



RESTAURIEREN MIT

*fließfähigen
Kompositen*

Douglas A. Terry, DDS

RESTAURIEREN MIT *fließfähigen Kompositen*

Douglas A. Terry, DDS

 QUINTESSENCE PUBLISHING

Berlin, Barcelona, Chicago, Istanbul, London, Mailand, Moskau, Neu-Delhi,
Paris, Prag, São Paulo, Seoul, Singapur, Tokio, Warschau



Titel des englischen Originals:
Restoring with Flowables
© 2017 Quintessence Publishing Co, Inc

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

 **QUINTESSENZ PUBLISHING
DEUTSCHLAND**

Quintessenz Verlags-GmbH
Postfach 42 04 52, D-12164 Berlin
Ifenpfad 2-4, D-12107 Berlin
www.quintessenz.de
© 2018 Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin

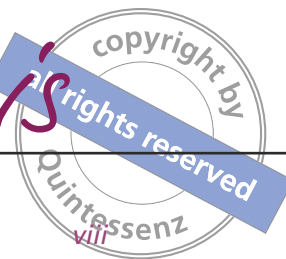
Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Speicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die im Text genannten Produkte sind zum Teil marken-, patent- und urheberrechtlich geschützt. Aus dem Fehlen eines besonderen Hinweises bzw. des Zeichens ® darf nicht geschlossen werden, dass kein rechtlicher Schutz besteht.

Übersetzung: Peter Rudolf, München
Lektorat: Anita Hattenbach, Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin
Herstellung: René Kirchner, Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin
Druck: Belvédère Print & Packaging b.v., Oosterbeek
Printed in The Netherlands

ISBN: 978-3-86867-373-9

Inhaltsverzeichnis



Geleitwort

Vorwort

Mit Beiträgen von

viii
ix

xi


1 Entwicklung fließfähiger Komposite 1

Historische Perspektive	2
Fließfähige Komposite der nächsten Generation	3
Wahl des Restaurationsmaterials	3
Aktuelle nanotechnologische Entwicklungen bei Kompositen	5
Empirische Daten	5

2 Ein adhäsives Konzept 17

Materialauswahl	18
Allgemeine Überlegungen für adhäsive Präparationsformen	21
Präparationsregeln für intrakoronale Restaurationen	21
Präparationsregeln für extrakoronale Restaurationen	22
Adhäsion	23
Priming und Adhäsion	25
Spannungen an der Schnittstelle zwischen Restauration und Zahn	28
Das Polymerisationsgerät: Bewertung und Verwendung	30
Füllungsverfahren und -techniken	38
Kriterien zur Verbesserung der Adhäsion	39

3 Front- und Seitenzahnrestorationen 56




• Klasse-I-Restauration	57
• Klasse-II-Restauration	61
• Klasse-III-Restauration	65
• Klasse-V-Restauration	68
• Restauration von Schneidekantendefekten	71
 Komposit-Mock-up	74



Versiegelung und präventive Füllungen	76
• Versiegelung	76
• Präventive Restaurationen	78
Provisorien: Herstellung, Anpassung, Reparatur	79
• Provisorienherstellung	80
• Unterfütterung und Reparatur von Kronenprovisorien mit Hohlräumen und ungenauer Passung	83
Schienen von Zähnen mit Komposit	86
Verbessern des Kontaktes zwischen Kavität und Komposit	87
Intraorale Reparatur frakturierter Keramikrestaurationen	91
• Silikatkeramiken	91
• Hochfeste Keramiken	91
Wiederbefestigen einer frakturierten Vollkeramikkrone	92
Reparatur einer VMK-Brücke	96
Stabilisieren, Sichern und Abdichten von Kofferdamklammern	99
Kleben festsitzender kieferorthopädischer Apparaturen	101
• Kleben kieferorthopädischer Brackets	101
• Kleben eines Lingualretainers	104
Behandlung überempfindlicher Zahnhälse	106
• Behandlung überempfindlicher Zahnhälse vor dem Bleaching	107
• Behandlung überempfindlicher Zahnhälse	110
Anbringen vertikaler Stopps für die Kieferrelationsbestimmung	112
Reparatur von Prothesenzähnen	113
Dichter Verschluss endodontischer Zugangskavitäten	114
Sofortige Dentinversiegelung	117
Adhäsive Wiederbefestigung eines Zahnfragments: Die biologische Restauration	121
Reproduzieren und Erhalten periimplantärer Weichgewebekonturen	127
Weichgewebekonditionierung für Zwischenglieder	133
Stabilisieren der Gingiva nach Bindegewebs transplantation in Tunneltechnik	136
Befestigung indirekter Restaurationen mit vorgewärmtem fließfähigem Komposit	140
• Verkleben von Keramikveneers	141
• Zementieren von Inlays	145



4 Klinische Anwendungen der Kompositinjektionstechnik 159

Klasse-III-Kompositrestauration	166
Klasse-IV-Kompositrestauration	172
Schichttechnik mit konventionellem Komposit	178
Inverse Injektionsschichtung	184
Klasse-V-Kompositrestauration	186
Okklusale Defekte	189
Kleben eines Lingualretainers	193
 Kieferorthopädisches Lückenmanagement	198
Reparatur frakturierter Prothesenzähne	202
Ersetzen fehlender Prothesenzähne	205
Kreieren funktioneller Kompositprototypen für definitive Restaurationen	208
Wiederherstellen abgenutzter okklusaler Restaurationsränder	210
Herstellen von Frontzahn-Prototypen	217
Restaurieren von Milchschnidezähnen mit Kompositkronen in Injektionstechnik	221
Restaurieren von Milchmolaren mit Kompositkronen in Injektionstechnik	226
Wiederherstellen der Funktion	230
Entwickeln funktioneller Kompositprototypen	236
Veneer-Neuversorgung mit Komposit	241
Unterkiefer-Frontzahnveneers	246
Wiederherstellen anatomischer Formen	251
Komposit-Cutback	253
 Anfertigen eines Stiftaufbaus	259
Wiederherstellen der Funktion nach inzisaler Abnutzung	265
Definieren der Schneidekantenposition vor einer Kronenverlängerung	270
 Adhäsivbrücken (indirekte Restauration)	275
Korrektur der Zahnform und -länge	



Video

Es stehen fünf Videos in englischer Sprache zur Verfügung, die unter diesem QR-Code bzw. unter <http://video.qvnet.de/b20670> aufrufbar sind. (Die kleinen QR-Code-Icons kennzeichnen die entsprechenden Kapitel.)

Geleitwort



„Wichtig ist, dass man nie aufhört zu fragen. Neugier hat ihren eigenen Existenzgrund. [...] Bewahrt euch immer diese heilige Neugier!“ (Albert Einstein)

Mit diesen Worten wollte Albert Einstein uns dazu ermutigen, die Grenzen des allgemein Anerkannten mittels unserer Vorstellungskraft und Intuition zu erweitern und echten Fortschritt zu erreichen. Und diesem Mantra folgt Douglas Terry, seit ich ihn kenne. Niemals zufrieden mit dem Gegebenen und Erreichten verschiebt er die Grenzen der Zahnmedizin hin zu neuen Höhen klinischer Meisterschaft.

