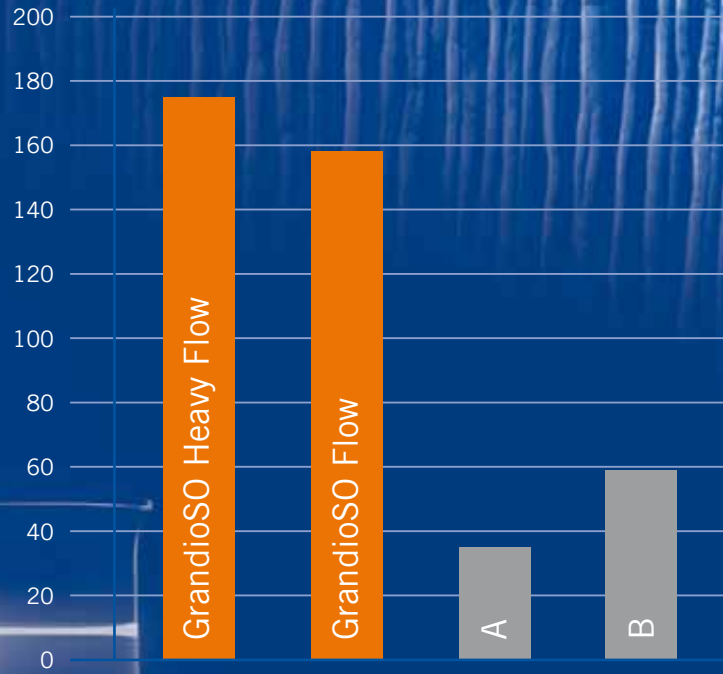


Oberflächenhärte [MHV]



GrandioSO

Flow • Heavy Flow

WISSENSCHAFTLICHE PRODUKTINFORMATION

VOCO – DIE DENTALISTEN

Das familiengeführte und konzernunabhängige Cuxhavener Unternehmen VOCO setzt seit nunmehr 30 Jahren mit intensiver Forschungs- und Entwicklungsarbeit neue Maßstäbe in der Entwicklung innovativer Produkte. Mit der Entwicklung von GrandioSO wird diese Erfolgsgeschichte nun um ein neues Kapitel erweitert.

Die Basis für das Know-How in der Entwicklung von Füllungs-Composites stellt das von 2000-2003 laufende BMBF-Projekt „Bioverträgliche Werkstoffe auf Basis Monomer-freier Nano-Composites für Zahnfüllungsmaterialien und Prothetik“. Die wegweisenden Erkenntnisse dieses Forschungsprojektes führten zur Entwicklung des weltweit ersten Nano-Hybrid Composites: Grandio. Sieben weitere Jahre Forschungs- und Entwicklungsarbeit in den VOCO Laboratorien sowie Kooperationen mit weltweit über 150 Universitäten und Forschungseinrichtungen münden nun in einem nochmals verbesserten Füllungsmaterial: GrandioSO.

Qualität made in Germany

VOCO war 1994 eines der ersten Unternehmen, welches ein zertifiziertes Qualitätssicherungssystem vorweisen konnte (EN ISO 9001/EN ISO 13485/Richtlinie 93/42 EEC Anhang II). Die ca. 20 Mitarbeiter in unserer Qualitätskontrolle garantieren dafür, dass Sie unsere Produkte stets in der gleichbleibend hohen Qualität erhalten, die Sie zu Recht von uns erwarten.

Innovationen für die Zahngesundheit

Hier in Cuxhaven entsteht die zertifizierte Qualität „Made in Germany“ auf über 22.000 m². Forschung, Produktion und Verwaltung unter einem Dach garantieren kurze Wege und die intensive Zusammenarbeit der einzelnen Abteilungen. So können Standards in der Entwicklung innovativer Dentalprodukte gesetzt werden. VOCO – Die Dentalisten



Der Firmensitz in Cuxhaven an der Nordsee aus der Luft.



Inhalt

Die Dentalisten	2
Qualität made in Germany	2
Grandio®SO – State Of The Art	4
Modernste Technologie „Made in Germany“	4
Nanotechnologie in dentalen Werkstoffen	4
Das Grandio®SO Flow Konzept	6
Indikationen + Leistungsprofil	7
Indikationen	7
Leistungsprofil Grandio®SO Flow	8
Leistungsprofil Grandio®SO Heavy Flow	8
Klinischer Leitfaden zur Nutzung unterschiedlicher Viskositäten von Flowables	9
Physikalische Parameter von Grandio®SO Flow und Grandio®SO Heavy Flow	10
Schrumpfung	10
Schrumpfstress	12
Elastizitätsmodul	14
Thermischer Ausdehnungskoeffizient	16
3-Punkt Biegefestigkeit	18
3-Punkt Biegefestigkeit nach Thermocycling	20
ACTA-Abrasion	22
Diametrale Zugfestigkeit	24
Druckfestigkeit	26
Oberflächenhärte	28
Glanz	30
Röntgenopazität	32
Wasseraufnahme	34
Wasserlöslichkeit	36
Haftwerte auf Schmelz und Dentin	38
Literaturverzeichnis	41

Estelite Flow Quick, Estelite Low Flow, Filtek Supreme XTE, Filtek Supreme XTE Flow, G-ænial, G-ænial Flo, G-ænial Universal Flo, Kalore, Tetric EvoCeram, Tetric EvoFlow, Venus Diamond Flow, Wave HV, X-Flow sind keine eingetragenen Markenzeichen der VOCO GmbH.

Grandio®SO – State Of The Art Modernste Technologie „Made in Germany“

Nanotechnologie in dentalen Werkstoffen

Das Wort Nanotechnologie ist heutzutage in aller Munde und wird als Schlüsselbegriff in Technik und auch Marketing täglich verwendet. Dabei ist die Nanotechnologie ein so vielfältiges und weitreichendes Gebiet, dass eine genauere Erklärung der in Dentalmaterialien verwendeten Nanowerkstoffe sinnvoll ist.

Die Vorsilbe ‚Nano‘ beschreibt zunächst lediglich Teilchen, die eine Größe von gerade mal 1-100 Nanometern besitzen. Anders gesagt sind dies 0,000000001-0,0000001 Meter. Da auch diese Zahlen schwer vorstellbar sind, hilft ein Vergleich mit zwei Kugeln, dessen Dimensionen eher verinnerlicht werden können: Eine Nanofüller verhält sich in seiner Größe zu einem Fußball, wie der Fußball sich zur Erde verhält (Abb. 1).



Abb. 1: Nanopartikel verhalten sich größenmäßig zu einem Fußball, wie der Fußball zur Erde. Der Durchmesser eines Nanopartikels entspricht damit ungefähr ca. 500 Atomen. Biologisch entspricht das der Größenordnung der kleinsten Bakterien, bzw. der größten bekannten Enzyme.

Nanoteilchen sind also sehr kleine Teilchen. Warum ist die Verwendung von solch kleinen Partikeln ein Vorteil? Um diese Frage zu beantworten sollte zunächst die Funktion der Füllkörper in Dentalmaterialien betrachtet werden. Composites setzen sich aus zwei wesentlichen Bestandteilen zusammen: Einem Harz und den Füllkörpern. Das Harz bildet bei Belichtung ein dreidimensionales Netzwerk aus, in dem die Füllkörper eingebettet werden. Die Füllkörper selbst verleihen dem Composite vor allem Festigkeit - die anorganischen Füllkörper sind wesentlich härter als das organische Netzwerk. Für gute physikalische Eigenschaften in Bezug auf Festigkeit und Stabilität ist daher ein maximaler Füllstoffgehalt vorteilhaft. Ein weiterer Vorteil hoher Füllstoffgehalte ist die verringerte Schrumpfung. Im Zuge der Polymerisationsreaktion kommen sich die organischen Bestandteile des Composites näher und

bilden das dreidimensionale Netzwerk: Das Material erfährt eine Volumenschrumpfung. Diese betrifft aber nur die organischen Bestandteile, so dass sich als Faustregel sagen lässt, dass die Schrumpfung umso niedriger ausfällt, je höher der Anteil an anorganischen Füllkörpern ist.

In der Theorie muss also lediglich der Anteil der Füllkörper erhöht werden, um die Materialeigenschaften zu verbessern. Dies ist in der Realität allerdings nicht so einfach. In der Entwicklung von Füllungs-Composites steht nicht nur eine maximale Stabilität im Vordergrund. Auch andere Parameter wie Modellierbarkeit, Polierbarkeit und Ästhetik spielen eine Rolle. Hierbei bieten Füllkörper verschiedener Größen diverse Vor- und Nachteile:

Makrofüller mit einem Durchmesser von 10 oder mehr Mikrometern führen zu einer schlechten Polierbarkeit, da bei der Politur ganze Makrofüller herausgerissen werden können. Die verbleibenden Krater sorgen für eine hohe Oberflächenrauigkeit, die auch die Ästhetik durch unterschiedliches Reflexionsverhalten beeinträchtigen. Durch eine relativ hohe Inhomogenität zwischen organischen und anorganischen Bestandteilen ist auch die Bruchfestigkeit eher gering. Ein Vorteil der Makrofüller ist, dass sie die Viskosität des Materials nicht so stark beeinflussen, zudem führen Makrofüller dazu, dass das Material nicht am Instrument klebt.

Mikrofüller mit einem Durchmesser von ca. 1-5 μm wirken sich nicht negativ auf den Glanz aus, auch die Verteilung von organischen und anorganischen Bestandteilen wird homogener. Die Nachteile von Makrofüllern bestehen hier nicht. Mikrofüller bergen aber ein anderes Problem: Mit kleiner werdenden Teilchen steigt das Oberfläche-Volumen-Verhältnis. Durch die extrem vergrößerte Ober- und damit Kontaktfläche zum umgebenden Harz, bedingt eine Beimischung von Mikrofüllern zu einem Composite immer auch eine Erhöhung der Viskosität. Ab einem gewissen Grad wird die Mischung zu fest, um vom Zahnarzt modelliert werden zu können. Aus diesem Grund ist bei Mikrohybrid-Composites der Füllstoffgehalt auf ca. 80% begrenzt.

Nanofüller, mit einem Durchmesser von 1-100 nm, besitzen faszinierende Eigenschaften, da sich Partikel dieser Größenordnung nicht immer wie erwartet verhalten. In der Fortführung der Reihe Makro-, Mikro-, Nanofüller sollte man z.B. erwarten, dass die Viskosität bei Zugabe von Nanofüllern weiter steigt. Das Gegenteil ist jedoch der Fall: Nanofüller verhalten sich bis zu einem gewissen Grad wie Flüssigkeiten. Während Mikro-gefüllte Harze mit einem Füllstoffgehalt von 40% hochviskos sind, ist ein mit Nano-Teilchen gefülltes Harz gleicher Konzentration immer noch flüssig (Abb. 2).

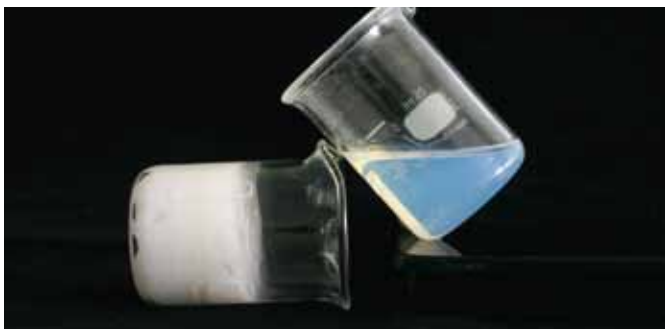


Abb. 2: Ein Harz mit 40% Mikrofüller (links) verhält sich wie eine feste Masse während ein mit Nano-Teilchen gefülltes Harz gleicher Konzentration (rechts) noch flüssig ist

Die vormals bestehende Obergrenze von ca. 80% Füllstoffgehalt kann also übertroffen werden. Damit reduziert sich die Schrumpfung, die Stabilität wird weiter erhöht.

Warum hat es dann bis Anfang dieses Jahrtausends gedauert, bis Nano-Hybrid Materialien entwickelt wurden? Die Antwort beruht auf der Schwierigkeit, Teilchen in dieser sehr kleinen Dimension herzustellen und vor allem zu isolieren. Nanokörper zeichnen sich durch ein noch höheres Oberfläche-Volumen-Verhältnis aus als Mikrofüller. Eine Konsequenz aus diesem hohen Verhältnis ist die sogenannte Agglomeration. Nanoskalige Füllkörper können relativ leicht durch Flammenpyrolyse von Kieselgel hergestellt werden. Das Produkt aus diesem

Prozess ist pyrogene Kieselsäure. Diese besteht aus kleinen Kugeln mit einem Durchmesser von weniger als 100 nm, allerdings haften diese Kugeln aneinander und verklumpen zu größeren Partikeln (Abb. 3). Diese Partikel haben wiederum einen Durchmesser von mehr als 100 nm womit die zuvor genannten positiven Eigenschaften der Nanopartikel verloren gehen. VOCO ist es gelungen, diesen Verklumpungsprozess durch eine entsprechende Beschichtung der einzelnen Nanofüller zu unterbinden. Nur mit Hilfe dieser Technologie lassen sich Füllstoffgehalte von mehr als 85% realisieren.

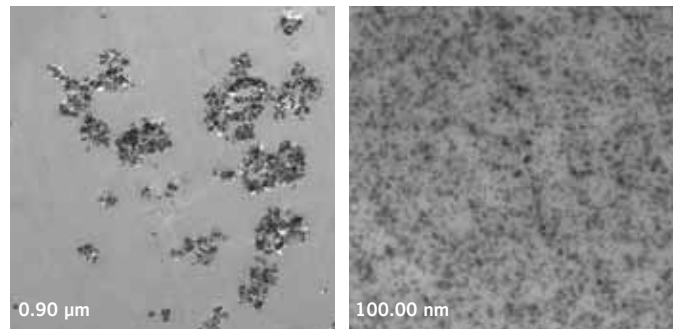


Abb. 3: Durch Flammenpyrolyse gewonnene, agglomerierte Nano-Teilchen (links) sowie nicht agglomerierte Nano-Teilchen (rechts) in einer Harzmatrix

Die Beschichtung der Nanofüller verleiht den Nanofüllern weitere positive Eigenschaften. Als Beschichtungsmaterial dient eine organisch-anorganische Hybridverbindung. Diese kann an der Polymerisationsreaktion des Harzes teilnehmen, so dass nach der Aushärtung des Materials ein fester chemischer Verbund zwischen Nanofüllern und der umgebenden Matrix besteht. Neben den offensichtlichen Vorteilen in Bezug auf die Stabilität durch eine größere Quervernetzung im dreidimensionalen Netzwerk ist dies auch ein Vorteil in Bezug auf mögliche Risiken.

Das Grandio®SO Flow Konzept

GrandioSO Flow und GrandioSO Heavy Flow sind Nano-Hybrid Composites. Hybrid-Composites sind Materialien, in denen Füllstoffe unterschiedlicher Größe Verwendung finden. Im Falle von Nano-Hybriden sind dies Mikro- und Nanofüller. Im Composite können sich die größeren Füllkörper zu einer mehr oder weniger raumerfüllenden Packung anordnen, die dabei entstehenden Zwischenräumen werden von den Nanofüllern aufgefüllt. Auf diesem Weg ist es möglich, eine sehr homogene Verteilung von Harz und Füllkörpern zu erhalten (s. Abb. 4), die für die sehr guten physikalische Eigenschaften der GrandioSO Produkte unabdingbar ist. Die Einbeziehung von Nanotechnologie bei der Entwicklung von fließfähigen Materialien ist umso wichtiger, da ein ausreichendes Fließverhalten bei Mikro-Hybrid Kompositen nur über eine Erhöhung des Harzanteils möglich ist. Die Zusammensetzung der GrandioSO Flows gestaltet sich wie folgt:

Füllstoffe:

- Glaskeramikfüller mit einer mittleren Partikelgröße von 1 μm
- Funktionalisierte Siliziumdioxid Nanopartikel mit einer Größe von 20-40 nm
- Farbpigmente (Eisenoxid, Titandioxid)

Harz:

- BisGMA, BisEMA, TEGDMA, HDDMA

Daneben werden noch Kampferchinon als Photokatalysator und Butylhydroxytoluol (BHT) als Stabilisator verwendet.

Die Kombination der Füllstoffpartikel ermöglicht es, GrandioSO Flow mit einem Füllstoffgehalt von 81 Gew.-% und GrandioSO Heavy Flow mit einem Füllstoffgehalt von 83 Gew.-% zu versehen.

