

Das selbstnivellierende Komposit Smart Dentin Replacement (SDR) des Herstellers DENTSPLY stand im Mittelpunkt einer komplexen materialwissenschaftlichen Vergleichsstudie.<sup>1</sup> Untersucht wurde die Frage, ob dieses für die Bulk-Fülltechnik konzipierte Unterfüllungskomposit sich hinsichtlich seines Schrumpfverhaltens von konventionellen niedrig- beziehungsweise hochviskosen Kompositen unterscheidet. Dazu wurden SDR sowie vier weitere methacrylatbasierte Komposite und ein Siloran auf Schrumpfungsstress und relevante mikromechanische Eigenschaften getestet und diese Parameter in Bezug auf die chemischen Kompositionen statistisch geprüft.

Gerhard Frensel  
[Infos zum Autor]



# Schrumpfungsverhalten: Komposite im Vergleich

Autor: Gerhard Frensel

Moderne Komposite sollen einen möglichst niedrigen Schrumpfungsstress aufweisen, um negative Effekte wie mangelhaften Randschluss, Randverfärbungen, Frakturen, eine erhöhte Freisetzung von Monomeren, Debonding, Sekundärkaries oder postoperative Sensitivitäten und Schmerzen zu vermeiden. Daher sind seitens der Dentalindustrie verschiedene Strategien zur Entwicklung wenig schrumpfender Restaurative realisiert worden, von denen Variationen des Füllmaterials beziehungsweise dessen Volumens, Veränderungen der Monomerchemie sowie Modifikationen der Polymerisationskinetik sich als am Erfolg versprechendsten erwiesen haben.

Mit der Einführung des speziell für die Bulk-Fülltechnik konzipierten niedrigviskosen Kompositwerkstoffes SDR ist dem Hersteller DENTSPLY ein wichtiger Schritt zu einem Füllungsmaterial mit extrem geringen Polymerisationsstress gelungen: Dem Zahnarzt steht hiermit ein fließfähiges Material zur Verfügung, das eine sichere randschlüssige Verarbeitung von Inkrementen bis zu vier Millimeter in einem Guss gestattet. Dies ist möglich, weil spezielle SDR-Monomere durch ihr visko-elastisches Verhalten eine stressarme Aushärtung bewirken. Der sonst

bei konventionellen Kompositen beziehungsweise Flowables auftretende Polymerisationsstress ist dadurch signifikant reduziert.

Aufgrund der besonders hohen Transluzenz von SDR kann das Licht selbst bei vier Millimeter starken Inkrementen und extrem hohen C-Faktoren sicher bis zum Kavitätenboden durchdringen und gewährleistet neben der stressreduzierten Polymerisation des Materials auch die Haftung am Kavitätenboden.<sup>2</sup> Abschließend wird die SDR-Unterfüllung mit einem beliebigen methacrylatbasierten Universalkomposit abgedeckt.

## Untersuchungen zum Schrumpfverhalten von SDR

Die im Folgenden vorgestellte In-vitro-Studie von Ilie et al.<sup>1</sup> ging der Frage nach, inwieweit SDR hinsichtlich des Schrumpfungsstress und wichtiger mikromechanischer Eigenschaften von anderen methacrylat- und siloranbasierten Füllungswerkstoffen abweicht. Zwei Null-Hypothesen wurden dazu gebildet und überprüft:

1. Das Schrumpfverhalten von SDR während der Polymerisation unterscheidet sich nicht von herkömmlichen Flowables.

2. Ein reduzierter Schrumpfungsstress verringert die mikromechanischen Eigenschaften nicht.

## Material und Methoden

SDR, das methacrylatbasierte Mikro-Hybrid-Flowable Esthet·X Flow, und sein hochviskoses Pendant Esthet·X HD (DENTSPLY), das methacrylatbasierte Nano-Hybrid-Flowable Filtek Supreme Plus Flow und dessen hochviskoses Pendant Filtek Supreme Plus (3M ESPE, Filtek Supreme XTE in Europa) sowie das siloranbasierte Mikro-Hybrid-Komposit Filtek Silorane (3M ESPE) wurden vergleichend in vitro materialwissenschaftlich untersucht. Evaluiert wurden jeweils die Entwicklung des Schrumpfungsstress während der Aushärtung, der Spitzenwert des Schrumpfungsstress und der Gelpunkt, ferner die mikromechanischen Parameter Vickers-Härte, Elastizitätsmodul, Kriechfließverhalten sowie elastisch-plastische Deformation.