Dieses Buch stellt solche innovativen Konzepte auf höchst anschauliche und belebende Art und Weise vor. Die unglaubliche Bandbreite klinischer Einsatzmöglichkeiten von modernen fließfähigen Kompositen, insbesondere in Kombination mit der vorgestellten neuen Injektionstechnik, wird so überzeugend vorgeführt, dass sich die Frage nach der Berechtigung vieler „herkömmlicher“ Behandlungskonzepte und -materialien stellt.

Die wissenschaftlichen Daten sind unter werkstoffkundlichen Gesichtspunkten überzeugend und sprechen für häufigen Einsatz fließfähiger Composite in der täglichen Praxis. Die beschriebenen Techniken stellen dank ihrer einfachen Durchführung, Vielseitigkeit und langfristigen Bewährung eine echte Alternative zu herkömmlichen Protokollen und Restaurationsmaterialien dar.

Die besondere Stellung von Douglas Terrys Büchern in der zahnärztlichen Literatur und ihre große Popularität bei Klinikern wie Wissenschaftlern hat ihren Grund: Neben der herausragenden klinischen Dokumentation hat er die einzigartige Fähigkeit, eine fesselnde Geschichte zu erzählen. Der Leser wird mit auf eine Reise genommen, die bei den Grundlagen der adhäsiven Zahnmedizin und fließfähigen Composite beginnt und bei einer Vielfalt klinischer Anwendungen endet, an die er vermutlich noch nie gedacht hat. Douglas Terry bietet eine überwältigende Fülle wissenschaftlicher und klinischer Details, die beständig zum Lesen und Lernen einladen. Für dieses Buch hat er sich mit den renommiertesten Wissenschaftlern und Zahnärzten zusammengetan, um die entscheidenden wissenschaftlichen und praktischen Aspekte in fachlicher und optisch faszinierender Form zu bündeln. Egal ob Studierender, versierter Wissenschaftler oder Zahnarzt mit langjähriger Praxiserfahrung: Dieses Buch wird Ihnen eine neue Welt eröffnen und ihre Neugier entfachen. „Bewahrt euch immer diese heilige Neugier!“

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Blatz'.

Markus B. Blatz, DMD, PhD, Prof. Dr. med. dent. habil.
Direktor des *Department of Preventive and Restorative Sciences*, Zahnklinik der University of Pennsylvania
Präsident der *International Academy for Adhesive Dentistry*

Vorwort



In den vergangenen 20 Jahren hat sich im Konzept der Zahnmedizin ein Paradigmenwechsel vollzogen, der von einem vertieften wissenschaftlichen Verständnis geleitet wurde. Fortschritte in der Zusammensetzung von Restaurationsmaterialien und der Adhäsivtechnik haben die Behandlungsmöglichkeiten für Patienten, Zahnärzte und Zahntechniker erweitert und die enorme Zahl an Möglichkeiten zur differenzierteren Behandlung unserer Patienten vergrößert. Sie haben Lösungen für viele restaurative und ästhetische Probleme gebracht und ermöglichen ästhetische Restaurationen mit einfacheren, substanzschonenderen und wirtschaftlicheren Mitteln. Kurz, diese Evolution der zahnmedizinischen Konzepte und Wissenschaft hat die Tendenz und Richtung zahnärztlicher Behandlungen verändert.

Natürliche Ästhetik kann verwirrend sein, wie die Beobachtung der Natur zeigt, deren Formen, Farben und Kombinationen unendlich und unbegrenzt sind. Die Betrachtung eines Sonnenaufgangs mit seinen vielen verschiedenen Farbnuancen lässt uns fühlen, dass Sprache nicht ausreicht, um die Schönheit und das Wesen der Natur zu fassen. In der Zahnmedizin sollte natürliche Ästhetik nicht definiert werden, sondern in Bezug zu Schönheit, Gesundheit und Harmonie gesehen werden. Natürliche Ästhetik zu entwickeln, erfordert Gefühl, Erfahrung, sicheres Urteil, genaues Beobachten und Vorstellungskraft. Oft wird unser Verständnis durch persönliche Definitionen und zu geringe Erfahrung getrübt. Formeln und Regeln sind für die Herstellung ästhetischer Restaurationen nötig, können aber nicht den einzigen Anhaltspunkt bilden. Ebenfalls erforderlich ist ein anatomisch-morphologisches Einfühlen in den individuellen Charakter der Zähne, das durch kontinuierliches Studium gesunder und extrahierter Zähne erworben wird. Darüber hinaus spielen auch die Persönlichkeit unserer Patienten und ihr individuelles Verständnis von Ästhetik eine Rolle. Jeder Patient ist, wie ein Sonnenaufgang, stets einzigartig und aufregend.

Ich hoffe, dass jeder Zahnarzt und Techniker, der die folgenden Seiten liest, die Leidenschaft und Erfüllung wiederfindet, die ich beim Streben nach zahnärztlicher Perfektion erlebt habe. Von den verschiedenen Mitteln, die für das Restaurieren natürlicher Zähne zur Verfügung stehen, legt dieses Buch den Fokus auf natürlich-ästhetische Restaurationen aus fließfähigen Kompositen. Auf meinen Reisen und Hands-on-Kursen auf der ganzen Welt habe ich festgestellt, dass diese Komposite als Restaurationsmittel universale Bedeutung haben. Sie bieten keine Antwort auf alle restaurativen Fragestellungen, ebnet aber den Weg zum Verständnis natürlicher Ästhetik und liefern Lösungen zu vielen restaurativen und ästhetischen Problemen. Viele Zahnärzte betrachten Restaurationsmaterialien als Zahnhartsubstanzersatz; an Kompositrestaurationen kann der Zahnarzt die Bedeutung der Stumpffarbe, die optischen Eigenschaften von Licht, den Einfluss restaurativer Materialien und ihrer Dicke auf die Farbe und sogar die Unterschiede des Brechungsindex von Restaurationsmaterial und Zahn und deren Wechselwirkung verstehen lernen. Erst wenn wir die Bedeutung von Farbe erkannt und unsere Sinne durch Beobachten der Natur entwickelt haben, können wir beginnen, lebensnahe Restaurationen herzustellen. Wir beginnen die Rolle des Zahntechnikers wertzuschätzen und verstehen die Bedeutung der Angaben, die er benötigt, um Restaurationen mit natürlicher Ästhetik auf einem Gipsmodell ohne Gesicht kreieren zu können.

