

## 6 SCHLUSSFOLGERUNG UND KLINISCHE HINWEISE

Durch die Polymerisation von Composites wird eine erhebliche initiale Schrumpfkraft auf den Verbund zwischen Composite/Haftvermittler und Haftvermittler/Schmelz ausgeübt und eine Fraktur der Kavitätenwände erscheint möglich. Durch moderne Adhäsive können Haftwerte bis zu 20 MPa erreicht werden, und die damit über der Zugfestigkeit vom Zahnschmelz liegen. Schmelzzerstörende Schrumpfkraften von über 10 MPa, verursacht durch die Polymerisationskontraktion, werden von ALSTER (3), BOWEN (20) und FEILZER (63) an einem Versuchsaufbau mit Korrektur der lastbedingte Längenänderung gemessen. Unter klinischen Umständen ist aufgrund der Polymerisations-schrumpfung die ausgeübte Kraft bzw. Spannung aber wesentlich von der Flexibilität des Füllungsmaterials und der Kavitätenwände abhängig (2). So wurde bei MOD-Füllungen eine Annäherung der bukkalen und lingualen Kavitätenwände um bis zu 37,5  $\mu\text{m}$  beobachtet (122), was zu einer erheblichen Reduzierung der anfänglichen Polymerisationsschrumpfung führt.

Mikroskopisch werden kohäsive Schmelzbrüche beobachtet (70) und bei ungünstigen Gegebenheiten erscheinen lokale Spannungsspitzen unter Berücksichtigung des C-Faktors möglich. Die Fraktur einer gesamten Kavitätenwand durch die initiale Schrumpfkraft polymerisierenden Composites ist aber in der Literatur nicht beschrieben worden und erscheint ausschließlich aufgrund der bei der Polymerisation auftretenden anfänglichen Schrumpfkraften nicht möglich. Dies deckt sich mit den Spannungsanalysen von TOPARLI et al. (184), welche unter Zuhilfenahme der dreidimensionalen FEM-Methode bei Composites durch die Schrumpfung eine Zugspannung von 3 MPa im Höcker-spitzenbereich errechnen. Die Anwendung der FEM-Methode mit komplexen anatomischen Strukturen unter Berücksichtigung von inhomogenen Substanzen, welche in der Biomechanik schon seit längerem verwandt wird, bietet einen weiteren Ansatz, um die Kraftentwicklung und -verteilung der den üblichen Messapparaturen unzugänglichen Strukturen zu ermitteln.

Bezogen auf die in dieser Untersuchung verwendeten Probekörper mit einer Länge von 2 mm bewirkt eine schon sehr geringe Flexibilität des Füllungsmaterials und der Kavitätenwände von 1  $\mu\text{m}$  (0,5 ‰) bei einem Elastizitätsmodul von 8.000 MPa eine Spannungsentlastung um 4 MPa. Gemessen wurde in dieser Untersuchung nur eine maximale Spannung von 1,9 MPa. Auf den klinischen Bereich kann diese nicht kavitätengerechte Probengestaltung nur zum Teil übertragen werden; sie verdeutlicht jedoch das Maß an Spannungsentlastung, welche durch eine Flexibilität der Kavitätenwände möglich ist.

Größere Proben bewirken in dieser Untersuchung eine größere Schrumpfkraft. In der klinischen Anwendung werden bei größeren Füllungen meist auch mehr Flächen wiederhergestellt und der C-Faktor vermindert. Gegenüber kleineren Füllungen wird die Schrumpfkraftzunahme dadurch reduziert. Größere Füllungen scheinen sich daher nicht von vornherein negativ auf einen guten Randschluss auszuwirken.

Die gemessenen Schrumpfkraften beeinträchtigten bei einer ausreichenden Verbundfestigkeit (siehe Kap. 2.5.2) zwischen allen hier untersuchten Composites und dem Zahnschmelz vermutlich nicht die anfängliche Randschlussqualität.

Für eine Reduzierung der während der Polymerisationsschrumpfung von lichthärtenden Composites auftretenden Kräfte gibt es in der Praxis aber verschiedene Methoden, z.B. die Mehrschichttechnik, die Nutzung elastischer Haftvermittler, differenzierte Lichthärtungsmechanismen u.s.w., um die Schrumpfung zu vermindern.

Die vielfachen im Schrifttum verwendeten Versuchsaufbauten bei der Kraft- oder Spannungsmessungen während der Polymerisation erschweren eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Für künftige Untersuchungen wäre hierfür ein einheitliches Prüfverfahren zweckmäßig.