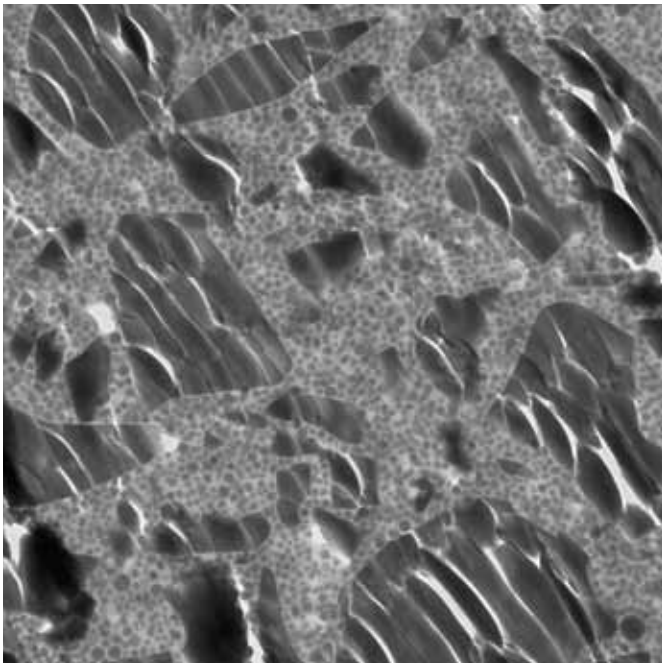


Abb. 4: Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahme von GrandioSO. Homogene Verteilung von Nano- und Mikrofüllern in der Harzmatrix (Behrend, 2010)

Indikationen + Leistungsprofil

Indikationen

- Füllungen von Kavitäten der Klassen I bis V
- Minimalinvasive Füllungstherapie
- Erweiterte Fissurenversiegelung
- Zum Ausblocken von Unterschnitten
- Als Unterfüllung bzw. zum Auskleiden von Kavitäten
- Füllungsreparaturen, Reparatur von Verblendungen
- Befestigung lichtdurchlässigen Zahnersatzes
(z. B. Vollkeramikronen, Veneers etc.)
- Verblocken und Schienen von Zähnen
(z. B. mit Glasfasersträngen)
- Verwendung als Basismaterial in Kombination mit Glasfasern
o. ä. für die Erstellung semipermanenter Kronen und Brücken

Leistungsprofil

Grandio®SO Flow		
Füllstoffgehalt Gew% (Vol%)	81 (65)	DIN 51081
Elastizitätsmodul	10580 MPa	ISO 4049
Schrumpfung	3,19%	analog Watts et al.
3-Punkt-Biegefestigkeit (24 h, 37 °C Wasserlagerung)	159 MPa	ISO 4049
3-Punkt-Biegefestigkeit nach Thermocycling (3000 Zyklen, 5°/55°C)	125 MPa	ISO 4049
Druckfestigkeit	417 MPa	analog ISO 9917
Wasserlöslichkeit	< 0,1 µg / mm ³	ISO 4049
Wasseraufnahme	12 µg / mm ³	ISO 4049
Oberflächenhärte (Mikro-Vickers)	158 MHV	Universität Rostock
Abrasion (200.000 Zyklen)	48 µm	ACTA 3-Medien
Durchhärtetiefe (800 mW/cm ²)	> 2,51 mm / 20 s	ISO 4049
Röntgenopazität	250 %Al	ISO 4049

Grandio®SO Heavy Flow		
Füllstoffgehalt Gew% (Vol%)	83 (68)	DIN 51081
Elastizitätsmodul	11850 MPa	ISO 4049
Schrumpfung	2,96%	analog Watts et al.
3-Punkt-Biegefestigkeit (24 h, 37 °C Wasserlagerung)	159 MPa	ISO 4049
3-Punkt-Biegefestigkeit nach Thermocycling (3000 Zyklen, 5°/55°C)	139 MPa	ISO 4049
Druckfestigkeit	417 MPa	analog ISO 9917
Wasserlöslichkeit	< 0,1 µg / mm ³	ISO 4049
Wasseraufnahme	11 µg / mm ³	ISO 4049
Oberflächenhärte (Mikro-Vickers)	175 MHV	Universität Rostock
Abrasion (200.000 Zyklen)	40 µm	ACTA 3-Medien
Durchhärtetiefe (800 mW/cm ²)	> 2,5 mm / 20 s	ISO 4049
Röntgenopazität	260 %Al	ISO 4049

Klinischer Leitfaden zur Nutzung unterschiedlicher Viskositäten von Flowables

Die Verwendung fließfähiger Composite-Materialien ist aus der zahnärztlichen Praxis nicht mehr wegzudenken. Für viele Behandlungsindikationen bietet Ihnen als Behandler genau diese Eigenschaft, eine geringe Viskosität, optimale Verwendungsmöglichkeiten. Hierzu zählen z.B. tiefe und zugleich schmale Kavitäten oder auch unter sich gehende Bereiche z.B. nach Exkavation einer Karies. Auch in Situationen wo eine bessere Benetzung der Kavitätenoberfläche ermöglicht werden soll ist die fließfähige Viskosität des Materials geradezu ideal. Hierunter fallen schmal auslaufende Bereiche und Winkel zwischen approximaler Kavitätenwand und Matrizenband oder zervikalen Anschrägungen, die sich nur schwer mit einem stopfbaren Composite ausfüllen lassen. Durch die zusätzliche Flowschicht können Sie so der Entstehung von Hohlräumen oder Randspalten vorbeugen. Obwohl der Unterschied der GrandioSO Flows in der Viskosität zu dem modellierbaren Füllmaterial GrandioSO sehr groß ist, so ist der Unterschied in dem Füllstoffgehalt nicht so ausgeprägt, wie man vermuten würde. Im Gegensatz zur stopfbaren Variante GrandioSO mit einem Fülleranteil von 89 Gew.-%, liegt dieser bei GrandioSO Flow bei 81 Gew.-% und bei GrandioSO Heavy Flow bei 83 Gew.-%. Ein solch hoher Füllstoffgehalt im Zusammenhang mit fließfähigen Composites wurde durch den Einsatz einer modernen Nanohybridtechnologie möglich: VOCO ist es gelungen, den Fülleranteil der Materialien zu erhöhen, ohne dass dieser großen Einfluss auf deren Fließeigenschaften nimmt. Diese Erhöhung des Fülleranteils führt, wie in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben, zu optimalen physikalischen Eigenschaften, die sogar den Vergleich mit stopfbaren Composites bravurös bestehen.

Aufgrund dieser guten physikalischen Parameter von GrandioSO Flow und GrandioSO Heavy Flow wird in den Indikationen beider Materialien kein Unterschied gemacht. Jedoch hängt die Verwendung eines mehr oder weniger fließfähigen Materials für Sie als Anwender sehr von der jeweiligen Ausgangssituation ab. In der Wahl der Viskosität eines Composites entscheidet auch gerade Ihre Vorliebe darüber, ob die sehr fließende oder aber eher standfestere Variante des Flowables Anwendung findet. Für kleine, schmale und zudem tief reichende Kavitäten ist aufgrund seiner Fließeigenschaft GrandioSO Flow hervorragend einsetzbar. Hierzu zählen auch kleine Füllungen im Rahmen

der erweiterten Fissurenversiegelung. Aus der GrandioSO Flow Farbpalette ist im Besonderen die Farbe WO hervorzuheben. Durch die ausgeprägte weiß-opake Farbe können z.B. dunkle Verfärbungen in der Kavität oder auch noch vorhandene Metallstifte im Wurzelkanal abgedeckt werden. Darüber hinaus kann hiermit der Boden von sehr tiefen Kavitäten optisch markiert werden. Sollte zu einem späteren Zeitpunkt eine Therapie erforderlich werden, die eine Eröffnung der Kavität erforderlich macht (z.B. Wurzelkanalbehandlung), so können Sie einfach zwischen natürlicher Zahnhartsubstanz und Composite-Material unterscheiden und erhalten so Informationen über die Nähe zur Pulpakammer. Darüber hinaus beträgt bei dieser Farbvariante die Röntgenopazität 500 %Al, wodurch sich das Flowable auch im Röntgenbild deutlich von Strukturen wie Dentin abgrenzen lässt und so z.B. ideal in Verbindung mit indirekten Überkappungen der Pulpa angewendet werden kann.

Auch die Sonderfarbe ^{VC}A5 stellt ein Novum dar: Die dunkle Färbung ist ideal für die Anwendung am Zahnhals, da die bisher angebotene dunkelste Farbe bei älteren Patienten, Rauchern und Menschen mit generell dunkleren Zähnen noch zu hell für diese Anwendung war.

Mit der Entwicklung von GrandioSO Heavy Flow wird VOCO der gestiegenen Bedeutung der Flowables gerecht. Im Gegensatz zu GrandioSO Flow ist dieses Material visköser, so dass es zwar noch fließfähig, insgesamt jedoch standfester ist. Hierdurch ergeben sich für Sie als Anwender gerade in solchen Situationen Vorteile, bei denen z.B. vertikale Zahn- oder Kavitätenwände benetzt werden müssen. Hierunter fällt z.B. das Ausblocken von Unterschnitten, das Auskleiden von Kavitätenwänden oder aber die Restauration von Defekten im Zahnhalsbereich. Auch für die Verblockung und das Schienen von Zähnen (auch in Verbindung mit Glasfasersträngen, z.B. GrandTEC) und die Verwendung als Basismaterial in Kombination mit Glasfasern o. ä. für die Erstellung semipermanenter Kronen und Brücken ist GrandioSO Heavy Flow hervorragend geeignet.

Physikalische Parameter von Grandio®SO Flow und Grandio®SO Heavy Flow

Schrumpfung

Beschreibung

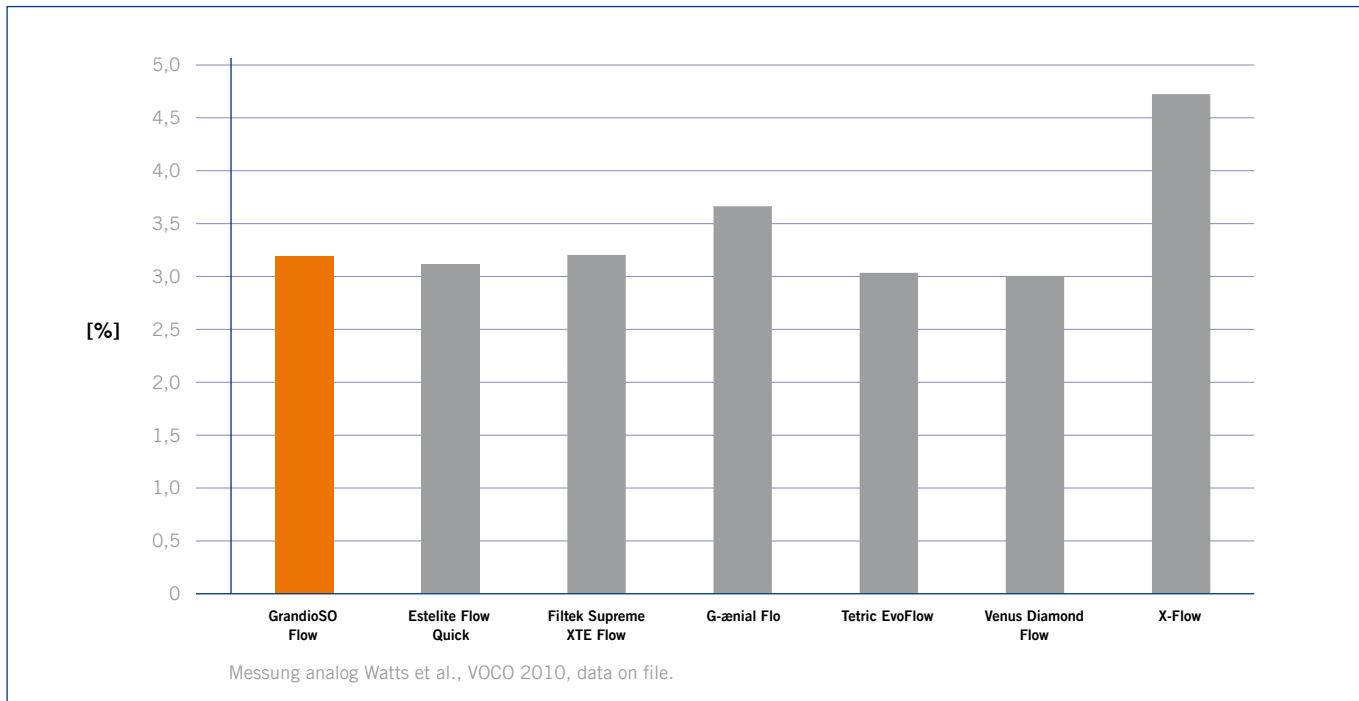
Die Ursache der Schrumpfung liegt in der Ausbildung des dreidimensionalen Polymernetzwerkes während der Polymerisationsreaktion. Hierbei trägt lediglich der Harzanteil eines Composites zur Schrumpfung bei. Aus diesem Grund wird ein maximaler Füllstoffgehalt angestrebt. Allerdings beeinflussen Füllstoffe auch eine Zunahme der Viskosität, so dass gerade bei fließfähigen Composites der Harzanteil oft 30-40% beträgt. Moderne Nano-Hybrid Composites wie die GrandioSO Produktfamilie bieten hier einen großen Vorteil: Die Verwendung von Nanofüllstoffen ermöglicht es, Composites mit höheren Füllstoffgehalten zu entwickeln, da Nanofüller bis zu einem gewissen Grad keinen Einfluss auf die Viskosität nehmen.

Messverfahren

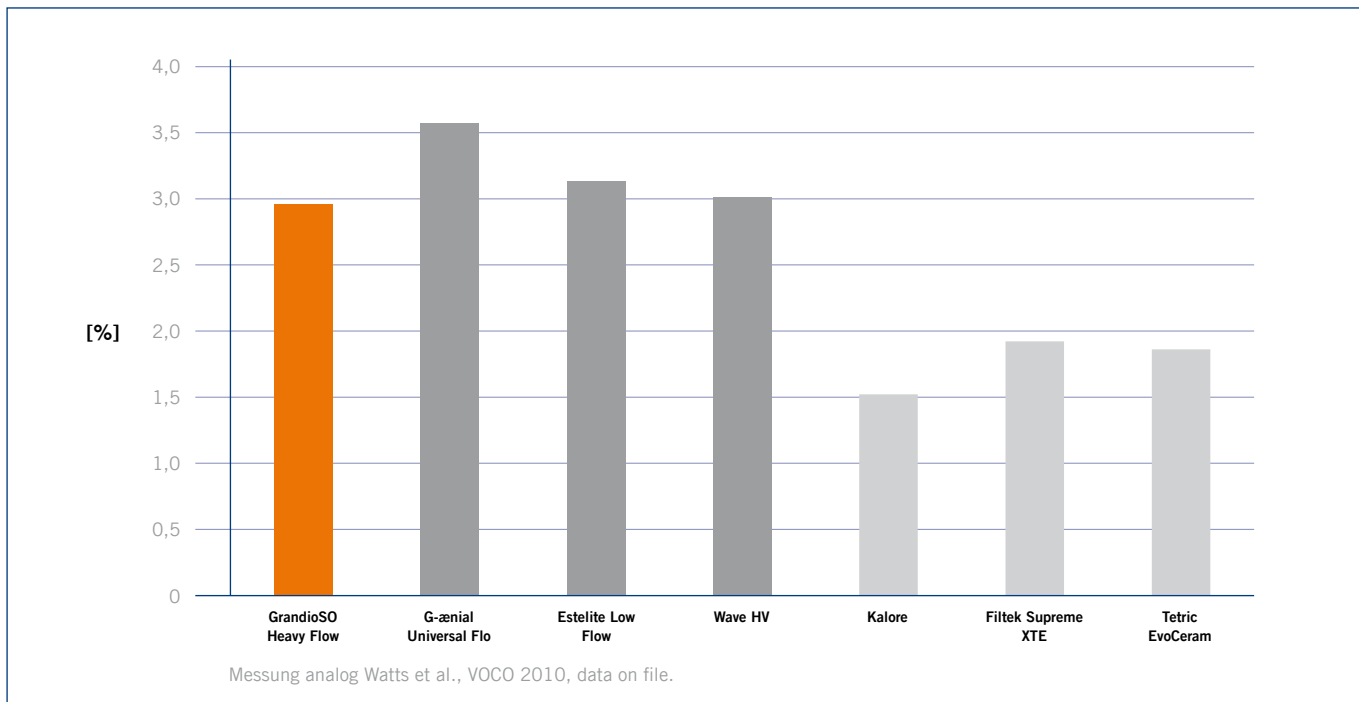
Die Polymerisations-Volumenschrumpfung wurde gemäß der von Prof. Watts (Universität Manchester) beschriebenen „bonded-disc“ Methode bestimmt.^[1-3] Hierzu wurde ein scheibenförmiger Probenkörper des Composite-Materials mit einem Durchmesser von ca. 8 mm und einer Höhe von ca. 1 mm für insgesamt 40 Sekunden von der Unterseite belichtet (Celalux 2, Softstart, VOCO). Währenddessen wurde die Polymerisationsschrumpfung mit einem Messfühler von der gegenüberliegenden Seite (Oberseite) über einen Zeitraum von 30 Minuten aufgezeichnet.

Ergebnisse

Mit einer Volumenschrumpfung von 3,19% (GrandioSO Flow) und 2,96% (GrandioSO Heavy Flow) liegen beide Materialien mit den entsprechenden Vergleichspräparaten gleich auf bzw. zeigen sogar geringere Schrumpfungswerte.



Volumenschrumpfung der untersuchten Flowables während der Lichtpolymerisation.



Volumenschrumpfung verschiedener Flowables mit hoher Viskosität bzw. modellierbarer Composites (hellgraue Balken) während der Lichtpolymerisation.

Literatur

- [1] Kim und Watts, 2004.
- [2] Watts und Cash, 1991.
- [3] Watts und Marouf, 2000.

Schrumpungsstress

Beschreibung

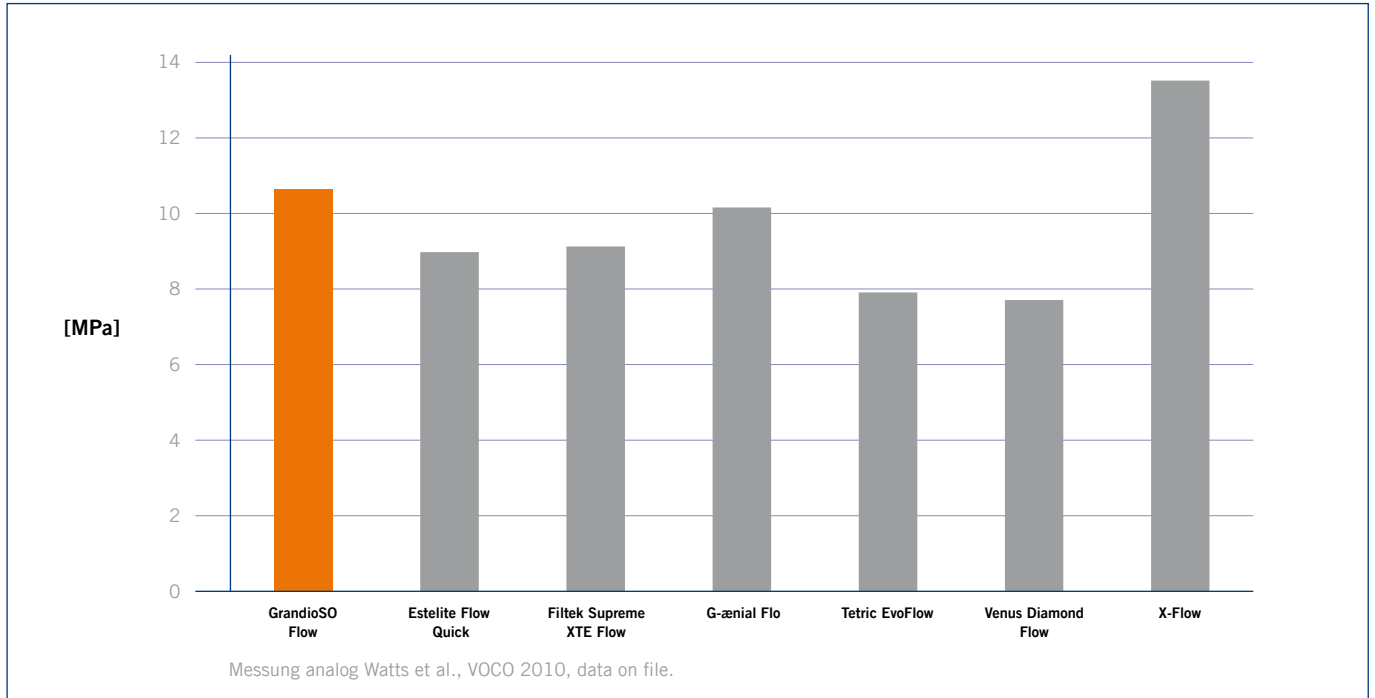
Die Relevanz der Volumenschrumpfung ist in jüngerer Zeit um die Diskussion des Schrumpungsstress erweitert worden. Wie oben beschrieben, wird die Schrumpfung in Volumenprozent angegeben. In der klinischen Realität ist eine reine Volumenschrumpfung an gebondeten Oberflächen aber nicht möglich, so dass hier durch die Schrumpfung eine Zugkraft auf das Bondingmaterial entsteht. Diese Zugkraft wird auch als Schrumpungsstress bezeichnet. Die Messmethoden für die Größe dieser Zugkraft unterscheiden sich stark. Es wurden sowohl optische als auch mechanische, statische als auch dynamische Verfahren entwickelt. Allen Verfahren gemein ist die Vermessung von sehr großen Inkrementen. In vielen Messungen werden Prüfkörper in Größen angefertigt, die nicht dem Volumen der Composites bei der Applikation in der Schichttechnik entsprechen. Zudem werden in diesen Testverfahren stets gegenüberliegende Kavitätenwände mit einem Inkrement verbunden, eine Vorgehensweise die durch die Schichttechnik gerade zu verhindern versucht wird. Nichtsdestotrotz ist ein Blick auf diese Messwerte nützlich, da er zumindest einen Vergleich diverser Materialien zulässt, auch wenn die Größe der gemessenen Schrumpfkraft höher ist als in der klinischen Realität.