Während meiner zahnärztlichen Laufbahn habe ich im Labor und am Behandlungsstuhl geforscht, Komposite untersucht und mit Wissenschaftlern, Zahnärzten und Zahntechnikern auf der ganzen Welt zusammengearbeitet, um Techniken und Hybridkomposite zu entwickeln, mit denen sich natürliche Ästhetik realisieren lässt. Vor vielen Jahren begann unter dem Einfluss von Dr. Vincenzo Musella und seiner inversen Schichttechnik meine Reise mit fließfähigen Kompositen. Die ersten Materialzusammensetzungen waren enttäuschend, doch starteten John Burgess und John Powers zu derselben Zeit Untersuchungen mit einer neuen Generation universal einsetzbarer fließfähiger Komposite, die erfolversprechend waren. Die hier gezeigten klinischen Resultate sind eine Zusammenstellung meiner Bemühungen. Nach drei Jahren nannte ich die mit der Injektionstechnik hergestellten Restaurationen „Übergangsversorgungen“. Aber aus meinen Diskussionen mit Burgess und Powers über deren In-vivo- und In-vitro-Befunde zu fließfähigen



Kompositen mit hohem Füllstoffanteil lernte ich, dass solche Restaurationen zum Rüstzeug des Zahnarztes für den täglichen Einsatz gehören sollten.

Dieser Text möchte Zahnärzte und Techniker dazu anregen, ihre Beobachtungs-, Vorstellungs- und Urteilskraft, Entscheidungsfindung und Anwendung im Bezug auf fließfähige Komposite zu entwickeln. Es bietet eine detaillierte Anleitung für eine inverse Injektionsschichttechnik. Diese Technik kann für Provisorien, Kronen bei Kindern, Seitenzahnrestaurationen, provisorische Reparaturen, die Erneuerung der Oberflächen bestehender Kompositrestaurationen sowie bei der Fertigung von Prototypen für interdisziplinäre Behandlungen eingesetzt werden, wie sie bei der Kronenverlängerung, der Herstellung von Brückengliedern mit konvexer Basis und der Weichgewebskonditionierung um Implantate verwendet werden. Die gezeigten Nachbeobachtungsergebnisse belegen die Eignung der Technik und Materialien für die Herstellung natürlich wirkender Restaurationen und liefern den Nachweis, dass hochgefüllte fließfähige Komposite die Zahnmedizin in praktischer Hinsicht signifikant verbessern können.

Das Buch bietet eine detaillierte wissenschaftliche Beschreibung der Entwicklung fließfähiger Komposite und des adhäsiven Konzeptes und erläutert die Vorgehensweise, die ich selbst für meine restaurativen Versorgungen mit der inversen Injektionsschichttechnik benutze. Außerdem werden die relevanten adhäsiven Präparationsformen, Anwendungen und Restaurationstechniken, Adhäsivprotokolle sowie Arbeitsschritte beim Finieren und Polieren im Detail vorgestellt. In den Text eingearbeitete wissenschaftliche Daten und mikroskopische Aufnahmen liefern die Evidenzgrundlage für diese Techniken. Zusätzlich findet sich in Kapitel 2 eine detaillierte Beschreibung des Polymerisationsgerätes (beigesteuert von Richard Price), da es wichtig ist, dessen Funktionsweise genau zu verstehen, um es korrekt einstellen und anwenden zu können. Denn die Polymerisation spielt eine zentrale Rolle für die Optimierung des adhäsiven Konzeptes. Der größte Teil des Buches zeigt die Anwendung der in den ersten Kapiteln gelieferten Informationen an bebilderten Fallbeschreibungen. Ich wünsche mir, dass diese Darstellung der Abläufe in Praxis und Labor dem Zahnarzt und Zahntechniker einen weiteren Ausblick für ihr Streben nach Perfektion in der restaurativen Zahnmedizin vermitteln.

Die Inspiration zur Abfassung dieses Buches und Veröffentlichung von Fotos der behandelten Techniken kam von meinen geschätzten Kollegen und Studenten auf der ganzen Welt, die bei Vorträgen und Kursen ihr Interesse bekundet haben. Die Zusammenstellung der Informationen wäre ohne die Hingabe, die Ausdauer und viele Stunden harter Arbeit meiner guten Freundin und persönlichen Assistentin Melissa Nix unmöglich gewesen. Sie hat mir Vertrauen gegeben und mich bei der Strukturierung und Niederschrift des Materials kontinuierlich unterstützt. Auch die wunderbare Fähigkeit meiner Mutter, Patienten zu abschließenden Fototerminen zu überreden, ihre Hilfe und ihre Abendessen für das Team haben bei der Fertigstellung sehr geholfen. Schließlich hätte dieses Buch ohne die Leidenschaft, stringente Organisation, Hartnäckigkeit und Vorstellungskraft des Quintessenz-Teams nicht das Licht der Welt erblicken können. Danken möchte ich ferner meinem Team: John Powers, Jean-François Roulet, Markus Blatz, Alejandro James und Wesam Salha sowie den Zahntechnikern Victor Castro, Alex Schuerger, Jungo Endo, August Bruguera und Olivier Tric für Geduld, Einsatz und Nachtstunden im Dienste dieses Projektes. Noch wichtiger ist mir der Dank an meine Patienten, ohne die dieses Projekt nicht hätte realisiert werden können. Besondere Bedeutung in meinem Leben hat mein Lehrer, Maestro Willi Geller; unsere Freundschaft und frühmorgendlichen Weinkellergespräche haben meine Auffassung und Vision von ästhetischer Zahnmedizin und, wichtiger noch, vom Leben erweitert. Und selbstverständlich darf ich meinen Kollegen bei Oral Design für ihre Freundschaft und Verbundenheit danken. Mein letzter Dank geht an meinen Schöpfer, der mir vor Augen führt, wie einfach Zähne in seinen Händen sind und wie kompliziert in meinen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Douglas'.

Mit Beiträgen von



Wissenschaftliche Beratung

Irfan Ahmad, BDS

Alejandro James, DDS, MSD

John M. Powers, PhD

Richard Price, BDS, DDS, MS

Jean-François Roulet, DDS, PhD

Praxis und Labor

Venkatesh Babu, BDS, MDS

August Bruguera, CDT

Victor E. Castro, CDT

Jungo Endo, RDT

Kim S. Gee, DDS, MS

Bassam Haddad, CDT

Yoshihiro Kida, DDS, PhD

Deepak Mehta, BDS, MDS

Usha H. L., BDS, MDS

Wesam Salha, DDS, MSD

Ashwini Santosh, BDS, MDS

Alireza Sadr, DDS, PhD

Alex H. Schuerger, CDT

Olivier Tric, MDT

Hiroyuki Wakatsuki, DDS

Francisco Zarate, DDS, CDT



Entwicklung
fließfähiger
Komposite



Historische Perspektive

1996 war weltweit ein aufregendes Jahr. Der Dow-Jones-Index erreichte die neue Bestmarke von 6000 Punkten, Robert F. Curl Jr., Harold W. Kroto und Richard E. Smalley wurde für ihre Entdeckung der Fullereene, hohler, geschlossener Moleküle die nur aus Kohlenstoffatomen bestehen, der Nobelpreis für Chemie zuerkannt, General Motors brachte das erste Serienelektroauto seit vielen Jahrzehnten auf den Markt, Taucher entdeckten den antiken Hafen von Alexandria, eBay öffnete seine Pforten, in Japan kamen DVDs auf den Markt, Will Smith lieferte im Film *Independence Day* eine mitreißende Vorstellung, David Bowie wurde in die *Rock and Roll Hall of Fame* aufgenommen und neu entwickelte fließfähige Komposite wurden der Welt als revolutionäres Restaurationsmaterial vorgestellt.¹ Der Durchschnittsbürger mag letzteres für das am wenigsten bedeutende der genannten Ereignisse halten. Die adhäsive Zahnmedizin aber wurde von diesem Meilenstein ihrer Entwicklung dramatisch verändert.