Dazu wurden jeweils zehn Proben der sechs Kompositwerkstoffe mit einer kalibrierten LED-Polymerisationslampe (Freelight 2; 3M ESPE) 20 Sekunden mit 1.226 Milliwatt pro Quadrat-

zentimeter belichtet, was einer Energiedichte von 14,5 Joule pro Quadratmeter entsprach. Die ausgehärteten und präparierten Probenkörper hatten die Dimension 4 x 4 Millimeter Grundfläche und zwei Millimeter Höhe sowie einen C-Faktor von 0,3. Sie ähnelten klinisch einer Prämolaren-Restaurations mit zwei Millimeter Tiefe.

Der Schrumpfstress und die Zeit bis zum Erreichen des Gelpunktes wurden in einem Stress-Strain-Analyser (SSAT80) kontinuierlich über 300 Sekunden nach Fotoinitiation gemessen. Die Messwerte des maximalen Stresses und die Zeit bis zum Erreichen des Gelpunkt-Schwellenwertes – willkürlich festgelegt als Kraft von 0,5 Newton – wurden anschließend statistisch mittels einseitiger ANOVA und Tukey's HSD post hoc Test (Fehler 1. Art = 0,05) verglichen.

Die mikromechanischen Eigenschaften wurden nach DIN 50359-1:1997-10 mithilfe eines Mikrohärt-Indenters (Fischerscope H100C) geprüft. Dazu wurden die Probenkörper – nachdem die Messungen von Schrumpfstress und Gelpunkt erfolgt waren – 24 Stunden in destilliertem Wasser gelagert und, je fünffach wiederholt, an ihrer zuvor polierten Ober- und Unterseite gemessen. Dabei wurde die Hysteresis-Testlast mit konstanter Geschwindigkeit zwischen 0,4 und 500 Millinewton erhöht beziehungsweise erniedrigt; die Testlast und Penetrationstiefe des Indenters wurden kontinuierlich aufgezeichnet. Nach Errechnung der Vickers-Härte wurde aus dem Indentationsmodulus der Elastizitätsmodulus ermittelt.

Die Messung der Veränderung der Indentationstiefe bei konstanter Testlast entsprach dem Kriechfließverhalten im Probenmaterial. Wei-

terhin wurde aus der Indentationsprozedur die mechanische Gesamtarbeit im Komposit in einen elastischen und einen plastischen Anteil in der Probe differenziert.

Ergänzend zu den bereits erwähnten statistischen Verfahren wurden die mikromechanischen Messwerte einer Korrelationsanalyse nach Pearson unterzogen. Der Einfluss der Komposit-Parameter Füllervolumen und -gewicht wurde anhand einer multivariaten ANOVA mit den abhängigen Variablen Vickers-Härte, Elastizitätsmodul, Kriechfließverhalten, elastisch-plastische Deformation, Schrumpfstress und Gelpunkt untersucht.

## Ergebnisse

Alle sechs Composite – SDR, die vier konventionellen Composite sowie das Siloran – zeigten in der Messphase eine S-förmige Kurve während der Entwicklung des Schrumpfstresses. Bei allen der aus jeweils zehn Einzelmessungen gemittelten Kurvendaten verlief die Zunahme anfangs annähernd linear, wobei es nach etwa 20 Sekunden zu einem plötzlichen Anstieg des Stresses kam – ein Überlagerungseffekt aufgrund der einsetzenden thermischen Kontraktion in den Compositen (siehe Abb.).