Messverfahren

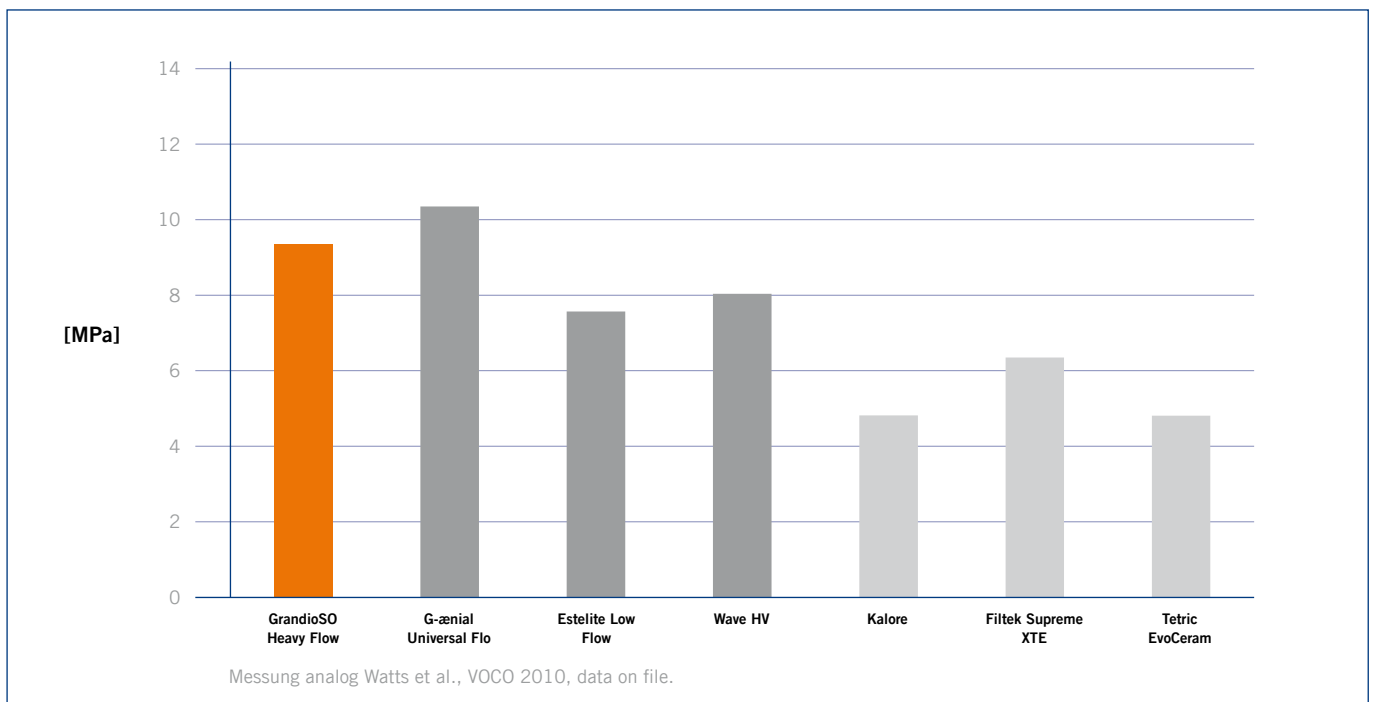
Der Schrumpungsstress nach Polymerisation wurde nach der von Prof. Watts (Universität Manchester) entwickelten, sogenannten „bioman“-Methode bestimmt.^[1-2] Hierfür wird eine zylindrische Probe des Materials mit einer Höhe von 0,75 mm und einem Durchmesser von 8 mm von unten durch eine festsitzende Glasplatte für 40 Sekunden belichtet. Auf der Oberseite des Composites befindet sich ein mit der Messapparatur verbundener Stahlzylinder, der zuvor mit einem Sandstrahler angeraut wird. Die auf diesen Zylinder ausgeübte Kraft wird dann über einen Zeitraum von 30 Minuten aufgezeichnet und anschließend die daraus resultierende Polymerisations-Spannung des Composites berechnet.

Ergebnisse

Die gemessene Schrumpfungsspannung liegt für beide GrandioSO Flowables weit unterhalb der Haftkraft eines Bondingmaterials. Dies lässt eine lang anhaltende Randintegrität der Füllung erwarten.



Ausmaß der Polymerisations-Schrumpfungsspannungen [MPa] getesteter fließfähiger Composites.



Ausmaß der Polymerisations-Schrumpfungsspannungen [MPa] von Flowables mit hoher Viskosität bzw. modellierbarer Composites (hellgraue Balken).

Literatur

- [1] Watts und Satterthwaite, 2008.
- [2] Watts et al., 2003.

Elastizitätsmodul

Beschreibung

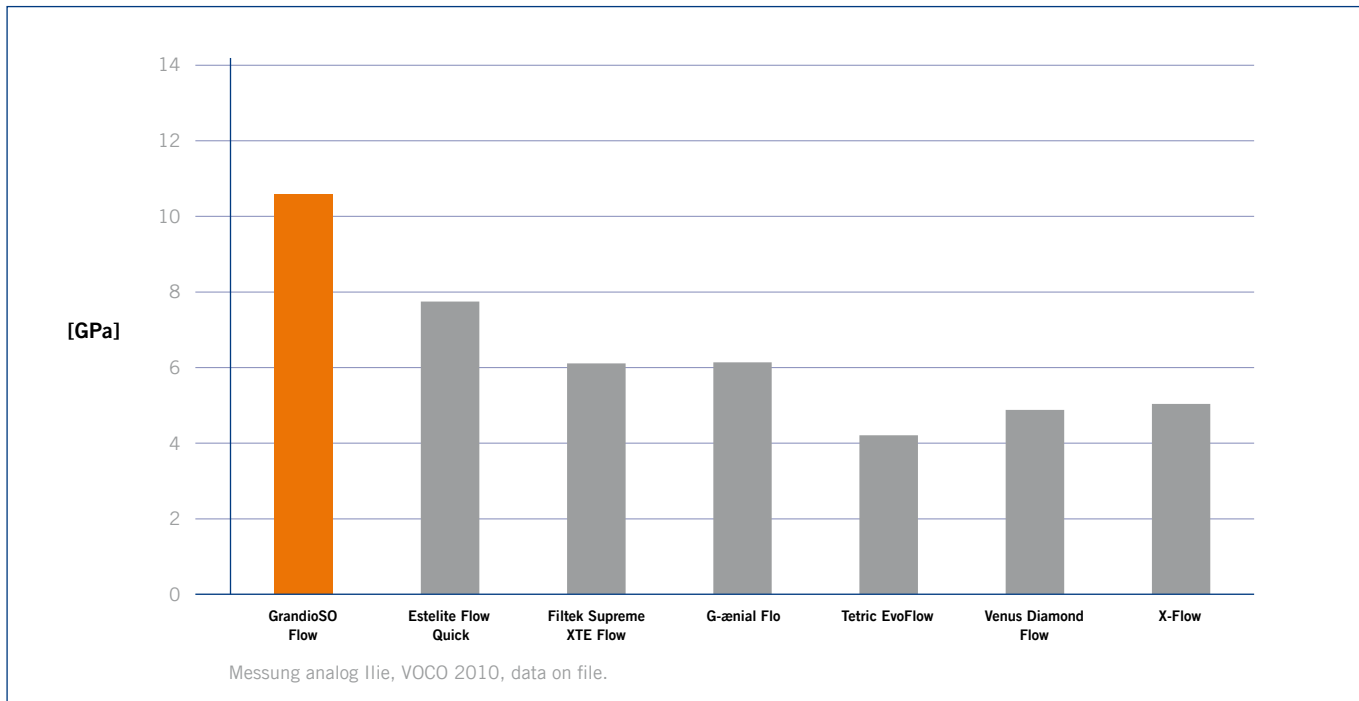
Der bei der Polymerisationsreaktion von Composites entstehende Schrumpfstress (s.o.) stellt eine statische Belastung für die Adhäsivschicht dar. Ein Bonding unterliegt aber nicht nur dieser statischen Belastung, auch dynamische Belastungen treten täglich auf. Die wichtigste dynamische Belastung stellt in diesem Zusammenhang der Kaustress dar. Während des Kauvorganges wirken täglich große Kräfte auf eine Füllung. Inwieweit diese Kräfte gleichmäßig über die Restauration abgeleitet werden, wird maßgeblich vom Elastizitätsmodul (E-Modul) bestimmt. Dieser beschreibt das Verformungsverhalten von Materialien bei Belastung. Je näher das Elastizitätsverhalten des Füllungsmaterials am Verhalten der natürlichen Zahnhartsubstanz liegt, desto besser ist die Verteilung der auftretenden Kräfte im gesamten „System Zahn“ (E-Modul Dentin: 16,55-18,62 GPa^[1]). Ein zahnähnlicher E-Modul bedeutet damit vor allem eine Minimierung der Belastung der Adhäsivschicht beim Kauvorgang.

Messverfahren

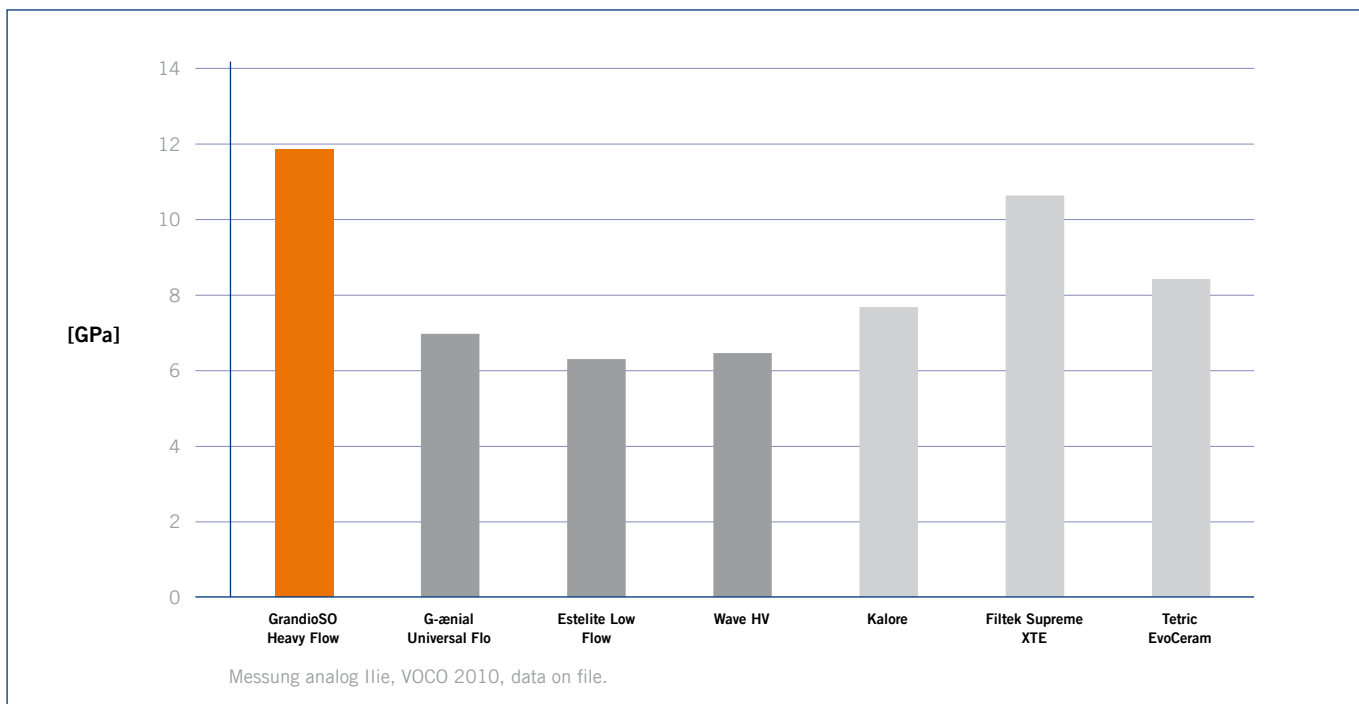
Der E-Modul wurde aus den Messungen der 3-Punkt Biegefestigkeiten durch Berechnung der Steigung im linearen Bereich der entsprechenden Biegefestigkeits-Messkurve ermittelt.^[2]

Ergebnisse

Mit einem E-Modul von 10,58 GPa für GrandioSO Flow und 11,85 GPa für GrandioSO Heavy Flow bieten beide eine herausragende Rigidität, die sogar die meisten modellierbaren Komposite übertrifft. Je rigider ein Füllungsmaterial ist, desto geringer sind die Belastungen auf den Haftverbund während der Mastikation.



Elastizitätsmodul [GPa] verschiedener Flowables.



Elastizitätsmodul [GPa] verschiedener Flowables mit hoher Viskosität bzw. modellierbarer Composites (hellgraue Balken).

Literatur

- [1] Craig und Peyton, 1958.
- [2] Ilie, 2004.

Thermischer Ausdehnungskoeffizient

Beschreibung

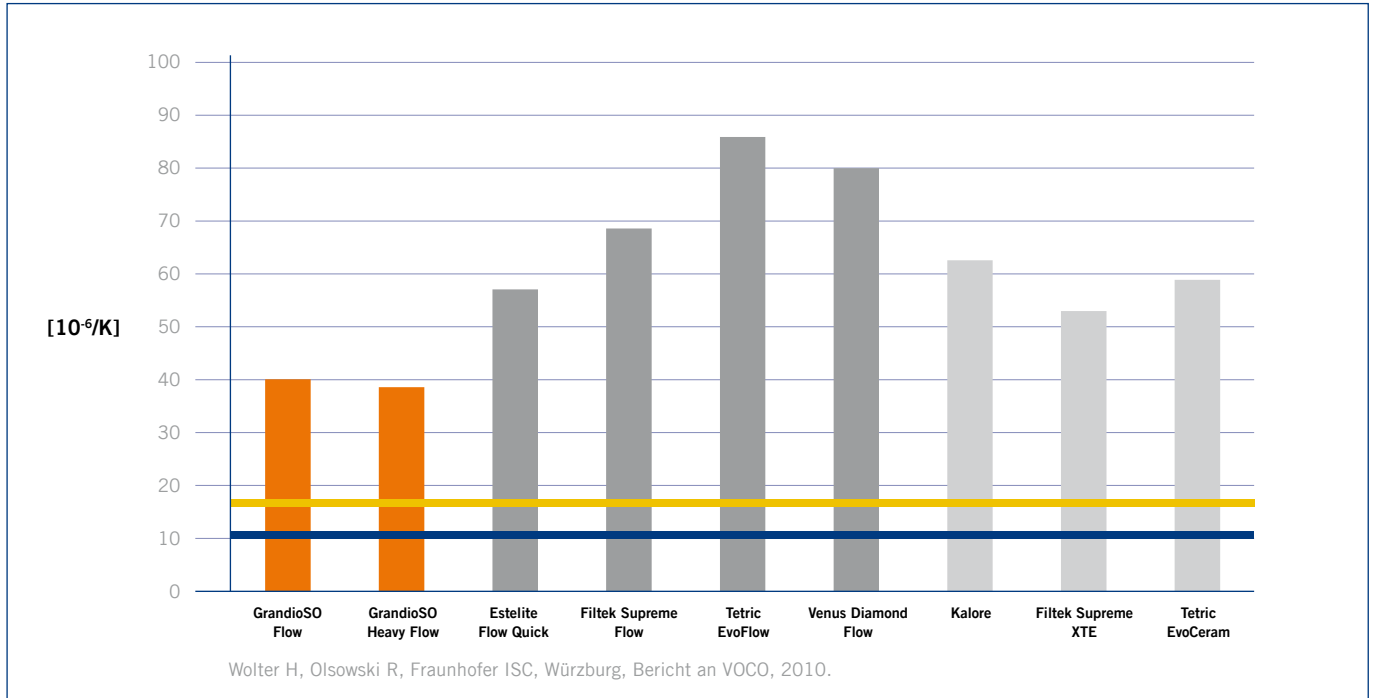
Neben dem Elastizitätsmodul gibt es noch einen weiteren Faktor, der in der Betrachtung der langfristigen Integrität eines Füllungsrandes oft übergangen wird: Das thermische Verhalten von Füllungsmaterialien. Wie die meisten Werkstoffe dehnen sich Composites bei Erwärmung aus, bei Abkühlung kontrahieren sie. Dieses Verhalten gilt auch für den Zahn. Beim Verzehr von z.B. Eiscreme sinkt die Temperatur an der Zahnoberfläche, was zu einer Kontraktion der Zahnhartsubstanzen und auch des Füllungsmaterials führt. Ist nun das Kontraktionsverhalten des Füllungsmaterials stärker ausgeprägt als das des Zahnes, so kommt es zur Ausbildung einer Zugkraft auf den Adhäsivverbund. Das Ausmaß der thermischen Volumenänderung wird durch den thermischen Ausdehnungskoeffizienten α beschrieben. Wie bereits in der Betrachtung des E-Moduls ist die Größe des Wertes allein nicht aussagekräftig. Entscheidend ist wiederum der Vergleich zum Verhalten der natürlichen Zahnhartsubstanz (Schmelz: $\alpha = 17$, Dentin: $\alpha = 11$ ^[1]) Das Ausmaß der Temperaturveränderungen wurde von Ernst et al. in einer in vivo Studie untersucht ^[2]. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass der Verzehr von heißen Getränken zu einer Temperaturerhöhung des Zahnes auf durchschnittlich 43,8°C führte, während der Verzehr von Eiswasser zu einer durchschnittlichen Abkühlung auf 24,2°C führte. Die gemittelte Ausgangstemperatur betrug 35,2°C. Der Verzehr von Eiscreme führt, wenn man die oben genannte Studie zu Grunde legt, zu einer Abkühlung von 11°C.

Messverfahren

Für die Messung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten α werden Probekörper von 2×2×30 mm vorbereitet. Die Längenausdehnung dieser Stäbchen wird in einem Bereich von 25–50°C bei einer Erwärmungsrate von 1 Kelvin/Minute mit einem Schubstangendilatometer bestimmt.^[3]

Ergebnisse

In der Literatur werden die Ausdehnungskoeffizienten α von Dentin und Schmelz mit $10,59 \cdot 10^{-6}/K$ (blaue Linie) bzw. $16,96 \cdot 10^{-6}/K$ (gelbe Linie) angegeben.^[1] GrandioSO Flow ($40,1 \cdot 10^{-6}/K$) und GrandioSO Heavy Flow ($38,6 \cdot 10^{-6}/K$) können diese Werte zwar nicht erreichen, haben verglichen mit anderen Flowables und sogar manchen modellierbaren Kompositen aber noch die geringste thermische Ausdehnung bzw. Kontraktion.



Thermischer Ausdehnungskoeffizient der untersuchten Flowables und modellierbaren (hellgraue Balken) Composites.

Literatur

- [1] Xu et al., 1989.
- [2] Ernst et al., 2004.
- [3] Wolter et al., 2010.

