszeit / Lichthärtung.....	62
3.4.5	Feuchtigkeitseinwirkung.....	62
3.4.6	Ergebnisse und Auswertung der Vorversuche.....	64
3.4.6.1	Folgerung für die Hauptversuche.....	66
3.5	Hauptversuche.....	67
3.5.1	Material und Probenlänge.....	67
3.6	Weitere Prüfungen.....	69
3.7	Statistische Auswertung.....	70
<b>4</b>	<b>Versuchsergebnisse.....</b>	<b>71</b>
4.1	Tabellarische Darstellung der Auswertung.....	71
4.2	Auswertung der Versuchsreihen.....	74
4.2.1	Unterschiedliche Probenlängen.....	75
4.2.2	Unterschiede zwischen den Materialien.....	82
4.3	Ergebnisse der Konsistenzprüfung.....	84
<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>85</b>
5.1	Methodik.....	85
5.1.1	Fragestellung.....	85
5.1.2	Material und Probenlänge.....	85
5.1.3	Versuchsaufbau.....	85
5.2	Ergebnisse.....	90
5.2.1	Unterschiedliche Probenlängen.....	90
5.2.2	Unterschiede zwischen den Materialien.....	92
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerung und klinische Hinweise.....</b>	<b>95</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>97</b>
7.1	Zusammenfassung.....	97
7.2	Summary.....	99
<b>8</b>	<b>Schriftumsverzeichnis.....</b>	<b>101</b>
<b>9</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>119</b>
9.1	Verzeichnisse, Geräte- und Materialliste.....	119
9.2	Messreihen.....	121
9.3	Lebenslauf.....	128
9.4	Danksagung.....	129

### 9.3 Lebenslauf

18.03.1963	geboren in Wiesbaden, Hessen Eltern: Dr. jur. Ottmar Kirchner Dr. jur. Ingeborg Kirchner
1969-1973	Hermann-Löns-Schule, Grundschule, Wiesbaden
1973-1979	Helene-Lange-Schule, Gymnasium, Wiesbaden
1979-1982	Oberstufengymnasium am Moltkering, Wiesbaden
25.05.1982	Allgemeine Hochschulreife
1982-1983	TU München, Fachrichtung Maschinenbau
1983-1989	FU Berlin, Fachrichtung Zahnheilkunde
07.04.1986	Zahnärztliche Vorprüfung abgeschlossen
SS 1987	2-monatige Famulatur am Colonial-War-Memorial-Hospital, Suva, Fiji
31.07.1989	Zahnärztliches Staatsexamen abgeschlossen
01.08.1989	Approbation als Zahnarzt
1990-1992	Assistenz Zahnarzt in Berlin
15.06.1993	Niederlassung als Zahnarzt in Berlin-Pankow
Mai 1996	Übernahme des Dissertationsthemas
November 1996 bis April 1997	Durchführung der Hauptversuche

## **9.4 Danksagung**

Ich möchte besonders meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. med. dent. J. Viohl für die Überlassung des Themas und seiner wertvollen und hilfreichen Unterstützung sowie den konstruktiven Ratschlägen danken.

Der Mitarbeiterin der Abteilung für Experimentelle Zahnheilkunde Frau Bölling danke ich für die hilfreiche Unterstützung an der Universalprüfmaschine.

Kraft der Initiative meiner Eltern habe ich den Weg zur Erlangung der Doktorwürde begonnen und konnte mithilfe der regelmäßigen Motivierung von Annette die Dissertation während der täglichen Arbeit bei vielen versäumten Abenden und Wochenenden vollenden.