Nach 20 Sekunden waren die maximalen Stressraten der Polymerisation erreicht. Die beiden konventionellen Flowables – Filtek Supreme Plus Flow und Esthet X Flow – wiesen die höchsten Stressraten auf: 0,4 und 0,3 Megapascal pro Sekunde. SDR zeigte mit nur 0,1 Megapascal pro Sekunde die weitaus geringste Schrumpfstressrate aller untersuchten Materialien und war darin sogar dem Siloran überlegen. Die hochviskosen Kompo-

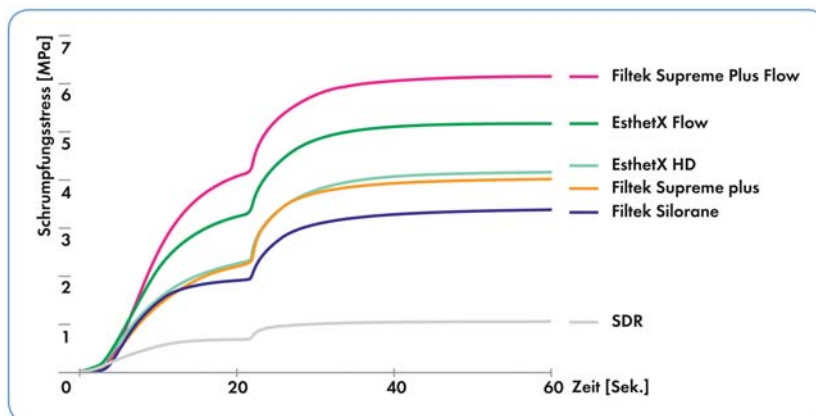
site lagen im Mittelfeld zwischen diesen Extremen. Zwischen den Maximalwerten des Stresses und der erforderlichen Zeitdauer bestand eine sehr hohe Korrelation (Pearson 0,97).

Die einseitige ANOVA (Vertrauensbereich 95 Prozent) ergab signifikante Unterschiede zwischen den Materialien hinsichtlich Schrumpfstress und Gelpunkt. Auch hier erreichte SDR den Bestwert mit 1,1 Megapascal, gefolgt vom Siloran mit 3,6 Megapascal. Die höchsten Stresswerte wurden bei Esthet X Flow (5,3 Megapascal) und Filtek Supreme Plus Flow (6,5 Megapascal) gemessen. Die beiden letztgenannten unterschieden sich beim Gelpunkt nicht voneinander, während SDR (3,1 Sekunden) und das Siloran (3,2 Sekunden) hier ebenfalls gleichauf lagen. Wie zu erwarten, wiesen die beiden hochviskosen methacrylatbasierten Composite die kürzeste Zeitspanne bis zum Erreichen des Gelpunktes auf. Die Korrelation zwischen Schrumpfstress und Gelpunkt war gering (Pearson -0,4).

Die mikromechanischen Eigenschaften aller untersuchten Composite unterschieden sich hinsichtlich der Ober- oder Unterseite ihrer Zwei-Millimeter-Inkrementen nicht voneinander. Die drei fließfähigen Materialien – SDR, Esthet X Flow und Filtek Supreme Plus Flow – fielen bei allen mikromechanischen Parametern signifikant hinter die hochviskosen Composite zurück. Innerhalb der Gruppe der Flowables wies SDR die geringste Vickers-Härte, das höchste Kriechfließverhalten sowie die geringste elastische Verformung, aber das höchste Elastizitätsmodul auf.

Die Korrelation zwischen dem Schrumpfstress jeweils gegenüber Vickers-Härte und Elastizitätsmodul war nur gering (Pearson 0,2 beziehungsweise 0,1). Dagegen bestand zwischen Schrumpfstress und Kriechfließverhalten sowie elastischer Verformung eine höhere Korrelation (Pearson 0,6 beziehungsweise 0,8).