3-Punkt Biegefestigkeit

Beschreibung

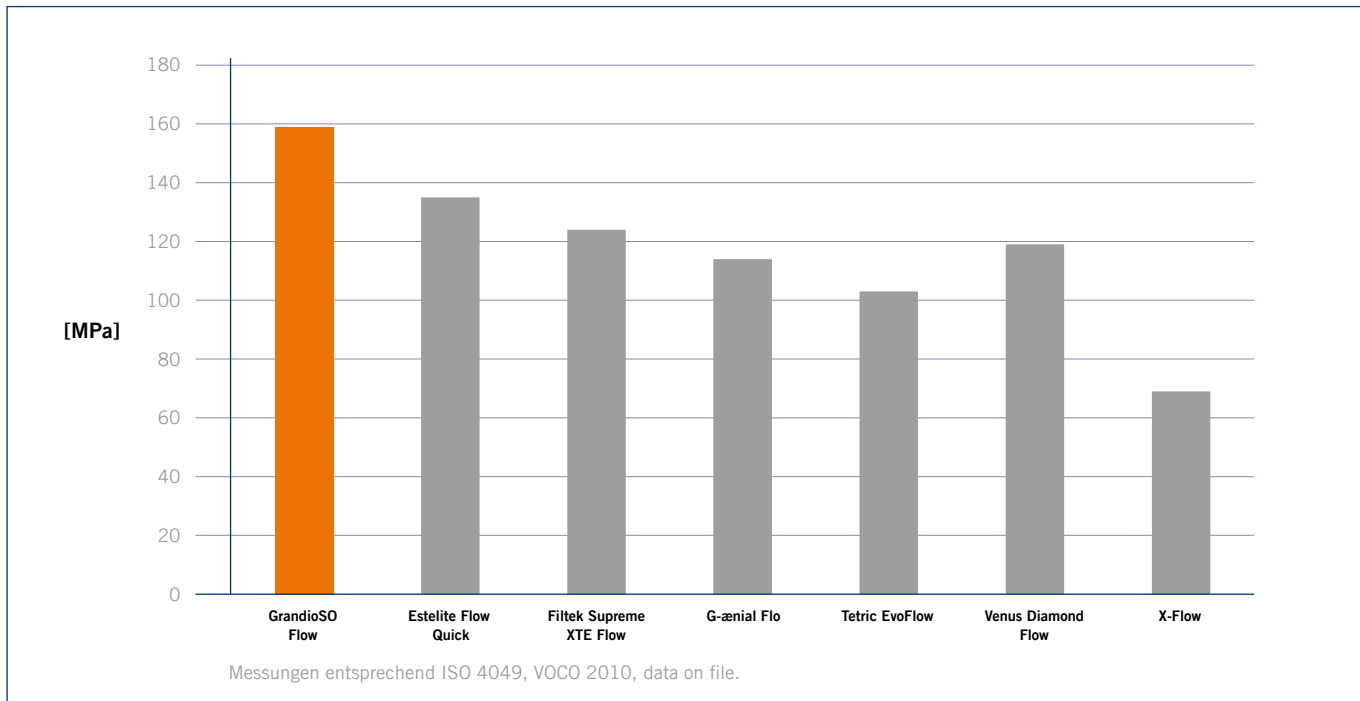
Composites sind elastische Materialien, die sich bei Krafteinwirkung verformen. Ab welcher Belastung diese Verformungen zu Brüchen des Materials führen, wird in Biegefestigkeitsmessungen untersucht. Dabei ist die Biegefestigkeitsmessung eine Kombination der Messung zweier Parameter, der Druckfestigkeit und der Zugfestigkeit. Wird der Probekörper belastet, entstehen an der konkaven Seite des Testkörpers Druckkräfte, während an der konvexen Seite Zugkräfte entstehen.

Messverfahren

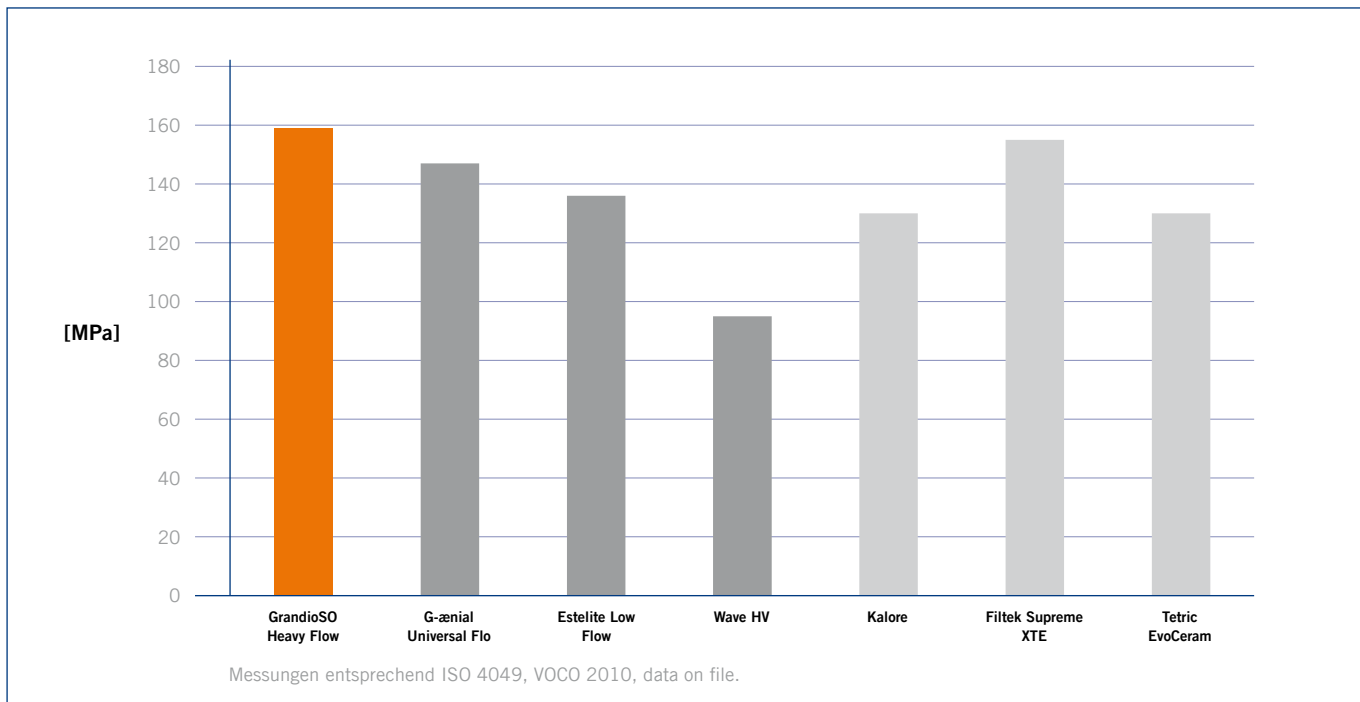
Das Verfahren zur Ermittlung der 3-Punkt Biegefestigkeit wird in der ISO 4049 beschrieben.^[1] Gemäß dieser Norm wurden fünf Prüfkörper mit den Maßen 2×2×25 mm vorbereitet und in einem Kraft-Weg Messgerät mit insgesamt 0,75±0,25 mm/min belastet. Die Prüfkörper liegen dabei zwei Stäben auf, während von oben der Druck mittig über einen dritten Stab appliziert wird. Die angegebene Biegefestigkeit ist derjenige Wert, bei dem der Prüfkörper bricht. In der ISO-Norm ist ein Minimalwert von 80 MPa für lichthärtende Füllungsmaterialien auf Composite-Basis vorgeschrieben.

Ergebnisse

GrandioSO Flow und GrandioSO Heavy Flow zeigen in dieser Messung mit 159 MPa den gleichen Wert. Damit schneiden beide Produkte nicht nur besser ab als andere fließfähige Composites, sie besitzen sogar eine höhere Biegefestigkeit als die modellierbaren Composites Kalore (GC), Filtek Supreme XTE (3M ESPE) und Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent).



3-Punkt Biegefestigkeit [MPa] von Flowables.



3-Punkt Biegefestigkeit [MPa] von Flowables mit hoher Viskosität bzw. modellierbarer Composites (hellgraue Balken).

Literatur

[1] ISO 4049, International Organization for Standardization.

3-Punkt Biegefestigkeit nach Thermocycling

Beschreibung

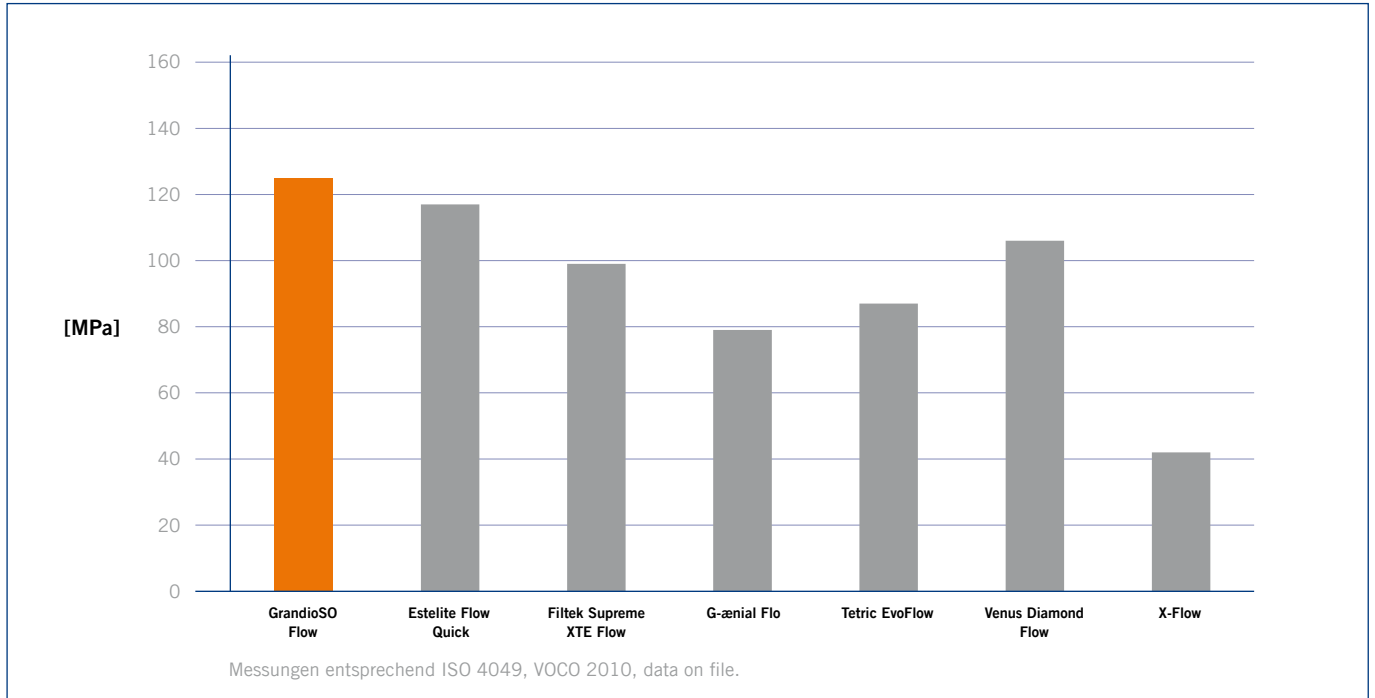
Um die Alterung von dentalen Werkstoffen zu simulieren, werden Testkörper zur Messung eines physikalischen Parameters oft vor der eigentlichen Messung einer thermischen Wechselbelastung, dem sogenannten Thermocycling unterworfen. Neben dem Einfluss der Temperatur wird beim Thermocycling gleichzeitig der Einfluss der Wasseraufnahme und Wasserlöslichkeit auf die Stabilität ermittelt, da das Erwärmen und Abkühlen der Testkörper im wässrigen Medium stattfindet.

Messverfahren

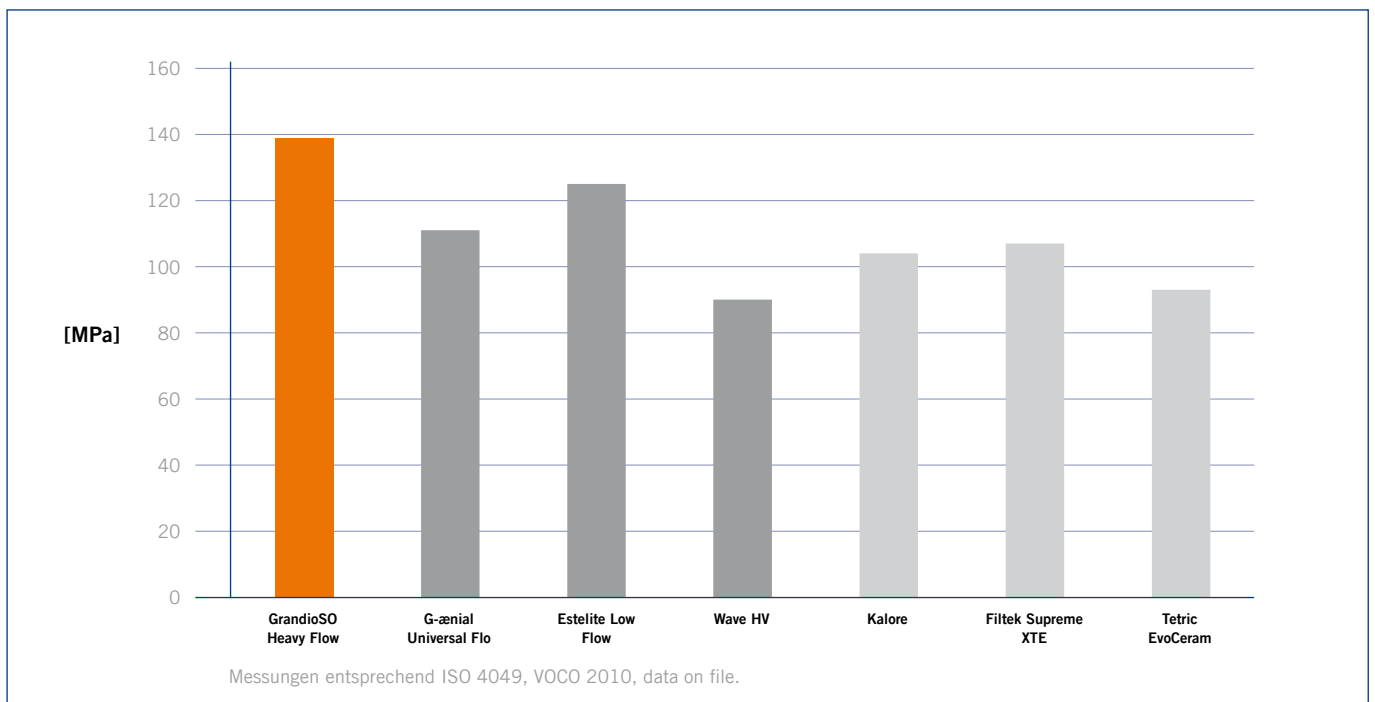
Die Prüfkörper, entsprechend der ISO 4049 für die Bestimmung der Biegefestigkeit vorbereitet, wurden in wässrigen Medien abwechselnd auf 55°C erwärmt und auf 5°C abgekühlt. Dieser Zyklus wurde insgesamt 3000-mal durchlaufen. Anschließend wurde die 3-Punkt Biegefestigkeit wie bereits oben beschrieben ermittelt.^[1]

Ergebnisse

Erwartungsgemäß fallen die nach dem Thermocycling ermittelten Werte für die Biegefestigkeit etwas geringer aus, als vor der künstlichen Alterung gemessen wurde. GrandioSO Flow und GrandioSO Heavy Flow zeigen jedoch auch hier mit Werten von 158 MPa bzw. 139 MPa die höchste Biegefestigkeit aller untersuchten Materialien. Wie auch bereits vor der thermischen Wechselbelastung der Fall, so liegen die Werte höher als die von modernen modellierbaren Composite-Materialien.



3-Punkt Biegefestigkeit [MPa] der getesteten Flowables nach Thermocycling.



3-Punkt Biegefestigkeit [MPa] verschiedener Flowables mit hoher Viskosität bzw. modellierbarer Composites (hellgraue Balken) nach Thermocycling.

Literatur

[1] ISO 4049, International Organization for Standardization.

ACTA-Abrasion

Beschreibung

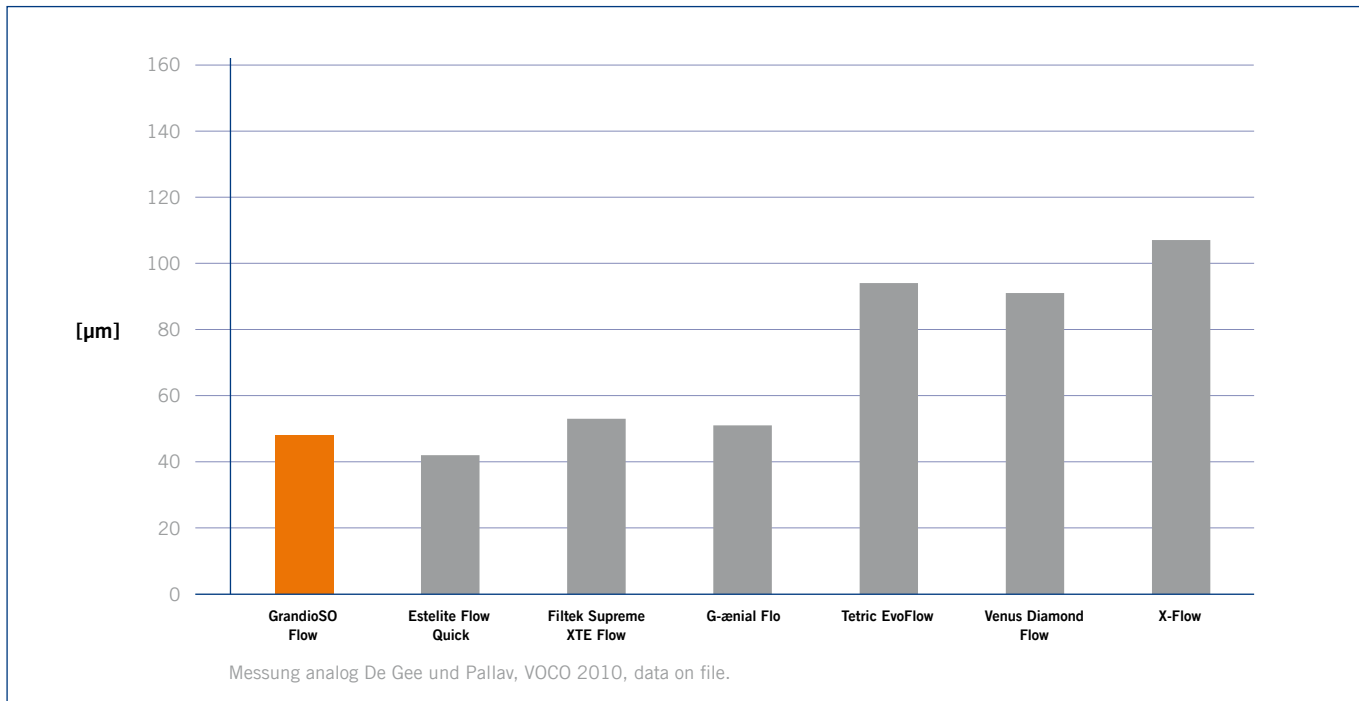
Die Abrasion beschreibt, inwieweit ein Abrieb eines Materials an der Oberfläche stattfindet. Zur Messung dieses Parameters hat sich in der Zahnheilkunde das sogenannte ACTA-Verfahren etabliert. Die ACTA-Abrasion ist ein Testverfahren, welches von der Universität Amsterdam entwickelt wurde (3-Medien Abrasion, Academisch Centrum for Tandheekunde Amsterdam). In diesem Verfahren wird der langfristige Abrieb durch „Kauen“ fester Nahrungspartikel simuliert. Ein Füllungsmaterial sollte eine möglichst große Abrasionsresistenz aufweisen.