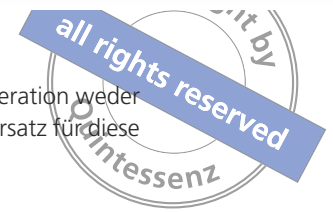
Die Entwicklung der zahnärztlichen Ästhetik mit gefüllten Adhäsiven und Versiegelungen führt zur Entdeckung bzw. Entwicklung fließfähiger Komposite. Allerdings dauerte es bis 1996, bis diese Biomaterialien eine eigene Identität bekamen und als *Flowables*, fließfähige Komposite, bekannt wurden. Die erste Generation dieser Materialien wurde in der Absicht entwickelt, die Füllungstechnik zu vereinfachen und den Bereich der Anwendungsmöglichkeiten für Komposite zu erweitern.^{1,2} Hierzu wurden bei der Rezeptur Füllstoffpartikelgrößen wie bei konventionellen Hybridkompositen verwendet, aber der Füllstoffanteil reduziert und/oder die Verdünnermonomere erhöht.^{3,4} Damit bekam der kritische Zahnarzt eine Mannigfaltigkeit von Viskositäten, Konsistenzen und Verarbeitungseigenschaften an die Hand, mit denen sich viele der täglich auftretenden restaurativen und ästhetischen Probleme lösen ließen.

Bei der Vermarktung der neuen Biomaterialien wurde von den Herstellern eine breite Palette von Anwendungsmöglichkeiten vorgeschlagen: alle Klassen von Kompositrestaurationen im Front- und Seitenzahnbereich, Reparatur von Amalgamrändern, Ausblockung, Kompositreparatur, Stumpfaufbau, Kronenrandreparatur, Unterfüllung, Fissurenversiegelung, Keramikreparatur, Schneidekantenreparatur, präventive Restaurationen, Reparatur von Provisorien, Zementierung von Keramikveneers, Herstellung von Kompositveneers, Tunnelfüllungen, adhäsive Befestigung, Restauration von Schmelzdefekten, Kavitätenpräparation durch Sandstrahlen, Reparatur von Hohlstellen in konventionellen Kompositrestaurationen.^{1,5} Leider war die klinische Bewährung der frühen Materialzusammensetzungen dürftig und die mechanischen Eigenschaften wie Biegefestigkeit und Verschleißbeständigkeit waren denen herkömmlicher Hybridkomposite unterlegen.^{1,2}

Tatsächlich verbessern sich die mechanischen und physikalischen Eigenschaften von Kompositmaterialien proportional zum Füllstoffgehalt.⁶ Der Füllstoffanteil der frühen Rezepturen fließfähiger Komposite wurde jedoch mit 20 bis 25 Gew.-% weniger als bei Universalkompositmaterialien angegeben.¹

Zu der großen Zahl von Eigenschaften, die von der Füllstoffphase abhängen, gehören die Druckfestigkeit und/oder Härte, die Biegefestigkeit, der Elastizitätsmodul, der Wärmeausdehnungskoeffizient, die Wasseraufnahme und die Verschleißbeständigkeit.⁶ Der herabgesetzte Füllstoffgehalt der ersten Generation fließfähiger Komposite war deshalb der Grund für Berichte wie den von Bayne et al.¹, die zu dem Ergebnis kamen, dass die mechanische Festigkeit dieser niedrigviskösen Materialien nur bei etwa 60 bis 80 % konventioneller Hybridkomposite lag. Eine wissenschaftliche Studie⁷ verglich lichterhärtende fließfähige Komposite und herkömmliche Komposite derselben Marke und fand sehr unterschiedliche Merkmale und mechanische Eigenschaften. Frühe Versuche, diese fließfähigen Materialrezepturen für vielfältige Anwendungen einzusetzen, offenbarten Unzulänglichkeiten, die zur Verunsicherung hinsichtlich der klinischen Vorhersagbarkeit und Bewährung bei ihrer Verwendung führten. Aufgrund dieser Mängel wurde der von den Herstellern zunächst behauptete Anwendungsbereich deutlich eingeschränkt.

Die Zahnärzte mussten feststellen, dass die fließfähigen Komposite dieser ersten Generation weder dasselbe wie die hoch füllstoffhaltigen konventionellen Komposite noch ein adäquater Ersatz für diese waren.



Fließfähige Komposite der nächsten Generation

Seit den Anfängen dieser Kompositrezepturen sind viele fließfähige Materialien immer wieder in der wissenschaftlichen Forschung auf den Prüfstand gestellt und durch Weiterentwicklung verbessert worden. Die fließfähigen Komposite dieser „nächsten Generation“ werden als Alternative zu herkömmlichen Hybridkompositen konzipiert. Neue Technologien geben Wissenschaftlern, Herstellern und Zahnärzten die Möglichkeit, immer genauer zu messen und so bessere Komposite zu kreieren. Allerdings geht die Suche nach einem idealen restaurativen Material, das mit Zahnhartsubstanz vergleichbar ist, Kaukräften widersteht, ähnliche physikalische und mechanische Eigenschaften wie natürliche Zähne aufweist und natürlichem Dentin und Schmelz optisch verwandt ist, immer noch weiter. In dem Maß, wie die mechanischen Eigenschaften eines Restaurationsmaterials sich denen von Schmelz und Dentin annähern, wächst die Lebensdauer der Restauration.⁸ Ein ideales Restaurationsmaterial sollte die drei grundlegenden Anforderungen der Funktion, Ästhetik und Bioverträglichkeit erfüllen.⁹ Gegenwärtig ist dies bei keinem Restaurationsmaterial gegeben. Möglicherweise sind hier vom Einsatz der Nanotechnologie in der Zahnmedizin Lösungen zu erwarten.