Die multivariate ANOVA ergab signifikante Abhängigkeiten der einzelnen mikromechanischen Parameter von den Einflussgrößen Füllervolumen und -gewicht bei allen Testkandidaten. Das Füllergewicht hatte größeren Einfluss auf die Parameter Schrumpfstress und Gelpunkt als das Füllervolumen. Dagegen zeigten beide ähnliche Effekte gegenüber den mikromechanischen Eigenschaften, wobei das Füllervolumen die Vickers-Härte und die elastische Deformation stärker bestimmte als das Elastizitätsmodul oder das Kriechfließverhalten.



Vergleich des zeitlichen Verlaufs der Schrumpfstress-Entwicklung (Durchschnittskurven, n = 10) für das experimentelle Komposit mit einer kontrollierten Polymerisation, einem Mikrohybrid-Komposit auf Siloranbasis und vier konventionellen methacrylatbasierten Compositen.



sprechend war die erste Null-Hypothese der Studie abzulehnen, weil SDR sich bezüglich Schrumpfstress nämlich signifikant positiv von den anderen Kompositen unterscheidet.

## Fazit

SDR unterscheidet sich erheblich von den anderen getesteten Kompositen aufgrund seines völlig anderen Schrumpfverhaltens: Sein Schrumpfstress war sowohl gegenüber den konventionellen Mikro- und Nano-Hybrid-Flowables als auch gegenüber deren hochviskosen Gegenstücken deutlich niedriger und übertraf hierin sogar das mitgetestete Siloran. Dies trägt sicherlich dazu bei, dass SDR erfolgreich in Schichten bis zu vier Millimetern in Kombination mit herkömmlichen Kompositen verarbeitet werden kann, wie in der Zwischenzeit durch eine umfangreiche Kausimulationsstudie<sup>3</sup> als auch in einer kürzlich veröffentlichten kontrollierten klinischen Studie<sup>4</sup> gezeigt wurde. ◀

Keine signifikanten Unterschiede ergab die multivariate ANOVA bei der Frage nach einer Abhängigkeit der mikromechanischen Messwerte von der Ober- oder Unterseite der Probenkörper.

## Diskussion und Schlussfolgerung

Die vorliegende Studie analysierte das Schrumpfverhalten und die mikromechanischen Eigenschaften von SDR im Vergleich zu zwei methacrylatbasierten Mikro- beziehungsweise Nano-Hybrid-Flowables und deren hochviskosen Pendanten sowie gegenüber einem schrumpfstressreduzierten epoxidbasierten Siloran.

Eine Strategie zur Reduzierung des Schrumpfstresses besteht im Verzögern der Gelbildung. SDR zeigt hier einen deutlich später einsetzenden Gelpunkt als die anderen methacrylatbasierten Komposite des Tests. Die somit länger andauernde Prä-Gelphase trägt zu einem entspannteren Netzwerk bei, weil die sich bildenden Polymerketten sich flexibler zwischen den Komposit-Grenzflächen und der Matrix bewegen können.

Um den Schrumpfstress weiter erniedrigen zu können, ist eine langsame Polymerisationsrate anzustreben, weil dies die Fließkapazität des Materials erhöht und zu weniger Stressaufbau und besserer Grenzflächenintegrität führt. Dies ist ebenfalls bei SDR in besonderer Weise realisiert: Das Bulk-Füllkomposit erzielte gegenüber seinen konventionellen (Flowable-) Konkurrenten im Test eine um das drei- bis vierfache niedrigere Schrumpfrate. Hinzu kommt das Faktum, dass SDR hier nicht nur einen Spitzenwert erreicht, sondern diesen auch noch in der relativ kürzesten Zeit erzielt. Ent-

Das ebenfalls schrumpfoptimierte Siloran kommt unter den Testkandidaten noch am ehesten an die Leistungen der kontrollierten Polymerisation von SDR heran. Erreicht wird dies allerdings durch eine grundlegend andere Chemie: Statt der vorwiegend radikalisch initiierten Polymerisation von Methacrylaten wird diese bei epoxidbasierten Kompositen durch eine kationische Initiation bewirkt.