Messverfahren

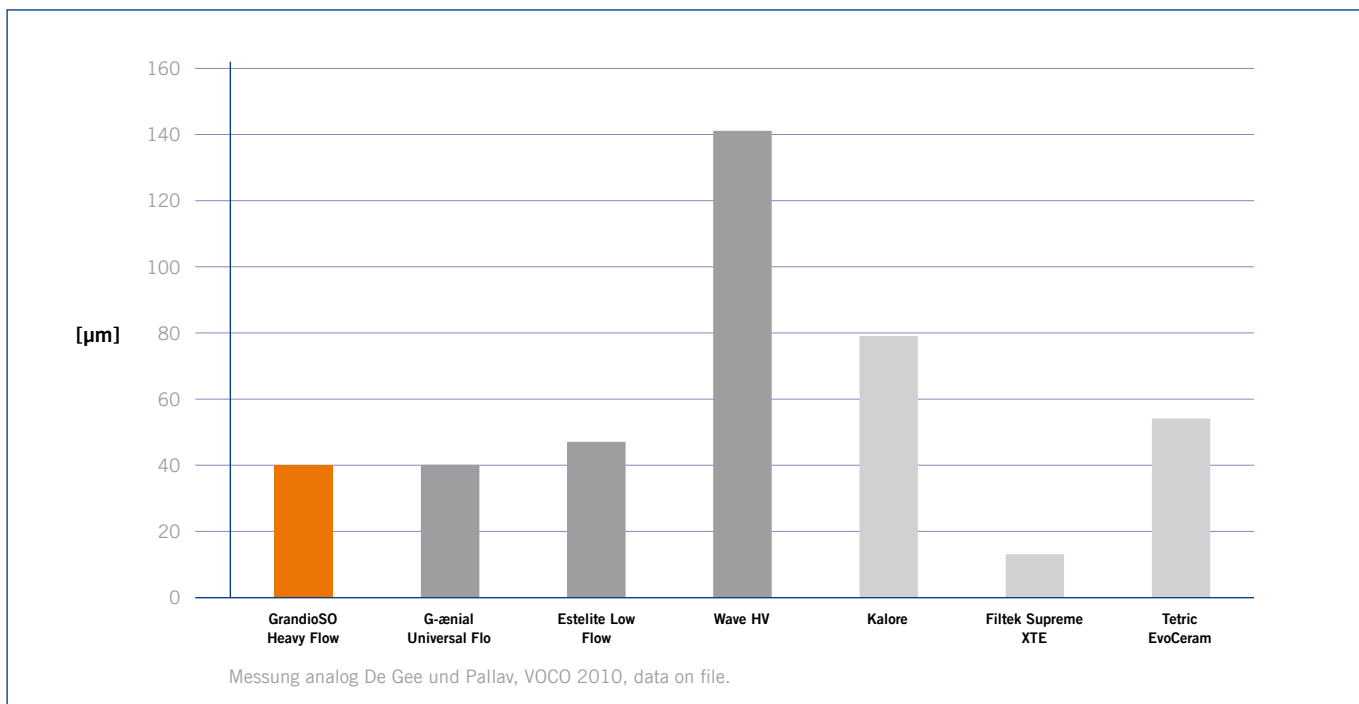
In diesem Test wird das Material an einem Rad befestigt, das mit einer Umdrehung pro Sekunde rotiert. Mit einer Andrückkraft von 15 N bewegt sich ein zweites Rad aus Stahl in die entgegengesetzte Richtung. Zwischen beiden Rädern befindet sich ein Brei aus gemahlenem Reis und gemahlener Hirse. Nach 200000 Zyklen wird der Abtrag des Composite-Materials bestimmt.^[1]

Ergebnisse

Mit einer Abrasionstiefe von 48 bzw. 40 µm zeigen GrandioSO Flow und GrandioSO Heavy Flow auch nach 200000 Zyklen äußerst geringe Werte und somit gegenüber durch Nahrungsmittel bedingtem Kauabrieb eine widerstandsfähige Oberfläche.



Abrasionswerte [μm] verschiedener Flowables.



Abrasionswerte [μm] verschiedener Flowables mit hoher Viskosität bzw. modellierbarer Composites (hellgraue Balken).

Literatur

[1] De Gee und Pallav, 1994.

Diametrale Zugfestigkeit

Beschreibung

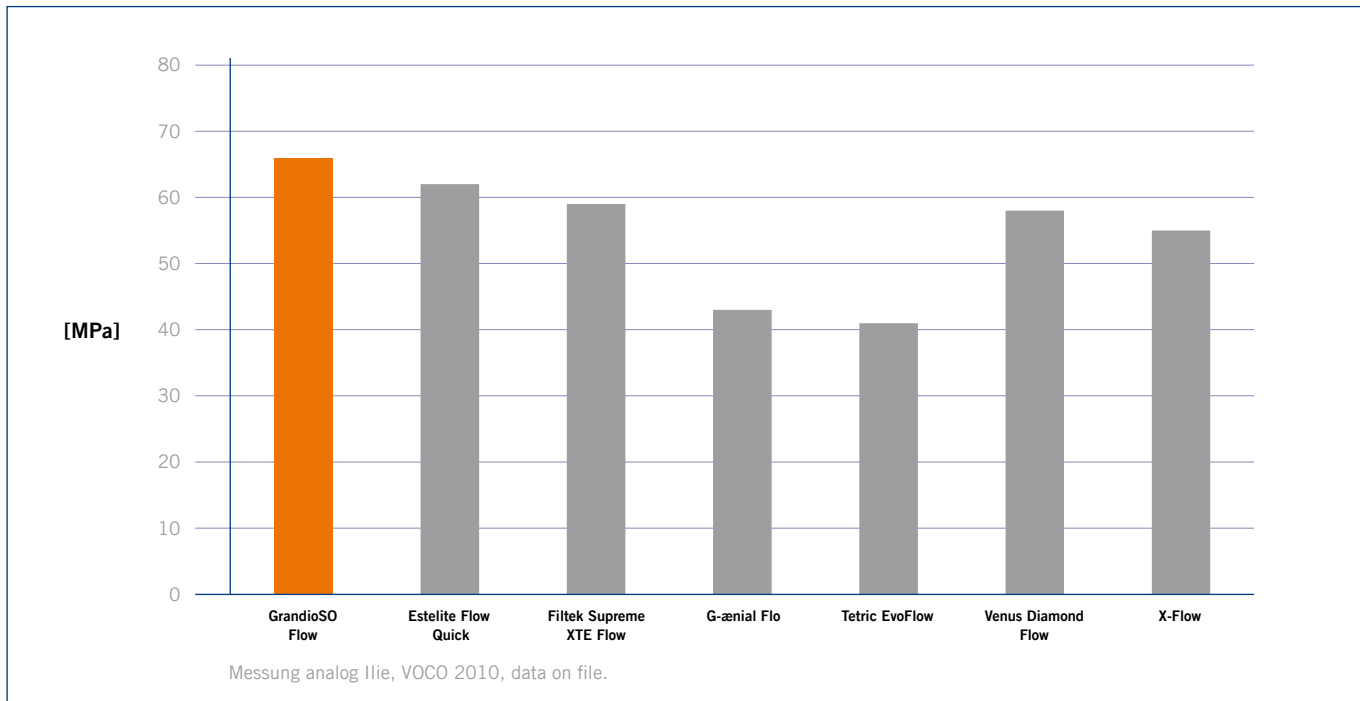
Ebenso wie die Zahnhartsubstanz unterliegt auch ein Füllungsmaterial Verformungen während des Kauvorgangs. Diese Verformungen führen zu verschiedenen Druck-, Zug- und Torsionsbelastungen. Die diametrale Zugfestigkeit beschreibt, inwieweit ein Material diesen Zugkräften auf konvex gekrümmten Flächen widerstehen kann.

Messverfahren

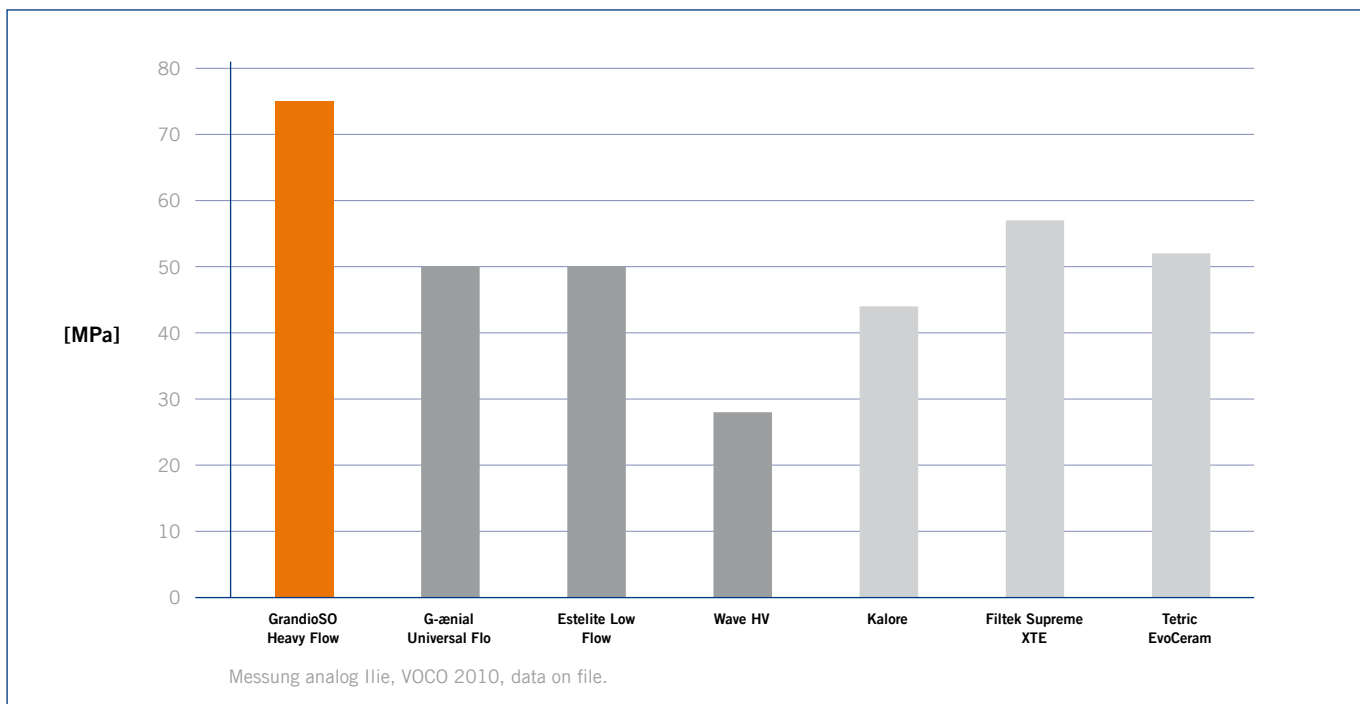
Zur Ermittlung der diametralen Zugfestigkeit werden zylindrische Probekörper mit einem Durchmesser von 3 mm und einer Höhe von 6 mm hergestellt.^[1] Diese werden anschließend mit der Längsseite auf den Metallstempel eines Kraft-Weg Messgeräts gelegt. Danach wird der Probekörper mit einem zweiten Metallstempel bei einer Geschwindigkeit von 1 mm/min belastet, bis er zerbricht. Aus der maximalen Kraft und den exakten Probekörperdimensionen ergibt sich dann die Zugfestigkeit.

Ergebnisse

GrandioSO Flow besitzt eine diametrale Zugfestigkeit von 66 MPa, GrandioSO Heavy Flow von 75 MPa. Damit ist GrandioSO Heavy Flow nicht nur anderen fließfähigen Kompositen mit erhöhter Viskosität überlegen, es schneidet auch besser ab als die hier gemessenen modellierbaren Composites.



Diametrale Zugfestigkeit [MPa] verschiedener Flowables.



Diametrale Zugfestigkeiten [MPa] verschiedener Flowables mit hoher Viskosität bzw. modellierbarer Composites (hellgraue Balken).

Literatur

[1] Ilie 2004.

Druckfestigkeit

Beschreibung

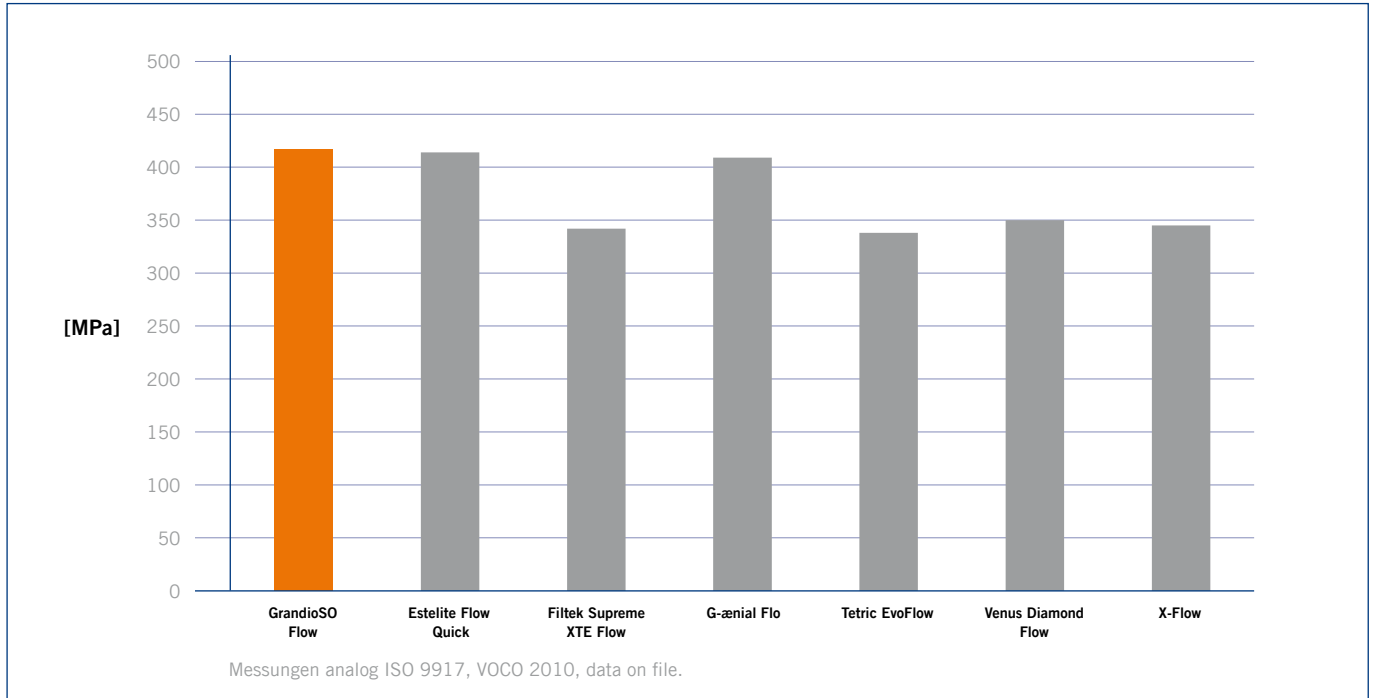
Die Druckfestigkeit gibt an, ab welcher Belastung ein Material anfängt zu zerbröckeln. Dieser Parameter ist besonders bei Füllungen im Seitenzahnbereich wichtig, da diese aufgrund des Vorliegens von Kontaktpunkten im okklusalen Bereich bei der täglichen Kaubelastung mitunter sehr hohen Druckkräften ausgesetzt sind.

Messverfahren

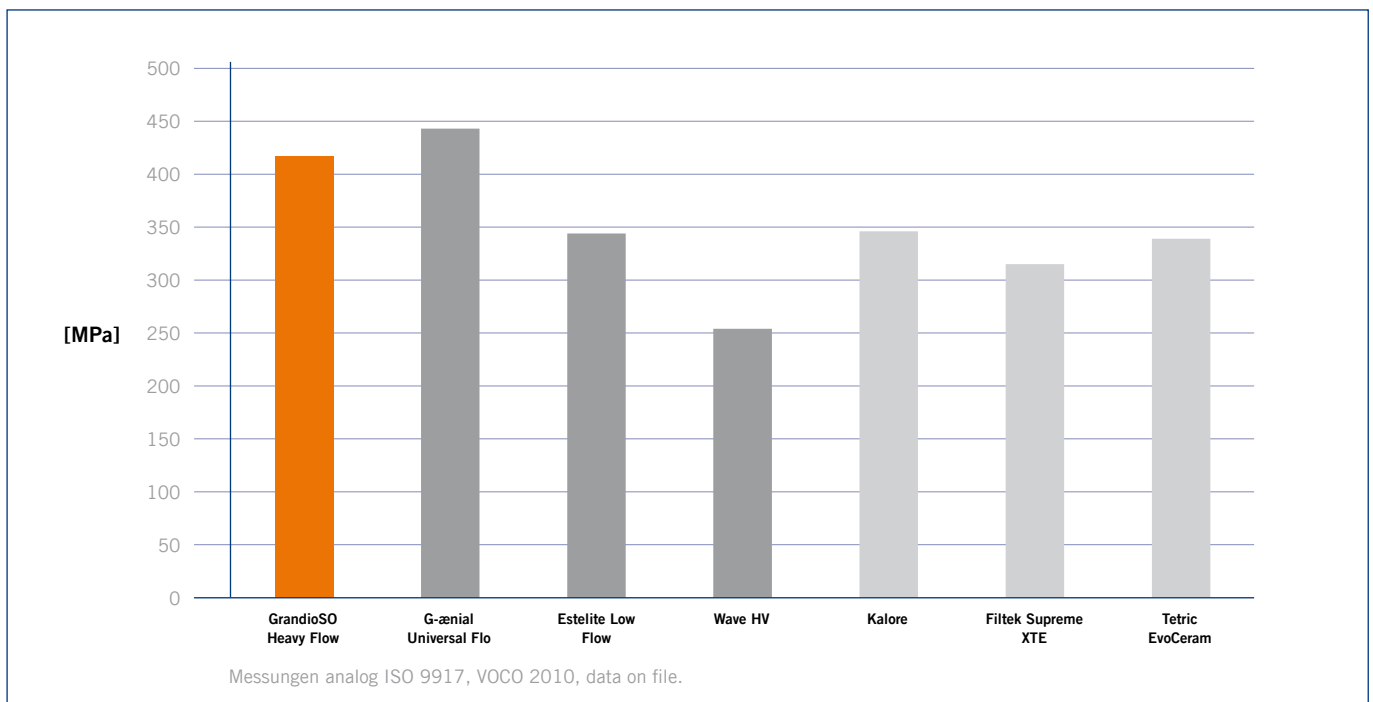
Die Messung der Druckfestigkeit wurde analog des in der ISO 9917 beschriebenen Verfahrens zur Prüfung von Zementen durchgeführt.^[1] Dazu wurde ein 6 mm hoher Zylinder mit einem Durchmesser von 3 mm hergestellt. Der Prüfkörper wurde anschließend mit einer Kraft von 50 ± 16 N/min belastet, bis dieser unter der aufgelegten Last versagt. Die Last, unter der der Prüfkörper zerbricht, wird als Druckfestigkeit bezeichnet.