Wahl des Restaurationsmaterials

Bei der Wahl eines geeigneten Materials für eine bestimmte klinische Situation sind zwei wichtige Aspekte zu berücksichtigen: die mechanischen Anforderungen und die ästhetischen Ansprüche. Weitere Variablen können das klinische Verhalten und die Bewährung des Materials beeinflussen und sollten beachtet werden, bevor die Behandlung beginnt. Hierzu zählen die Füllungstechnik, die Kavitätenform, die geplante Lage der Ränder, die Intensität des Polymerisationslichtes, die Zahnanatomie und -position, die Okklusion, orale Parafunktionen des Patienten und die Möglichkeit einer absoluten Trockenlegung des Arbeitsfeldes.¹⁰⁻¹⁵ Im Licht dieser Überlegungen wird verständlich, dass sich Zahnärzte bei der Materialwahl sowie der Entscheidung für geeignete Techniken zur Optimierung der Materialeigenschaften und Erzielung vorhersagbarer Langzeitresultate unsicher fühlen. Die folgende kurze Diskussion der mechanischen und ästhetischen Voraussetzungen für die Auswahl eines Kompositsystems in einer speziellen klinischen Situation soll deshalb eine Hilfestellung für die künftige Auswahl und Anwendung gewähren.

Mechanische und ästhetische Anforderungen

Bei Kompositen sind die Menge und Größe der Füllstoffpartikel entscheidende Parameter, um bestimmen zu können, wie das Material am besten zu verwenden ist. Änderungen an der Füllstoffkomponente sind nach wie vor das wichtigste Mittel bei der Kompositentwicklung,¹⁶ da die Größe, Verteilung und Menge der enthaltenen Partikel die mechanischen Eigenschaften und damit den klinischen Erfolg des Materials stark beeinflussen.¹⁷ Generell verbessern sich die mechanischen und physikalischen Eigenschaften von Kompositen in Relation zur zugesetzten Füllstoffmenge. Viele der mechanischen Eigenschaften hängen von dieser Füllstoffphase ab, so die Druckfestigkeit und/oder Härte, die Biegefestigkeit, der Elastizitätsmodul, der Wärmeausdehnungskoeffizient, die Wasseraufnahme und die Verschleißbeständigkeit.⁶

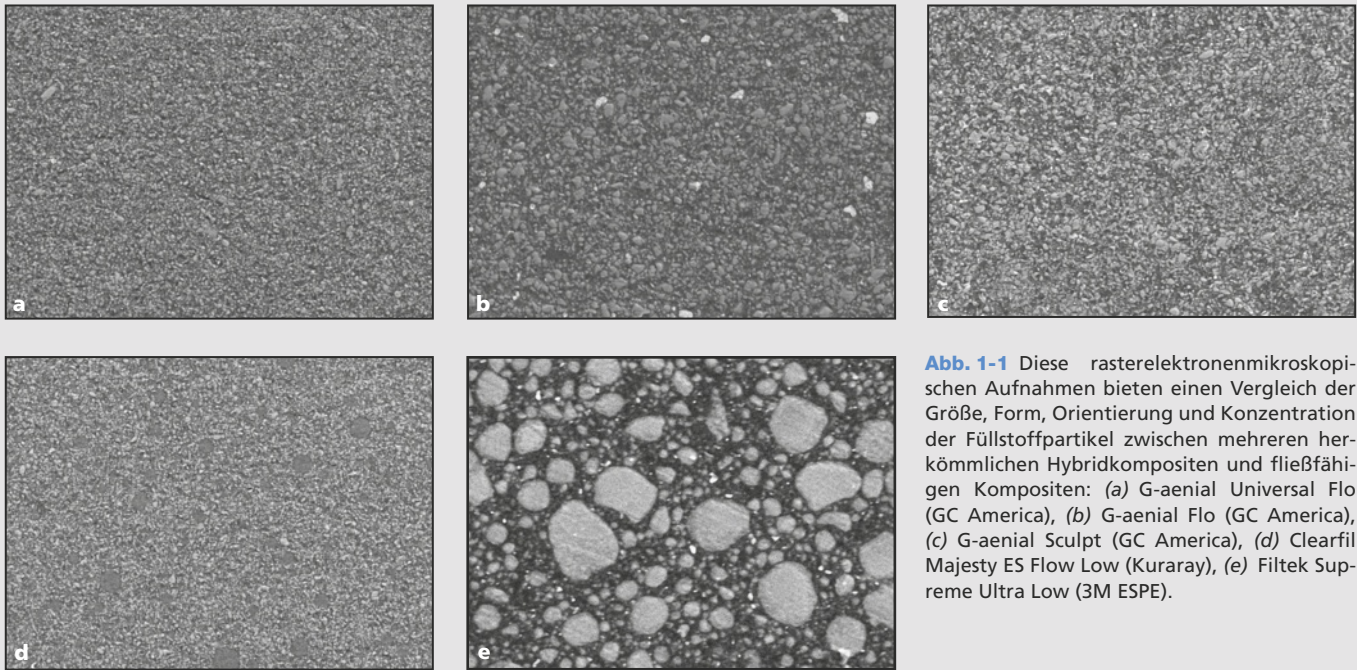


Abb. 1-1 Diese rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen bieten einen Vergleich der Größe, Form, Orientierung und Konzentration der Füllstoffpartikel zwischen mehreren herkömmlichen Hybridkompositen und fließfähigen Kompositen: (a) G-aenial Universal Flo (GC America), (b) G-aenial Flo (GC America), (c) G-aenial Sculpt (GC America), (d) Clearfil Majesty ES Flow Low (Kuraray), (e) Filtek Supreme Ultra Low (3M ESPE).

Die ästhetische Qualität der Oberfläche einer Kompositrestauration hängt ebenfalls direkt mit der Partikelgröße zusammen. Biomaterialien für ästhetische Restaurationen sollten optische Eigenschaften besitzen, die denen der Zahnhartsubstanzen gleichkommen. Da Komposite jedoch nicht über Hydroxylapatitkristalle, Schmelzprismen und Dentinkanäle verfügen, muss die Kompositrestauration eine Illusion erzeugen, die sich an der Lichtreflexion, -brechung, -transmission und -absorption durch Dentin und Schmelz orientiert. Um die natürliche Anatomie einer Zahnfläche wiederherzustellen, muss die Konfiguration von Schmelz und Dentin beachtet werden. Neuere Kompositrezepturen haben optische Eigenschaften, die polychrome Wirkungen erzeugen. Daneben kann die Größe und Verteilung der Füllstoffpartikel über ein Phänomen, das als *Double-layer effect*, *Chameleon effect* oder *Blending effect* bezeichnet wird, Einfluss auf die Farbe und Ästhetik der Restauration nehmen.¹⁸⁻²⁰ Der Mechanismus betrifft das Verhältnis zwischen natürlicher Hartsubstanz und ästhetischem Material. Das Phänomen tritt auf, wenn auf eine Kompositrestauration Streulicht von den benachbarten Zähnen fällt. Wird dieses von der Restauration emittiert, ändert sich deren Farbe, da sie die Farbe des Lichtes vom restaurierten Zahn und den benachbarten Zähnen annimmt. Diese Farbveränderung ist vom Streu- und Absorptionskoeffizienten des Restaurationsmaterials und der umgebenden Zahnhartsubstanz abhängig. Dabei kann durch Überlagerung mit der Zahnfarbe eine nicht zu unterscheidende farbliche Übereinstimmung entstehen.²¹ Auch die Oberflächenqualität der Kompositrestauration wird von der Zusammensetzung und den Füllstoffeigenschaften des Komposits beeinflusst.^{22,23}



Neuere Nanokompositrezepturen verändern die Füllstoffkomponente hin zu feinerer Größe, Form, Ausrichtung und Konzentration der Füllstoffpartikel, was neben den physikalischen und mechanischen auch die optischen Eigenschaften verbessert (Abb. 1-1). Solche Universal-Kompositssysteme können einen höheren Politurgrad erreichen, der sich positiv auf die farbliche Integration des Materials in die Zahnschmelzsubstanz auswirkt.