Die Ergebnisse der mikromechanischen Untersuchungen der Studie von Ilie zeigen ein komplexeres, heterogenes Bild beim Vergleich der verschiedenen Komposite bezüglich ihrer unterschiedlichen Monomer- beziehungsweise Füllergehalte und des resultierenden Schrumpfungsverhaltens. Dagegen lässt die Datenlage bei SDR genauere Schlussfolgerungen zu: Die mikromechanischen Eigenschaften von SDR stehen in signifikantem Zusammenhang mit seinem gegenüber den anderen Flowables deutlich niedrigeren Füllergehalt – 44 zu 55, respektive 53 Volumenprozent. Andererseits wies SDR das in dieser Gruppe höchste Füllergewicht auf, welches auf einen höheren Anteil von strontium- statt bariumhaltigen Gläsern zurückgehen dürfte. Daraus resultiert wahrscheinlich auch das größere Elastizitätsmodul von SDR.

Das erwiesenermaßen günstige visko-elastische Verhalten von SDR konnte durch die erhobenen mikromechanischen Daten dieser Studie nicht eindeutig abgeleitet werden. Die zweite Null-Hypothese – besagend, dass ein reduzierter Schrumpfstress die mikromechanischen Eigenschaften nicht erniedrigt – war aufgrund der heterogenen Ergebnisse dieses Bereichs der materialwissenschaftlichen Untersuchung nur teilweise abzulehnen.

## Literaturhinweise

- 1 Ilie N, Hickel R; 2011; Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR™ technology. *Dent Mater* 27 (2011) 348–355. doi:10.1016/j.dental.2010.11.014
- 2 Van Ende A et al.; 2012; Bulk-filling of high C-factor posterior cavities: Effect on adhesion to cavity-bottom dentin. *Dent Mater*, Epub 2012 Dec 8
- 3 Roggendorf MJ, Krämer N, Appelt A, Naumann M, Frankenberger R.; Marginal quality of flowable 4-mm base vs. conventionally layered resin composite, *J Dent*. 2011 Oct;39(10): 643-7
- 4 Van Dijken JW, Pallesen UJ; 2013; Randomized 2-Year Follow-up of Posterior Bulk-Filled Resin Composite Restorations, *Dent Res* 92 (Spec Iss B):001(CED)

## kontakt

DENTSPLY DeTrey GmbH  
De-Trey-Straße 1  
78467 Konstanz  
Tel.: 07531 583-0  
info@dentsply.de  
www.dentsply.de



Ultradent Products, USA

# TISSUE MANAGEMENT

- Seit 1978 -



## Alles unter Kontrolle!

Blutstillung · Sulcus-Fluid-Kontrolle · Retraktion

Das Tissue Management System von Ultradent Products beginnt mit einer blitzschnellen und zuverlässigen Blutstillung. So ist die Grundlage gelegt für eine exakte Abformung. In der Adhäsivtechnik werden präparierte Oberflächen vor Kontamination durch Blutungen und Sulcus Fluid bewahrt.

*Zwei Schritte muss man gehen: Erst den Sulcus mit blutstillendem Gel ausreiben und spülen, dann Ultrapak-Fäden legen zur Retraktion. Beschränkt man sich auf getränkte Fäden oder verwendet man nur adstringierende Paste, so kann ein Mittel nur oberflächlich wirken. Dank des Dento-Infusors – mit Kanüle und feiner Bürste – wird eine intensive Wirkung erzielt, sowohl mit Eisensulfat- als auch mit Aluminiumchlorid-Präparaten.*

Dr. Dan Fischer

**ULTRADENT**  
PRODUCTS · USA

UP Dental GmbH · Am Westhover Berg 30 · 51149 Köln  
Tel 02203-359215 · Fax 02203-359222 · [www.updental.de](http://www.updental.de)

Vertrieb durch den autorisierten und beratenden Dental-Fachhandel