Ergebnisse

Sowohl GrandioSO Flow als auch GrandioSO Heavy Flow besitzen eine Druckfestigkeit von 417 MPa. Dieser Wert liegt nicht nur über nahezu allen anderen fließfähigen Composites, auch modellierbare Composites wie Filtek Supreme XTE, Kalore oder Tetric EvoCeram werden in dieser Messung übertroffen.



Druckfestigkeiten [MPa] der getesteten Flowables.



Druckfestigkeiten [MPa] verschiedener Flowables mit hoher Viskosität bzw. modellierbarer Composites (hellgraue Balken).

Literatur

[1] ISO 9917, International Organisation for Standardization.

Oberflächenhärte

Beschreibung

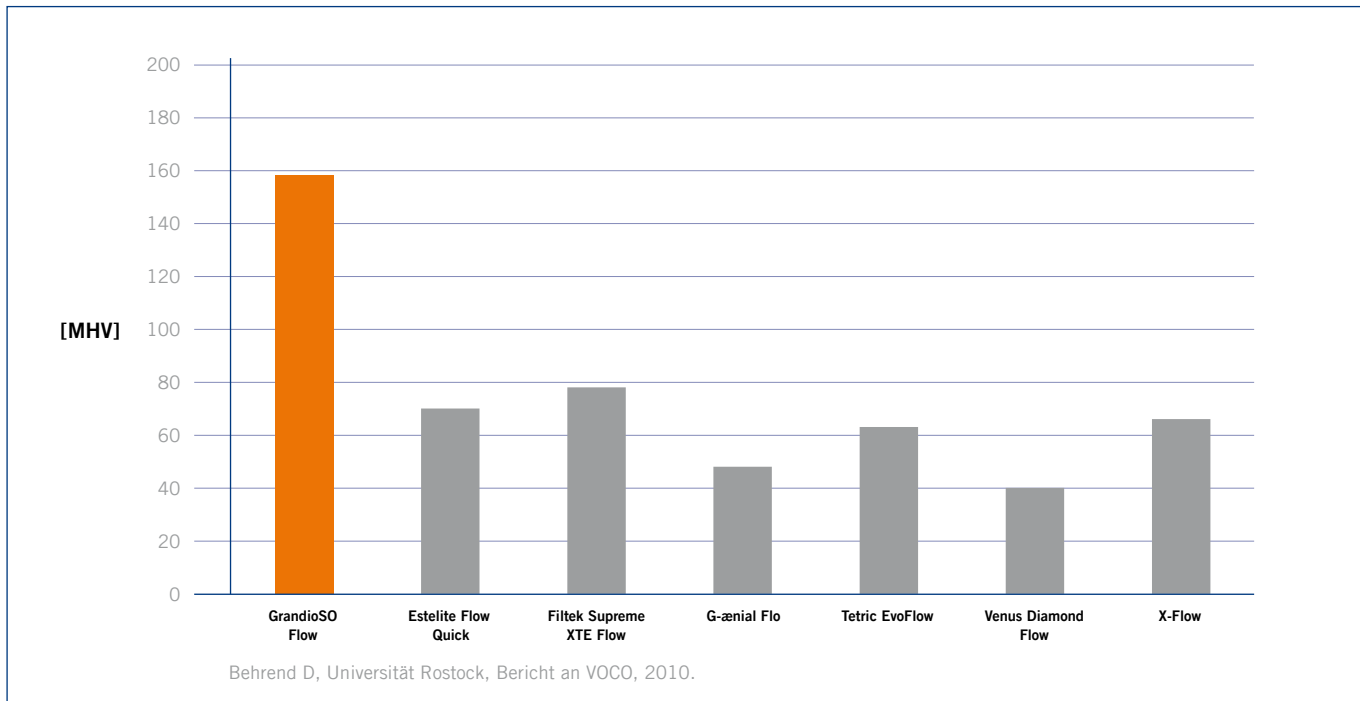
Die Oberflächenhärte gibt an, inwieweit ein Material Widerstand gegen Belastungen auf geringer Fläche ausübt. Je kleiner ein in einem solchen Versuch hinterlassener Eindruck auf der Oberfläche ist, desto höher ist die Oberflächenhärte. Je nach der Geometrie der verwendeten Spitzen bei diesen Druckversuchen werden verschiedene Härten angegeben: Vickershärte (Pyramidenförmiger Stempel), Brinellhärte (Kugel), Knoophärte (Rhombische Diamantspitze) oder Barcolhärte (Kegelstumpf). Für eine langfristig formstabile Okklusalfäche ist eine schmelzähnliche Oberflächenhärte anzustreben.

Messverfahren

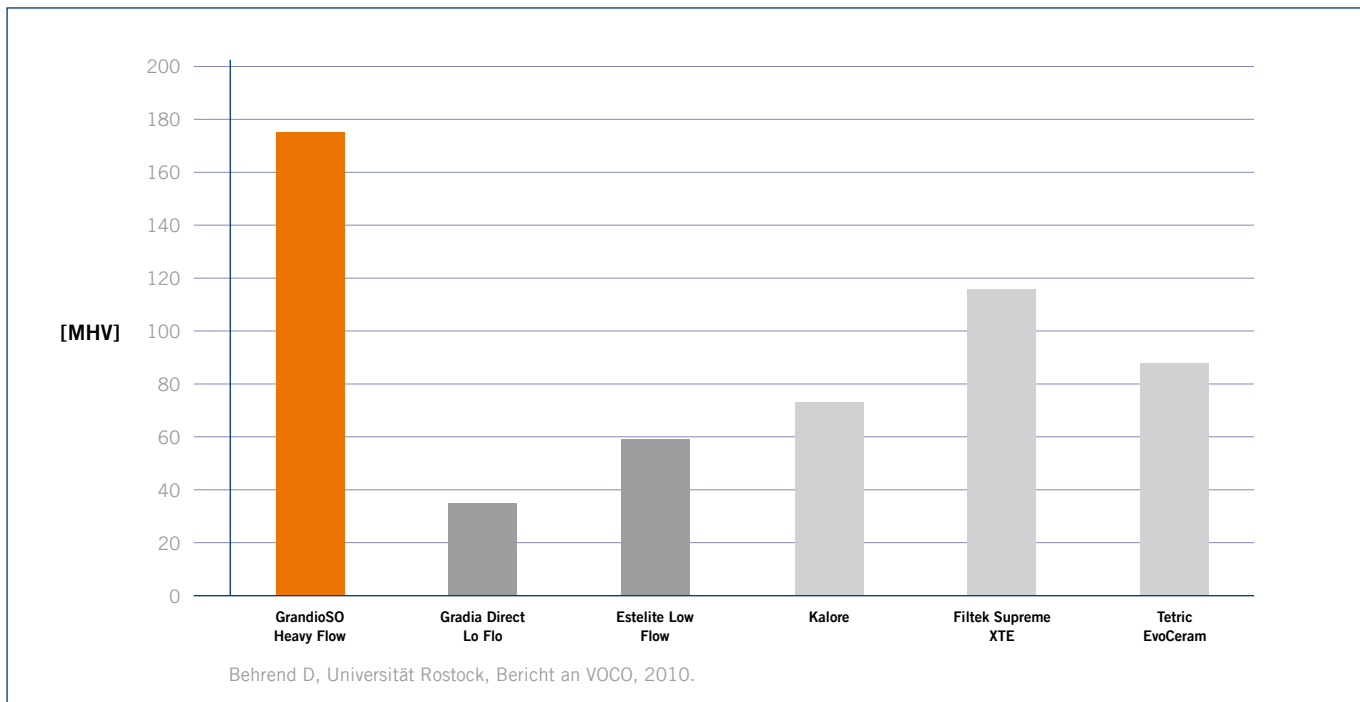
In einer Untersuchung der Universität Rostock wurde die Oberflächenhärte von GrandioSO ermittelt. Hierzu wurde die Mikrohärte (nach Vickers) an lichtgehärteten 2x2 mm großen Prüfkörpern gemessen.^[1] Die Oberfläche wurde zunächst mit Schleifpapier behandelt. Im Anschluss wurde ein standardisiertes Diamant-Prisma mit einer Kraft von 1 N und einer Eindringgeschwindigkeit von 0,2 N/Sekunde auf den Prüfkörper aufgelegt. Nach einer Verweildauer von 5 Sekunden wurde der Diamant wieder entfernt und der verbleibende Abdruck im Prüfkörper vermessen. Aus den Dimensionen des Abdrucks konnte die Mikro-Vickershärte (MHV) berechnet werden.

Ergebnisse

GrandioSO Flow und GrandioSO Heavy Flow zeichnen sich durch eine zwei- bis vierfach so hohe Oberflächenhärte als ebenfalls getestete Flowables und sogar modellierbare Composites aus. Diese hohen Messwerte lassen eine langfristige Resistenz gegenüber Abrasionserscheinungen der Oberfläche sowie eine hohe Formstabilität der Okklusalfäche erwarten.



Oberflächenhärte [MHV] verschiedener Flowables.



Oberflächenhärte [MHV] verschiedener Flowables mit hoher Viskosität bzw. modellierbarer Composites (hellgraue Balken).

Literatur

[1] Behrend, 2010.

Glanz

Beschreibung

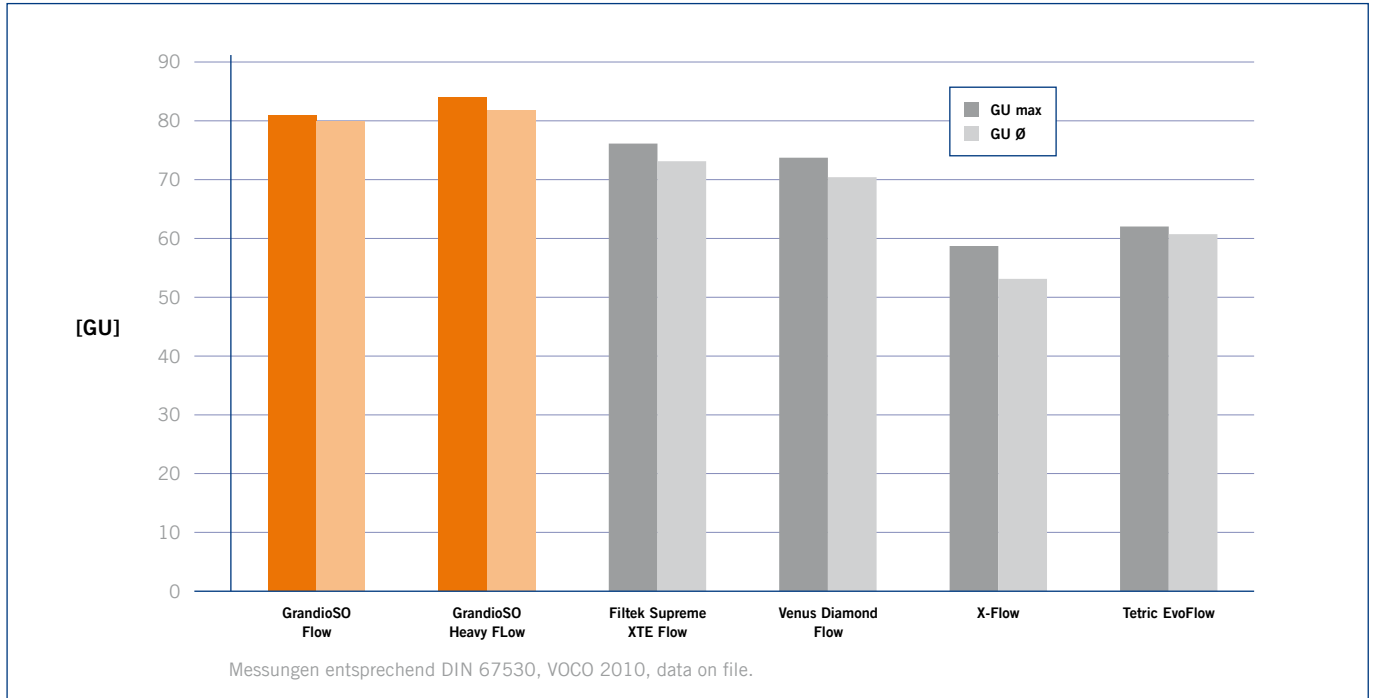
Für den Patienten nimmt die Ästhetik der Versorgung seiner Zähne einen hohen Stellenwert ein. Daher sollten sich Füllungsmaterialien auf einen entsprechenden Hochglanz polieren lassen.

Messverfahren

Der Oberflächenglanz der hier betrachteten Materialien wurde an polierten Probekörpern mit Hilfe eines Glanzmessgerätes bestimmt. Die hiermit ermittelten Werte werden in Glanzeinheiten (Gloss units, GU) angegeben. Zur Vorbereitung wurden zunächst Probekörper von etwa 2 mm Höhe und 15 mm Durchmesser hergestellt. Diese wurden nachfolgend mit Schleifpapier (1000er Körnung) bearbeitet und anschließend mit Isopropanol gereinigt. Um einen optimalen Glanz zu erzeugen, wurden die Materialien mit dem Polierer Dimanto (Voco) bei ca. 5000 Umdrehungen pro Minute ohne Wasserkühlung poliert.^[1]

Ergebnisse

In der hier gezeigten Messung wurden mit GrandioSO Flow und GrandioSO Heavy Flow die höchsten Glanzwerte erreicht. Damit lassen sich mit diesen Flowables nicht nur funktionelle sondern auch ästhetisch ansprechende Füllungen legen.



Oberflächenglanz [GU] verschiedener Flowables.

Röntgenopazität

Beschreibung

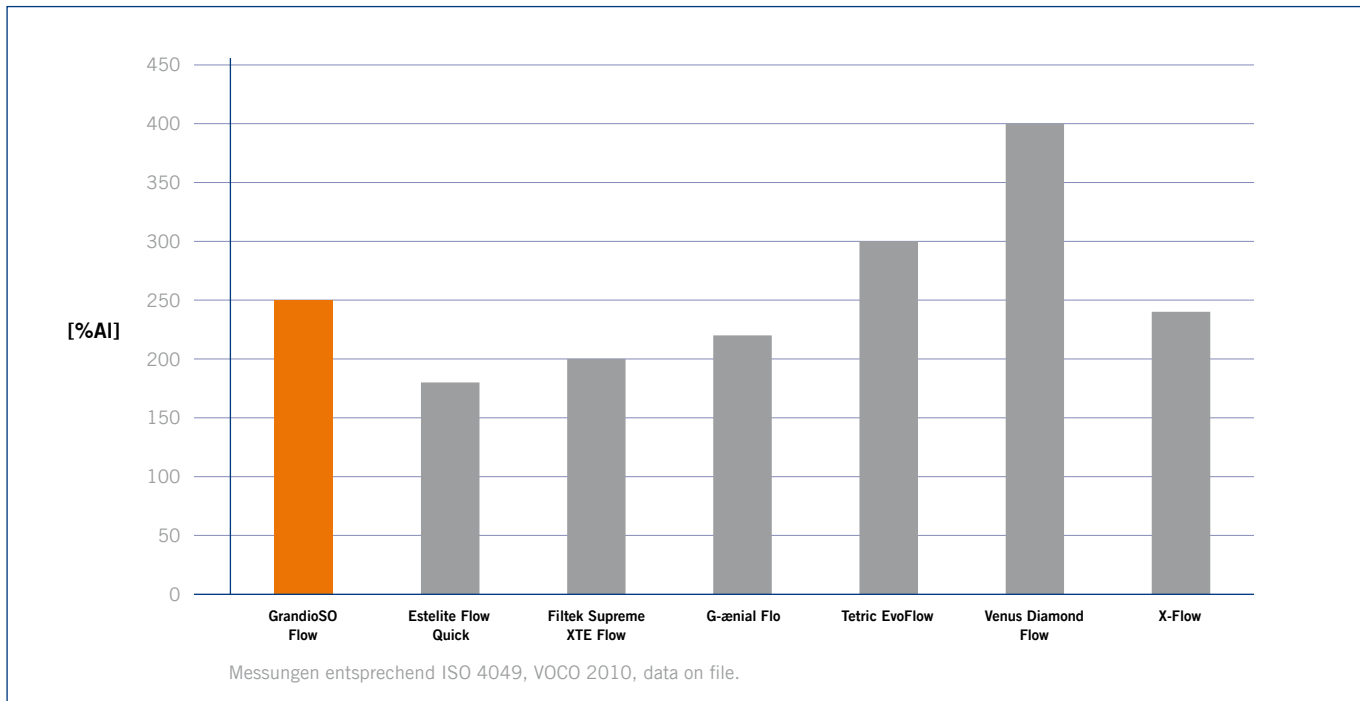
Eine gute Sichtbarkeit von Füllungsmaterialien im Röntgenbild erleichtert die Auswertung dieser Bilder erheblich. Als Einheit der Röntgenopazität wird ein Aluminium-Vergleichswert (%Al) verwendet. Da reines Aluminium in etwa die gleiche Röntgenopazität wie Dentin besitzt, entspricht ein Wert von 100 %Al der Helligkeit von Dentin im Röntgenbild, bei 200 %Al ist die Helligkeit doppelt so hoch wie die des Dentins usw..