Aktuelle nanotechnologische Entwicklungen bei Kompositen

„Nanotechnologie“ oder „Nanowissenschaft“²⁴ bezeichnet die Forschung und Entwicklung auf atomarer, molekularer oder makromolekularer Ebene im Sinne einer angewandten Wissenschaft (engl. auch *molecular engineering/manufacturing*). „Nano-“ ist der Einheitenvorsatz für den milliardsten Teil einer Maßeinheit.²⁵ Auch wenn der Nanobereich winzig scheint, ist sein Potenzial gewaltig. In der Welt des Kleinen sind große Fortschritte gemacht worden. Im Zusammenhang mit der Entwicklung von Nanomotoren, Nanorobotern, Nanoschaltkreisen und Nanopartikeln ist das Kleine zu einem verbreiteten Forschungsthema geworden. Jüngste Fortschritte der Wissenschaftler und Ingenieure bei der Manipulation von Materie in diesem Größenbereich lassen auf Anwendungsmöglichkeiten der Nanowissenschaft in praktisch allen Wirtschaftszweigen, darunter der Telekommunikation, Raumfahrt, Computertechnik, Textilindustrie, inneren Sicherheit, Mikroelektronik, Biomedizin und Zahnmedizin, schließen.²⁵

Für die Zahnmedizin könnte die Nanotechnologie²⁴ Komposite mit Füllstoffpartikeln liefern, die drastisch kleiner sind und in höheren Konzentrationen eingesetzt werden können und deren Moleküle so gestaltet sind, dass sie, mit dem Polymer kompatibel, in die Kunststoffmatrix einpolymerisiert werden können und besondere physikalische, mechanische und optische Eigenschaften erzeugen. Daneben ist die Optimierung der Adhäsion restaurativer Biomaterialien an mineralisierter Zahnhartsubstanz ein entscheidender Faktor für die mechanische Festigkeit, Randgüte und Dichtigkeit adhäsiver Restaurationen und verbessert deren Zuverlässigkeit und Lebensdauer. Gegenwärtig unterscheiden sich die Partikelgrößen vieler herkömmlicher Komposite in solchem Maße von den Strukturgrößen der Hydroxylapatitkristalle, Dentintubuli und Schmelzprismen, dass Beeinträchtigungen der Adhäsion zwischen dem mikroskopischen (40 nm bis 0,7 µm) Restaurationsmaterial und der nanoskopischen (1 nm bis 10 nm) Zahnhartsubstanz möglich sind.²⁶ Die Nanotechnologie hat jedoch das Potenzial, die Kontinuität zwischen der Zahnhartsubstanz und den Nanopartikeln des Füllstoffs zu verbessern und einen stabileren, natürlicheren Übergang zwischen der mineralisierten Zahnhartsubstanz und dem Restaurationsmaterial herzustellen.

Empirische Daten

Fließfähige Komposite sind seit ihrer Einführung in einer großen Zahl von Studien untersucht worden.^{1-5,7,27-45} Einige der neueren Studien^{39,42,43} kommen zu dem Schluss, dass das klinische Verhalten speziell getesteter fließfähiger Komposite mit dem von speziell getesteten Universalkompositen vergleichbar oder sogar besser ist. Attar et al.²⁸ zeigten, dass verschiedene fließfähige Komposite eine große Palette günstiger mechanischer und physikalischer Eigenschaften haben. Frühere Studien von Gallo et al.²⁹ zu bestimmten fließfähigen Kompositen legten nahe, dass die Indikation dieser Materialien auf kleine und mittlere Kavitäten mit Isthmusbreiten von einem Viertel der Höckerspitzenabstand beschränkt ist.³⁶ Dagegen berichteten Torres et al.⁴³, dass nach 2 Jahren in Funktion keine signifikanten Unterschiede zwischen Klasse-II-Restaurationen aus einem herkömmlichen Nanokomposit

Tabelle 1-1 Vergleich der physikalischen und mechanischen Eigenschaften von fließfähigen und herkömmlichen Nanokompositen

Material (Hersteller)	Biegefestigkeit (MPa, Spannweite)	Biegefestigkeit nach 10 000 Thermozyklen (Spannweite)	Biegemodul (GPa, Spannweite)	Polymerisationstiefe bei Farbe A3 (mm)	Polymerisationstiefe bei Farbe A2 (mm)	Glanzhaltung nach 12 000 Zyklen (%)	Dreikörperverschleiß (μm)	Dreikörperverschleiß nach Thermozyklen (μm)	Polymerisationsspannung (MPa)
<i>Fließfähige Komposite der nächsten Generation</i>									
G-aenial Universal Flo (GC America)	167 (4,4)	n. a.	7,9 (0,5)	2,0	2,1	65	3,0	4,5	1,3
Beautifil Flow Plus (Shofu)	118 (4,4)	n. a.	7,1 (0,2)	1,9	1,997	9	37,0	n. a.	1,5
Clearfil Majesty ES Flow Low (Kuraray)	142 (11,9)	n. a.	7,4 (0,5)	2,4	1,864	67	6,0	n. a.	1,4
GrandioSO Heavy Flow (VOCO)	126 (12,0)	n. a.	10,6 (0,9)	1,8	2	2	35,0	n. a.	1,7
<i>Nanokomposite</i>									
G-aenial Sculpt (GC America)	144 (2,0)	130 (3,4)	8,3 (0,1)	2,4	2,5	58	3,8	4,3	0,8
Filtek Supreme Ultra (3M ESPE)	161 (5,9)	108 (1,7)	10,5 (0,5)	2,5	2,97	35	3,3	11,5	0,72
Herculite Ultra (Kerr)	131 (11,2)	n. a.	7,7 (0,5)	2,2	1,9	25	8,2	16,8	0,89
Clearfil Majesty ES-2 (Kuraray)	97 (3,4)	78 (3,8)	7,2 (0,5)	2,6	2,8	34	10,5	14,3	0,61