Testverfahren

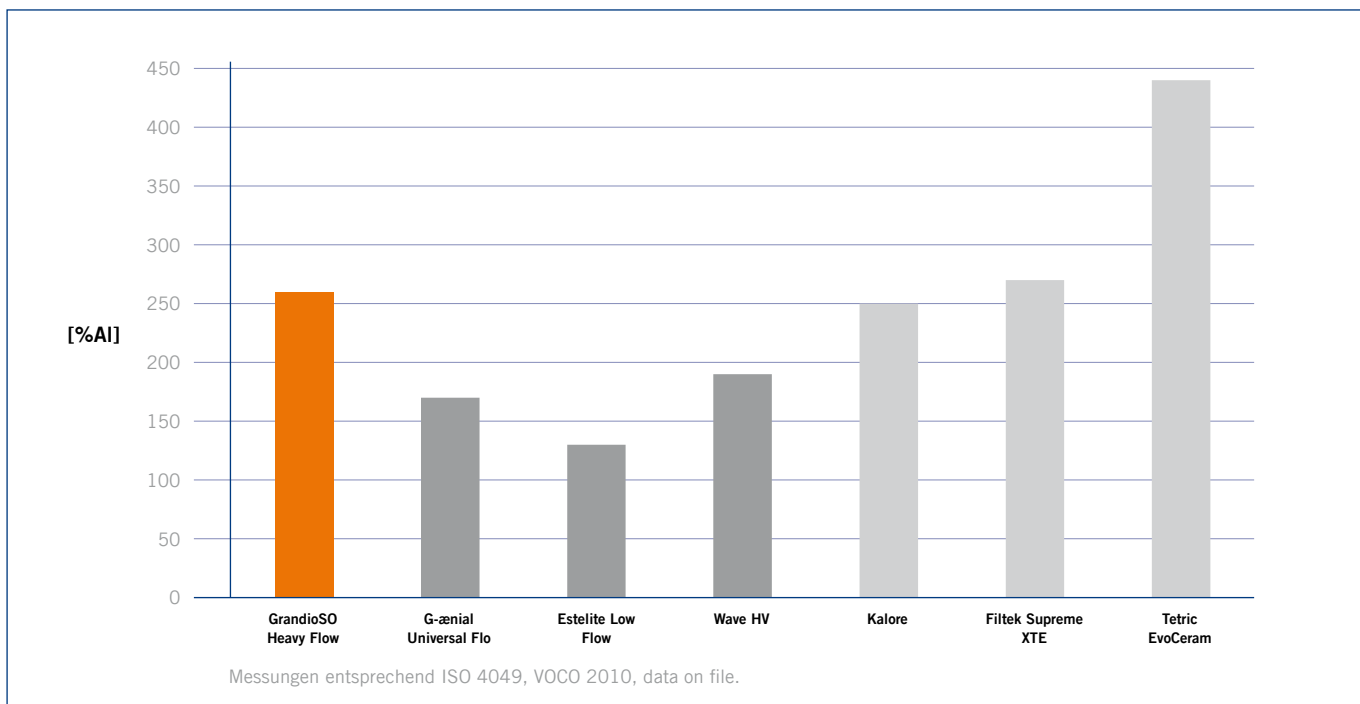
Zur Ermittlung der Röntgenopazität wurden Probekörper mit einem Durchmesser von 15 mm und einer Höhe von 2 mm hergestellt, von denen anschließend eine Röntgenaufnahme (7 mA; 60 kV; 0,04 s) angefertigt wurde. Als Vergleichsreferenz diente ein treppenförmiger Aluminiumkörper. Zur weiteren Auswertung wurden die Höhen dieser Stufen aus Aluminium sowie die Dicke der Probekörper mit einer Genauigkeit von 0,01 mm bestimmt. Außerdem erfolgte für beide eine Festlegung der Grauwerte. Aus diesen Werten wurde dann mittels linearer Regression die Röntgenopazität in Aluminiumäquivalenten berechnet.^[1]

Ergebnisse

GrandioSO Flow besitzt eine Röntgenopazität von 250 %Al, GrandioSO Heavy Flow 260 %Al. Dieser Unterschied gegenüber der Zahnhartsubstanz (Dentin) garantiert eine gute Sichtbarkeit im Röntgenbild. Bei der Farbe GrandioSO Flow WO (nicht in der Grafik dargestellt) beträgt die Röntgenopazität sogar 500 %Al. Durch diese hervorragende Abgrenzung gegenüber dem Dentin wird die Anwendung besonders bei einer indirekten Überkappung der Pulpa interessant.



Röntgenopazität [%AI] von Flowables.



Röntgenopazität [%AI] verschiedener Flowables mit hoher Viskosität bzw. modellierbarer Composites (hellgraue Balken).

Literatur

[1] ISO 4049, International Organization for Standardization.

Wasseraufnahme

Beschreibung

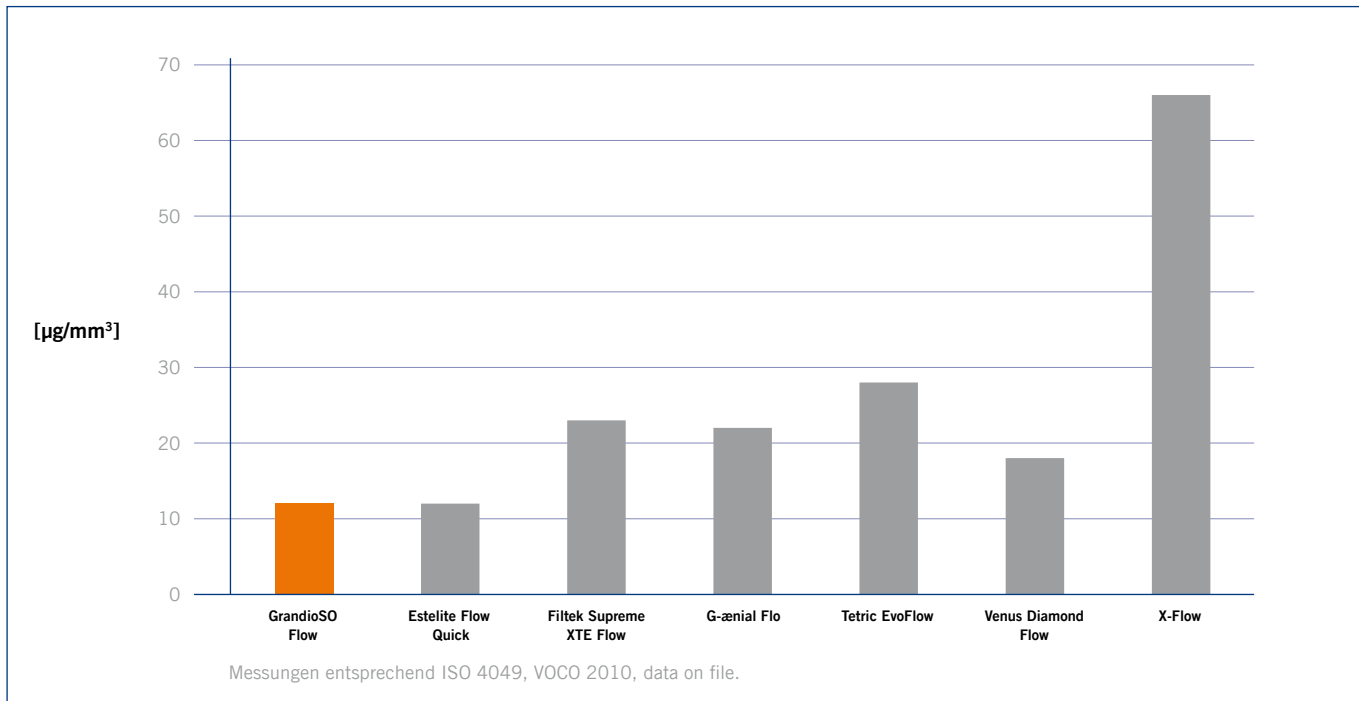
Composites nehmen trotz ihrer relativ starken Hydrophobie in geringen Mengen Wasser auf. Dieses Wasser wird in den Zwischenräumen des Polymers eingelagert. Ein Einlagern von Wasser birgt zwei wesentliche Nachteile. Der erste Nachteil betrifft die Volumenstabilität der Füllung. Bei der Aufnahme von Wasser kommt es zu einer Quellung des Materials. Ist die Wasseraufnahme hoch, besteht gerade bei Füllungen bei denen lediglich dünne Kavitätenwände verbleiben, die Gefahr, dass diese im Verlaufe der Zeit durch den Quelldruck frakturieren könnten. Auch das Auftreten von Schmelzrissen wird als Folge der Quellung von Füllungsmaterialien diskutiert. Der zweite negative Aspekt bei der Wasseraufnahme liegt in einer möglichen Beeinträchtigung der Ästhetik. Eine erhöhte Wasseraufnahme geht stets einher mit einer erhöhten Einlagerung von farbigen Substanzen und damit langfristig mit einer Verfärbung der Füllung.

Messverfahren

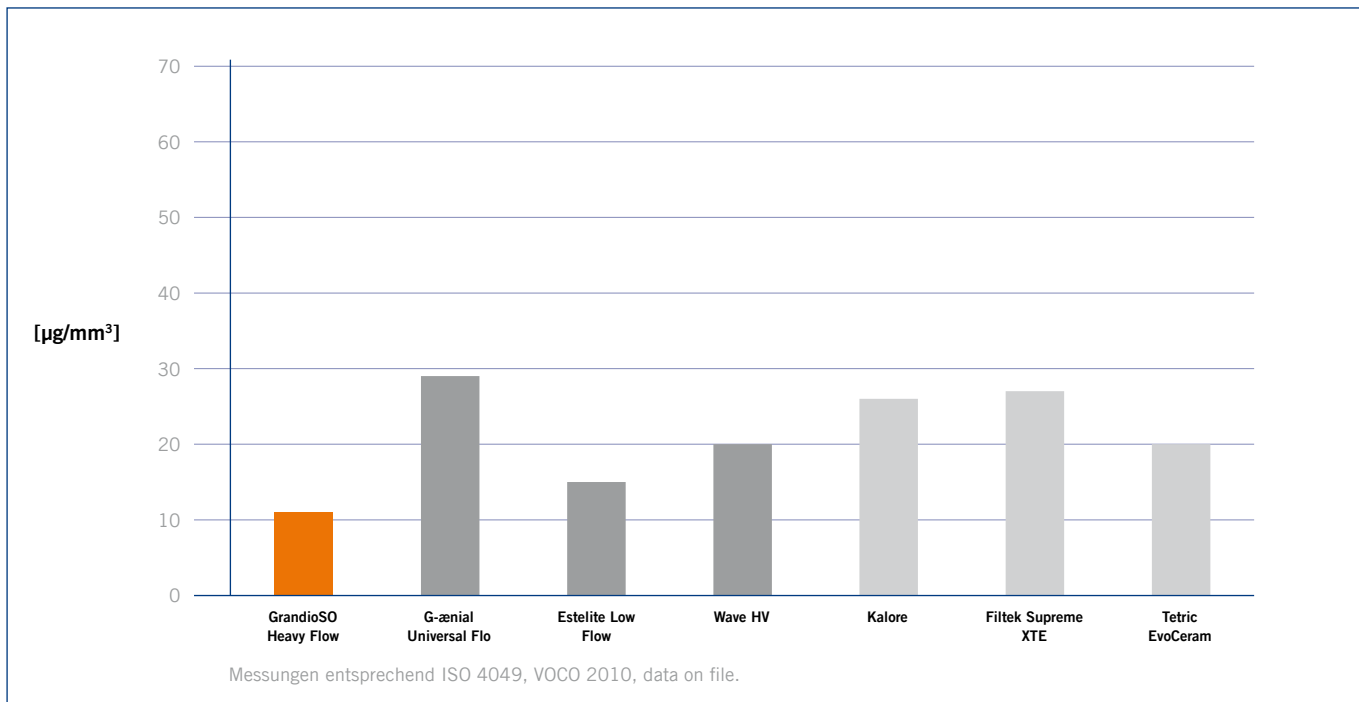
Die Wasseraufnahme wurde nach ISO 4049 bestimmt.^[1] Dazu wurden Probekörper der getesteten Composites mit einem Durchmesser von $15,0 \pm 0,1$ mm und einer Höhe von $1,0 \pm 0,1$ mm lichtgehärtet. Nach Bestimmung des Ausgangsgewichts wurden die Probekörper für 7 Tage bei 37°C in Wasser gelagert. Danach wurden diese mit Wasser abgespült und abgetupft, bis auf der Oberfläche keine Feuchtigkeit mehr sichtbar war. Anschließend wurden die Proben für 15 s in der Luft hin- und her geschwenkt und nach 1 min nach dem Herausnehmen aus dem Wasser gewogen. Aus diesem Wert ergibt sich die Wasseraufnahme. Die ISO 4049 schreibt eine Wasseraufnahme von $\leq 40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ vor.

Ergebnisse

Ein Vergleich der Wasseraufnahme zeigt, dass GrandioSO Flow mit nur $12 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ und GrandioSO Heavy Flow mit nur $11 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ die geringsten Werte der getesteten Composite-Materialien aufweisen. Diese geringe Wasseraufnahme ist eine Grundvoraussetzung für langfristig farbstabile Füllungen.



Wasseraufnahme [µg/mm³] der untersuchten Flowables.



Wasseraufnahme [µg/mm³] verschiedener Flowables mit hoher Viskosität bzw. modellierbarer Composites (hellgraue Balken).

Literatur

[1] ISO 4049, International Organization for Standardization.

Wasserlöslichkeit

Beschreibung

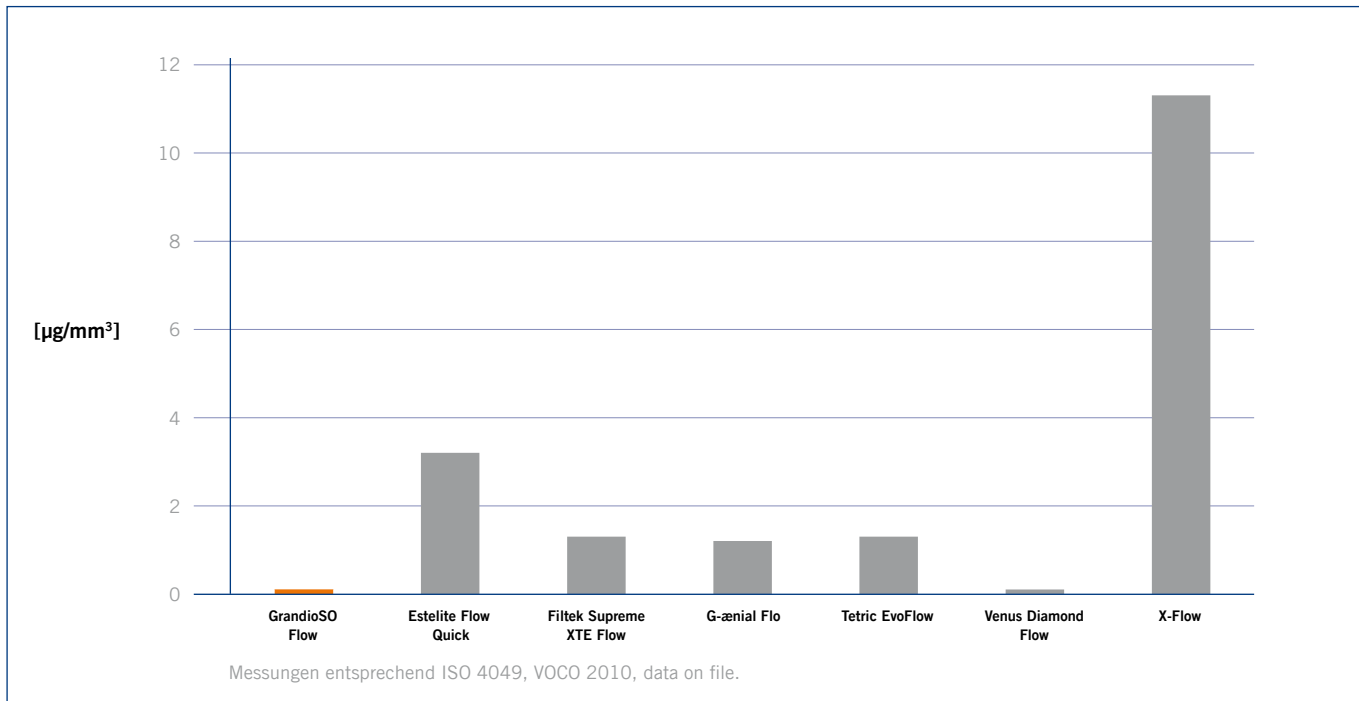
Ein Füllungsmaterial sollte im Mundmilieu lösungsbeständig sein. Ein zu starkes Herauslösen von Teilen des Füllungsmaterials führt zwangsläufig zu einer Destabilisierung der Füllung. Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Bestimmung der Löslichkeit ist ein Rückschluss auf mögliche Restmonomere. Monomere, die während der Polymerisationsreaktion nicht in das dreidimensionale Netzwerk eingebunden werden, können die Füllung relativ leicht verlassen. Die Freisetzung von Restmonomeren, so gering sie auch ist, sollte jedoch weitestgehend vermieden werden.

Messverfahren

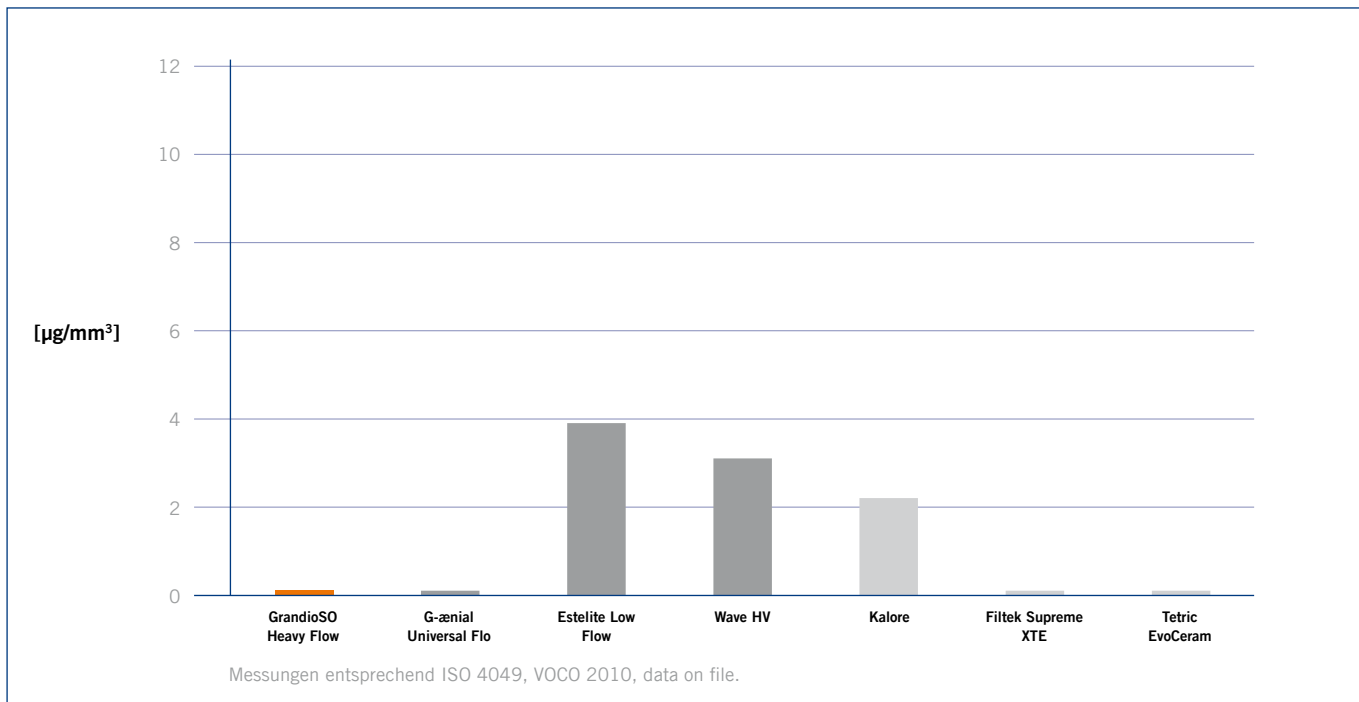
Die Löslichkeit in Wasser wurde nach der ISO-Norm 4049 bestimmt.^[1] Hierzu wurden Probekörper mit einem Durchmesser von $15,0 \pm 0,1$ mm und einer Höhe von $1,0 \pm 0,1$ mm lichtgehärtet. Nach Bestimmung des Ausgangsgewichts wurden die Probekörper für 7 Tage bei 37°C in Wasser gelagert. Anschließend wurden die Probekörper mit Wasser abgespült und abgetupft, bis auf der Oberfläche keine Feuchtigkeit mehr sichtbar war. Nach dem Aufbewahren in einem Vakuum bei 37°C wurde das Gewicht erneut bestimmt und die im Vergleich zum Ausgangsgewicht resultierende Wasserlöslichkeit berechnet. In der Norm nach ISO 4049 wird eine Wasserlöslichkeit von $\leq 7,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ vorgeschrieben.