n. a.: nicht angegeben

(GrandioSo, VOCO) und solchen aus einem fließfähigen Nanohybridkomposit (GrandioSo Heavy Flow, VOCO) festzustellen waren. Eine Untersuchung von Karaman et al.³⁹ konnte für Restaurationen in nichtkariösen Zahnhalsdefekten, die mit einem herkömmlichen Nanokomposit (Grandio, VOCO) durchgeführt wurden und solche, die mit einem fließfähigen Material (Grandio Flow, VOCO) erfolgten, eine vergleichbare klinische Bewährung über 24 Monate nachweisen. Eine jüngere Studie von Sumino et al.⁴² zeigte, dass die fließfähigen Komposite G-aenial Universal Flo, G-aenial Flo (GC America) und Clearfil Majesty Flow (Kuraray) eine signifikant höhere Biegefestigkeit und einen größeren Elastizitätsmodul als die entsprechenden herkömmlichen Nanokompositmaterialien Kalore (GC America) und Clearfil Majesty Esthetic (Kuraray) besitzen. Verschleiß und mechanische Eigenschaften dieser speziellen fließfähigen Materialien ließen auf eine gegenüber Universalkompositen verbesserte klinische Bewährung schließen. Diverse in der GC-Forschungs- und Entwicklungsabteilung durchgeführte In-vitro-Vergleichsstudien zu spezifischen Eigenschaften fließfähiger Materialien bei mehreren konventionellen Kompositen fanden ähnliche Resultate wie Sumino et al. Von den untersuchten fließfähigen Kompositen der nächsten Generation zeigten G-aenial Universal Flo (GC) und Clearfil Majesty ES Flow (Kuraray) eine bessere Glanzhaltung als und vergleichbare Verschleißbeständigkeit wie die getesteten konventionellen Nanokomposite Filtek Supreme Ultra (3M ESPE), Herculite Ultra (Kerr), Clearfil Majesty ES-2 (Kuraray) und G-aenial Sculpt (GC) (Tabelle 1-1).

Diesen Studien zufolge sollten für die kürzlich entwickelten fließfähigen Nanohybridkomposite (oder injizierbaren Universalkomposite), d. h. Clearfil Majesty ES Flow (Kuraray) und G-aenial Universal Flo (GC),

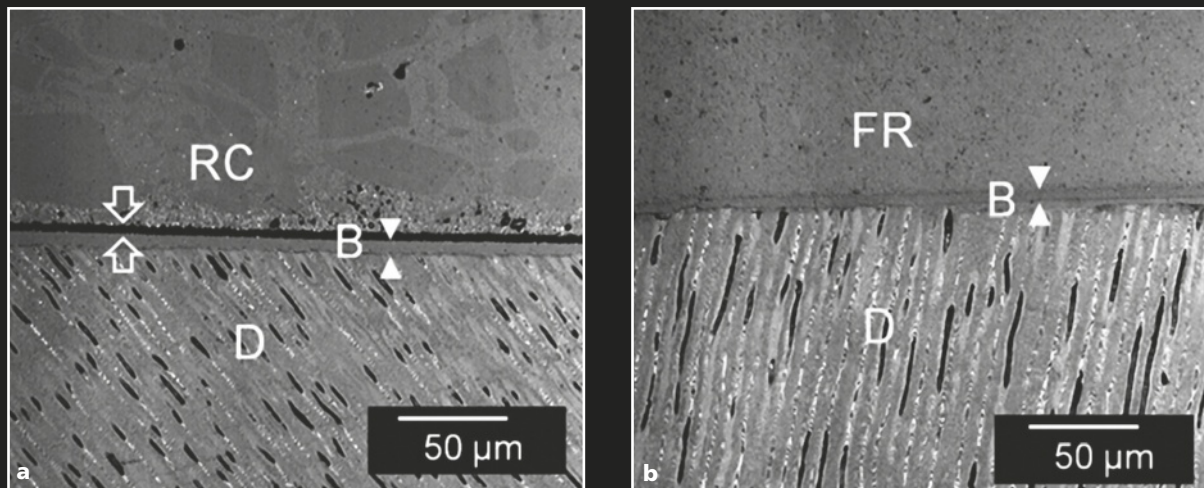


Abb. 1-2 Konfokalmikroskopische Aufnahmen. (a) Hybridkomposit (Estelite Sigma Quick, Tokuyama), das ohne Unterfüllung aus fließfähigem Komposit eingebracht wurde. Zwischen Komposit (RC) und dem Einflaschenadhäsiv (B) zeigt sich ein Spalt. (b) Dasselbe Hybridkomposit, über einer fließfähigen Kompositunterfüllung eingebracht. In diesem Fall ist zwischen dem fließfähigen Komposit (FR) und dem Adhäsiv kein Spalt sichtbar (D: Dentin). [Mit freundlicher Genehmigung von Alireza Sadr, Seattle, USA]

Eigenschaften zu erwarten sein, die den genannten mechanischen, physikalischen und optischen Anforderungen genügen.

Die Eigenschaften und das klinische Verhalten dieser Biomaterialrezepturen sind durch ihre Struktur bedingt. Neue Technologien für gefüllte Kunststoffe machen durch Oberflächenbehandlung der Partikel und eine breitere Verteilung der Partikelgrößen höhere Füllstoffanteile möglich. Die einzigartige Kunststoffmatrix erlaubt sehr geringe Partikelabstände und die homogene Verteilung der Partikel in der Matrix verstärkt und schützt diese.⁴⁶⁻⁴⁸ Die besondere chemische Vorbehandlung der Füllstoffpartikel führt zu einer guten Benetzbarkeit der Partikeloberfläche mit dem Monomer und verbessert damit sowohl die Verteilung als auch den Verbund zwischen Füllstoff und Kunststoff. Laborstudien⁴⁸⁻⁵² zeigen eindeutig, welche Wichtigkeit der Füllstoffgehalt und die Haftvermittler für die Eigenschaften Festigkeit und Verschleißbeständigkeit haben.

Aktuelle Studien^{4,36,53} berichten, das fließfähige Komposite ähnliche Schrupfspannungen wie konventionelle Komposite aufweisen. Die Hersteller behaupten, dass die fließfähigen Kompositrezepturen der neuen Generation mechanische, physikalische und ästhetische Eigenschaften zeigen, die ähnlich oder besser als diejenigen vieler Universalkomposite sind.⁵⁴ Klinische Vorzüge fließfähiger Universalkomposite sollen das einfachere Einbringen und Modellieren, die bessere Adaptation an die Kavitätenwände (Abb. 1-2),⁵⁵ eine höhere Verschleißbeständigkeit, größere Elastizität, Farbstabilität, bessere Polierbarkeit und Glanzhaltung sowie eine mit Schmelz vergleichbare Röntgenopazität sein. Natürlich wird das Spektrum der klinischen Indikationen für diese fließfähigen Komposite der nächsten



Abb. 1-3a bis d (a) Ausgangssituation mit insuffizienten Amalgamfüllungen und Sekundärkaries der Zähne 15 und 16. (b) Nach dem Entfernen der vorhandenen Amalgamfüllungen wurde der okklusale Umriss der Kavität so erweitert, dass aller kariöser Schmelz beseitigt, das kariöse Dentin zugänglich gemacht und vom Amalgam verursachte Verfärbungen entfernt wurden. (c, d) Der präparierte und unpräparierte Schmelz wurden selektiv geätzt, wozu ein 37,5%iges Phosphorsäuregel (Gel Etchant, Kerr) 15 Sekunden lang aufgetragen und die Oberflächen anschließend 5 Sekunden abgespült wurden. →