Ergebnisse

GrandioSO Flow und GrandioSO Heavy Flow zeichnen sich durch eine äußerst geringe Löslichkeit in Wasser aus. Diese liegt jeweils unterhalb der Nachweisgrenze von $0,1 \mu\text{g}/\text{mm}^3$. Eine Destabilisierung der Füllung durch Ausspülungsprozesse während ihrer Liegedauer erscheint somit als höchst unwahrscheinlich.



Wasserlöslichkeit [µg/mm³] verschiedener Flowables.



Wasserlöslichkeiten [µg/mm³] verschiedener Flowables mit hoher Viskosität bzw. modellierbarer Composites (hellgraue Balken).

Literatur

[1] ISO 4049, International Organisation for Standardization.

Haftwerte auf Schmelz und Dentin

Beschreibung

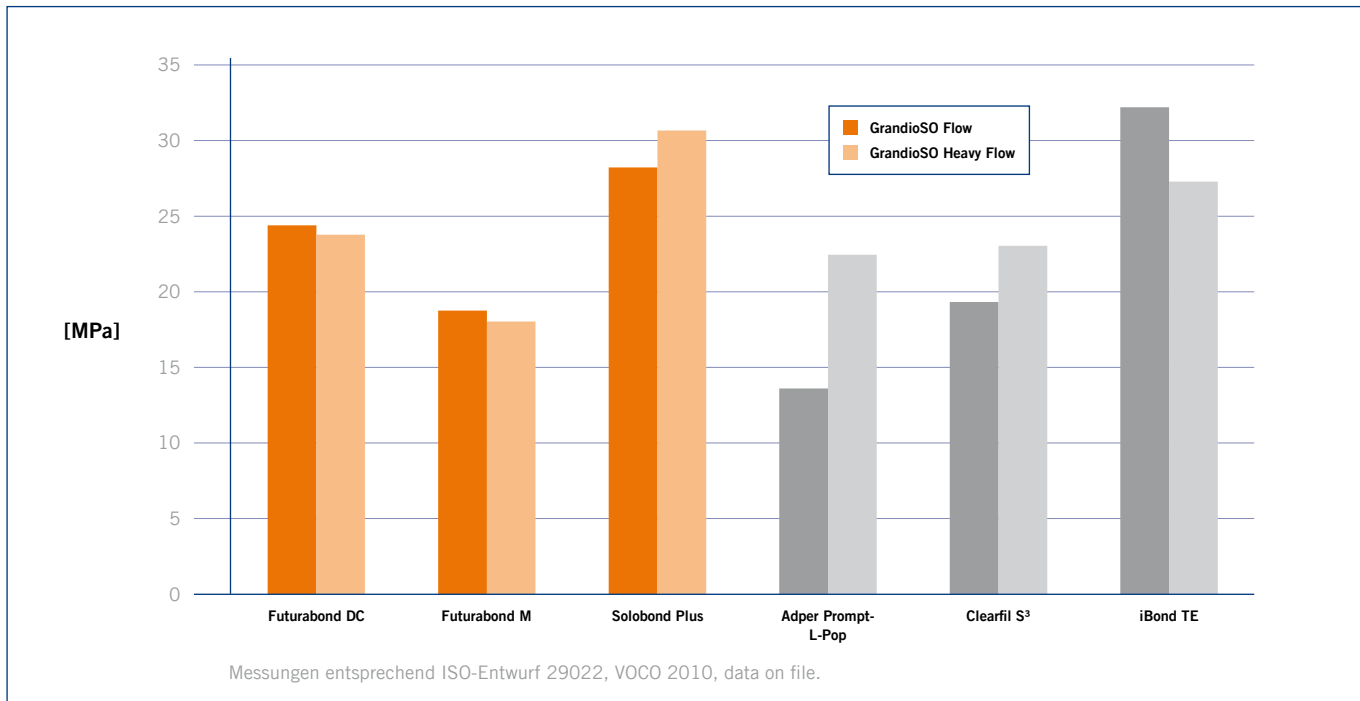
Neben guten mechanischen Eigenschaften sollte jedes Composite Material in der Lage sein, mit Adhäsiven eine stabile Verbindung einzugehen. Die Haftkraft auf Zahnhartsubstanz wird dabei maßgeblich von der Qualität des Adhäsivsystems bestimmt, dennoch sollen hier der Vollständigkeit halber einige Haftwerte betrachtet werden.

Messverfahren

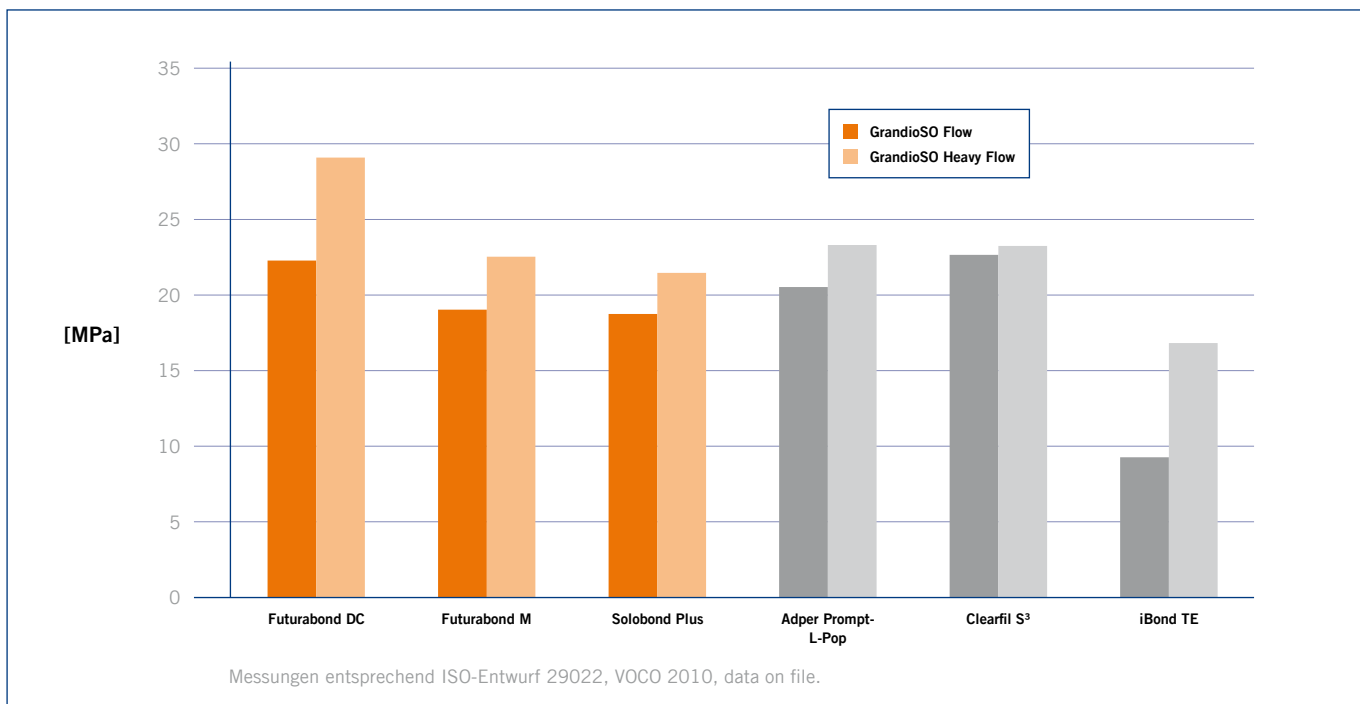
In dieser Untersuchung zu den Haftwerten der Flowables auf Schmelz wurden buccale und linguale Flächen von menschlichen Seitenzähnen unter Verwendung von Siliziumcarbid Schleifpapier (600er Körnung) plan geschliffen und mit verschiedenen Adhäsivsystemen behandelt. Anschließend wurde ein 2 × 2 mm großes Inkrement des jeweiligen Flows appliziert. Nach 24 h Wasserlagerung wurde die Haftkraft auf Schmelz mit einem Scherversuch bestimmt. In der Messung auf Dentin wurden Prüfkörper mit einem Durchmesser von 2,38 mm und einer Höhe von 2 mm angefertigt, die adhäsiv auf menschlichem Dentin befestigt wurden. Die Dentinoberfläche wurde zuvor maschinell mit Siliziumcarbid Schleifpapier angeraut (120er und 400er Körnung). Die Testkörper wurden dann nach DIN-Norm einem Schertest in einer Ultradent-Apparatur unterzogen.^[1]

Ergebnisse

GrandioSO Flow und GrandioSO Heavy Flow zeigen in Kombination mit nahezu allen getesteten Bondingsystemen sehr gute Haftverbunde. Lediglich die Schmelzhaftung bei der Kombination Adper Prompt L-Pop / GrandioSO Heavy Flow und die Dentinhaftung mit iBond TE sind kritisch zu betrachten.



Schmelzhaftung mit verschiedenen Bondings.



Dentinhaftung mit verschiedenen Bondings.

Literatur

[1] ISO-Entwurf 29022.

Literaturverzeichnis

Behrend D, Universität Rostock, Bericht an VOCO, 2010.

Craig RG, Peyton FA: Elastic and mechanical properties of human dentin, *J Dent Res* **1958**, *37*: 710-718.

De Gee AJ, Pallav P: Occlusal wear simulation with the ACTA wear machine, *J Dent Suppl 1* **1994**, *22*: 21-27.

Ilie N: Messmethoden zur Charakterisierung von Compositefüllungswerkstoffen, Dissertation, Ludwig-Maximilian-Universität München 2004.

Ohring M: Engineering Material Science, Academic Press Inc 1995.

Watts DC, Cash AJ: Determination of polymerization shrinkage kinetics in visible-light-cured materials: methods and development, *Dent Mater* **1991**, *7*: 281-287.

Watts DC, Marouf AS, Al-Hindi AM: Photo-polymerization shrinkage-stress kinetics in resin-composites: methods development, *Dent Mater* **2003**, *19*: 1-11.

El Hejazi AA, Watts DC: Creep and visco-elastic recovery of cured and secondary-cured composites and resin-modified glass-ionomers, *Dent Mater* **1999**, *15*: 138-143.

Ernst CP, Canbek K, Euler T, Willershausen B: In vivo validation of the historical in vitro thermocycling temperature range for dental materials testing, *Clin Oral Investig* **2004**, *8*: 130-138.

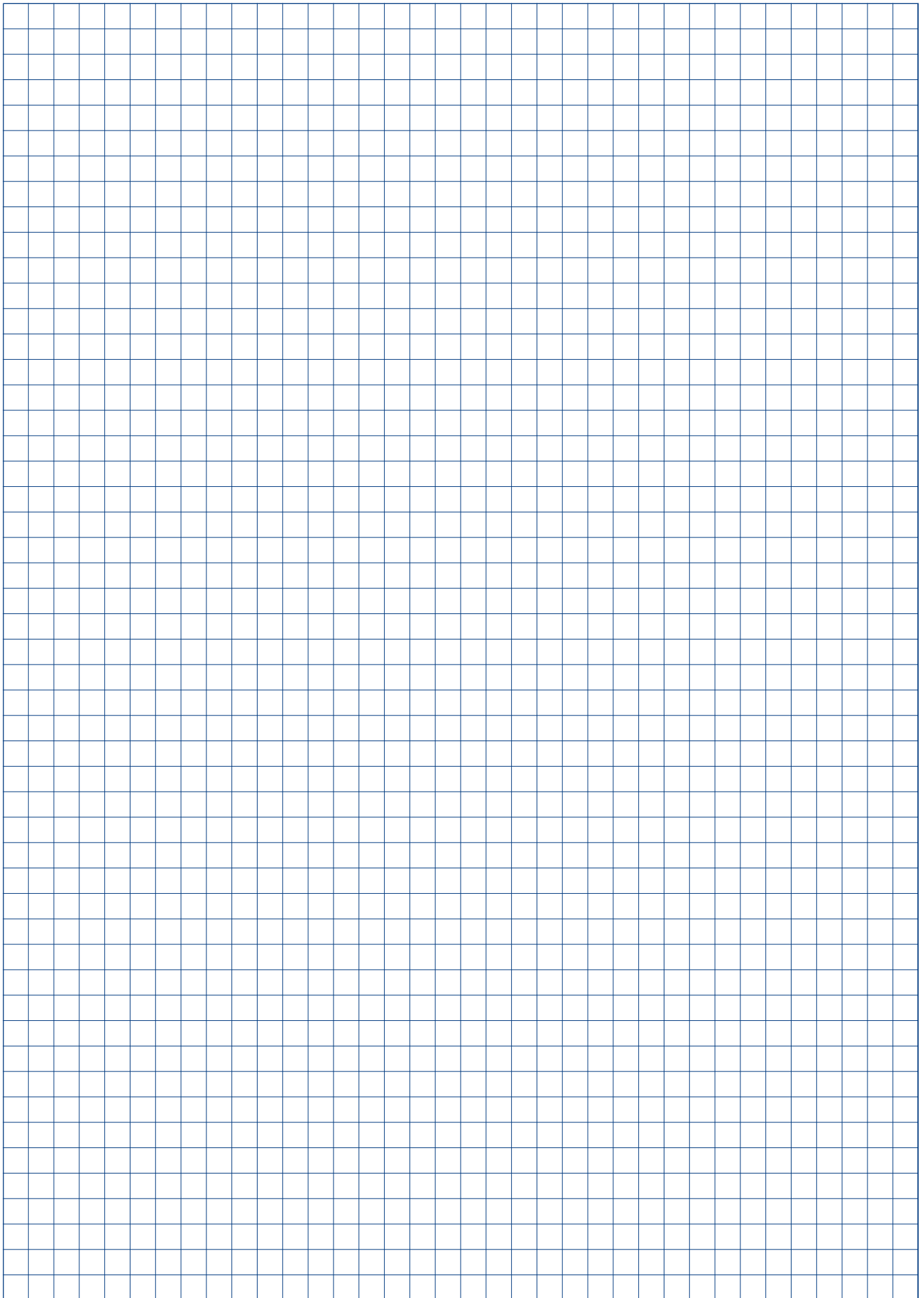
Watts DC, Marouf AS: Optical specimen geometry in bonded-disk shrinkage-strain measurements on light-cured biomaterials, *Dent Mater* **2000**, *16*: 447-451.

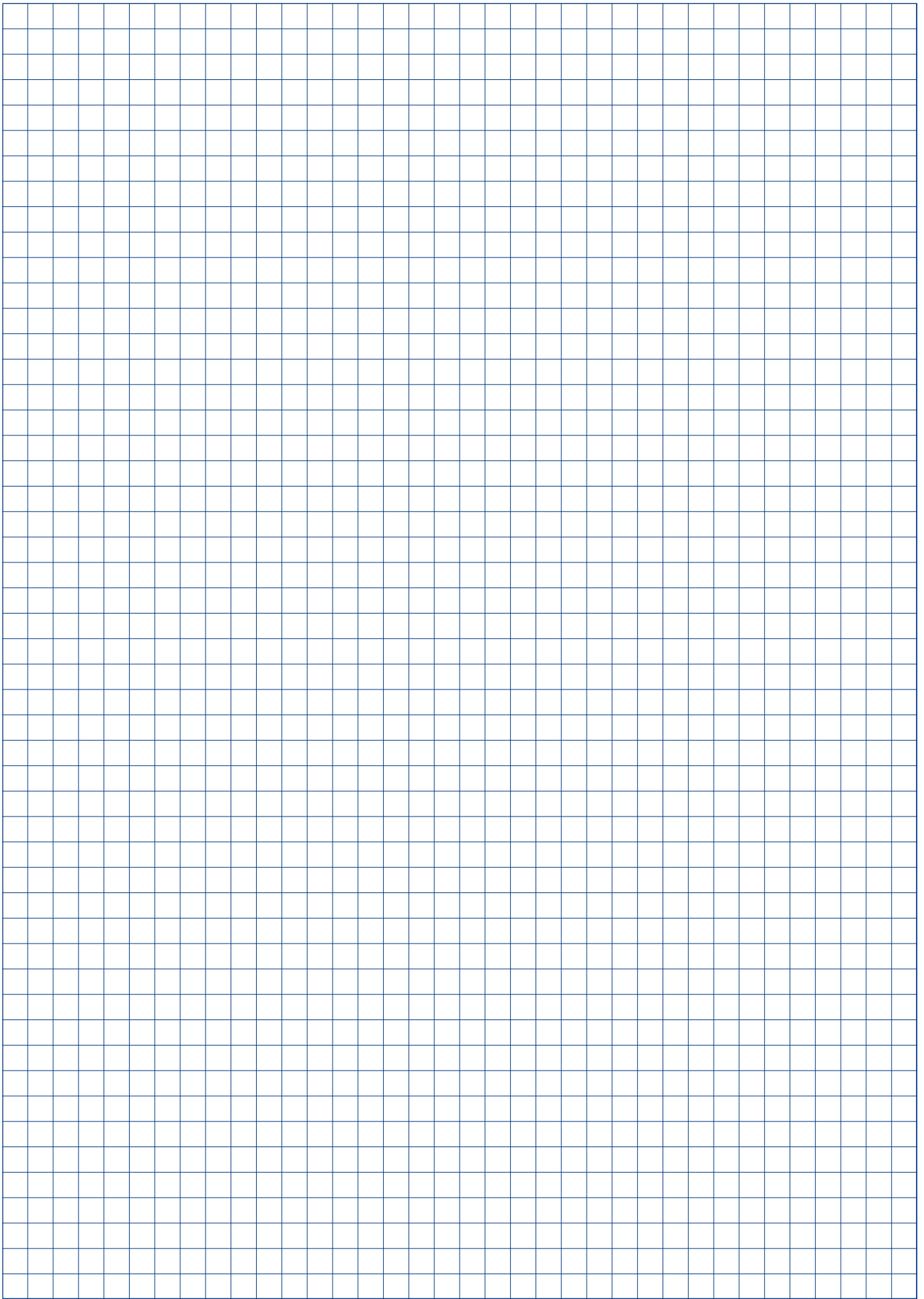
Watts DC, Satterthwaite JD: Axial shrinkage-stress depends upon C-factor and composite mass, *Dent Mater* **2008**, *24*: 1-8.

Watts DC, Silikas N, Universität Manchester, Bericht an VOCO, 2010.

Wolter H, Olsowski R, Fraunhofer ISC, Würzburg, Bericht an VOCO, 2010.

Xu HC, Liu WY, Wang T: Measurement of thermal expansion coefficient of human teeth, *Aust Dent J* **1989**, *34*: 530-535.





VOCO GmbH
Anton-Flettner-Straße 1-3
27472 Cuxhaven
Deutschland

Tel.: +49 (0)4721-719-0
Fax: +49 (0)4721-719-109

info@voco.de
www.voco.de