Generation in dem Maße breiter, wie ihre Materialeigenschaften besser werden und die Verbundfestigkeit zwischen Adhäsiven und Zahnhartsubstanzen wächst. Mit den angegebenen mechanischen Eigenschaften⁴² sind die neuen, hoch füllstoffhaltigen Kompositzusammensetzungen deshalb sowohl für Front- als auch für Seitenzahnrestaurationen indiziert.⁵⁶

Zu den klinischen Anwendungen dieser nächsten Kompositgeneration zählen Versiegelungen und präventive Restaurationen, Notfallreparaturen frakturierter Zähne und Restaurationen, die Herstellung, Veränderung und Reparatur von Kompositprototypen und Provisorien,⁵⁷ Front- und Seitenzahn-Kompositrestaurationen, die Verblockung von Zähnen⁵⁸ und die intraorale Reparatur von Keramik- und Kompositrestaurationen.⁵⁸ Daneben können diese Komposite verwendet werden, um Prothesenzähne zu reparieren,⁵⁸ die Vertikaldimension zu erhalten oder zu etablieren, das Okklusionsschema vor der definitiven Restauration zu verändern,⁵⁶ Abstände während kieferorthopädischer Behandlungen zu kontrollieren, Abhilfe bei zervikaler Überempfindlichkeit zu schaffen,⁵⁸ bei okklusal

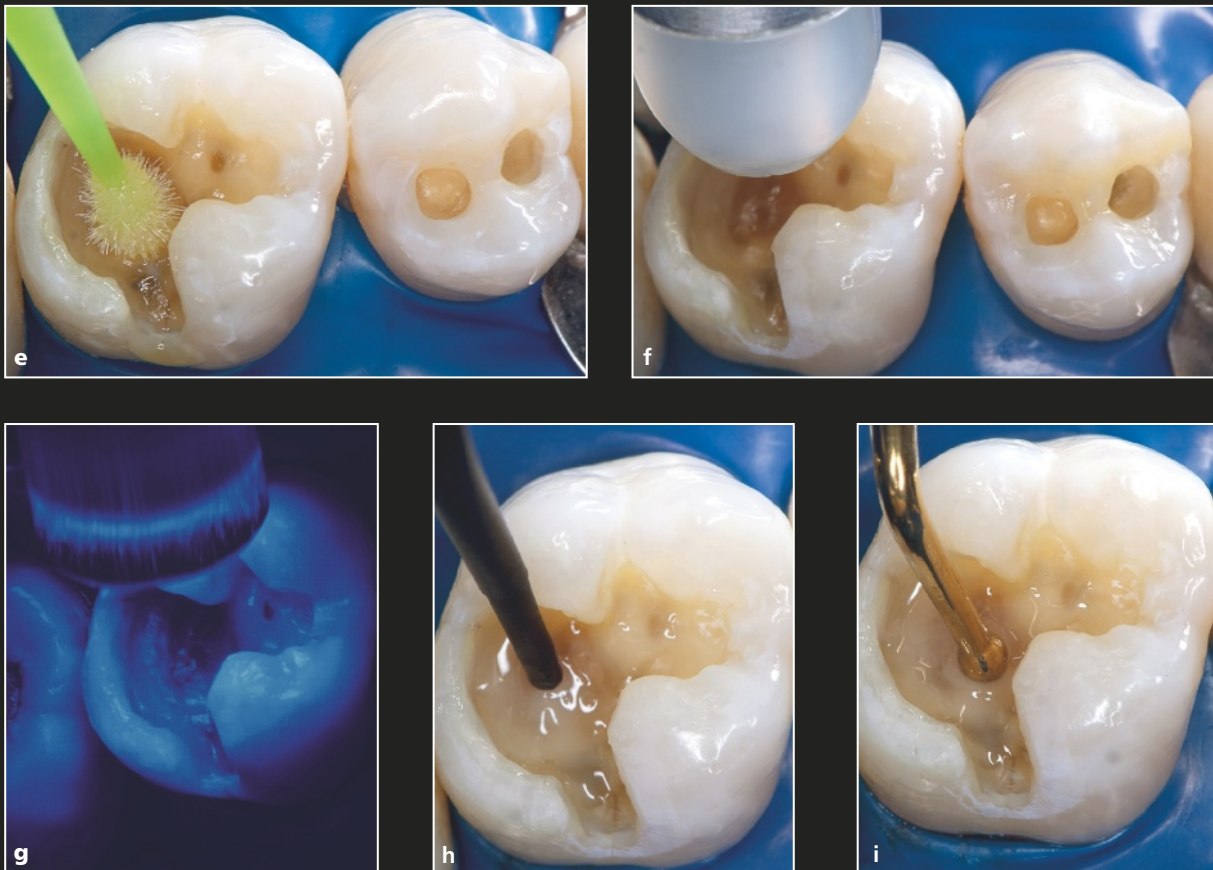


Abb. 1-3e bis i (e-g) Ein selbstätzendes Adhäsiv (G-aenial Bond, GC America) wurde mit einem Applikator auf die Schmelz- und Dentinflächen aufgetragen und 10 Sekunden belassen, mit einem Adec-Warmluftzahnrockner 5 Sekunden getrocknet und 10 Sekunden lichtgehärtet. (h, i) Auf Zahn 16 wurde als Unterfüllung ein opakes fließfähiges Komposit im Farbton A2 (G-aenial Universal Flo) mit einem Applikator aufgebracht, gleichmäßig mit einem Kugelstopfer (M-1 Ball Burnisher XP, American Eagle) verteilt und 20 Sekunden lichtgehärtet. →

abgenutzten Seitenzahn-Kompositrestaurationen die Oberflächen zu erneuern,⁵⁸ vor ästhetischen Kronenverlängerungen die inzisale Länge zu entwickeln,⁵⁶ Kompositprototypen für das Kopierfräsen anzufertigen⁵⁶ und Kompositkronen für die Kinderzahnheilkunde herzustellen.⁵⁹

Da zu fließfähigen Kompositen Forschungsdaten und Evidenz aus klinischen Studien fehlen, muss der Zahnarzt die mechanischen Eigenschaften der Materialien individuell daraufhin bewerten, ob sie gleich oder besser als herkömmliche Komposite sind. Die Forschungsdaten bestätigen allerdings, dass die klinische Leistung dieser nächsten Generation fließfähiger Komposite im Laufe der Zeit verbessert wurde. Bislang konnte keine direkte Korrelation zwischen den mechanischen und physikalischen Eigenschaften eines Materials und seiner klinischen Bewährung gefunden werden; eine solche Korrelation würde aber den Erfolg eines Restaurationsmaterials in einer speziellen klinischen Situation wahrscheinlich machen.¹ Die langfristige Bewährung von Restaurationen aus den neuen Materialien muss für alle Verwendungsarten noch in klinischen Studien ermittelt werden (Abb. 1-3 und 1-4).

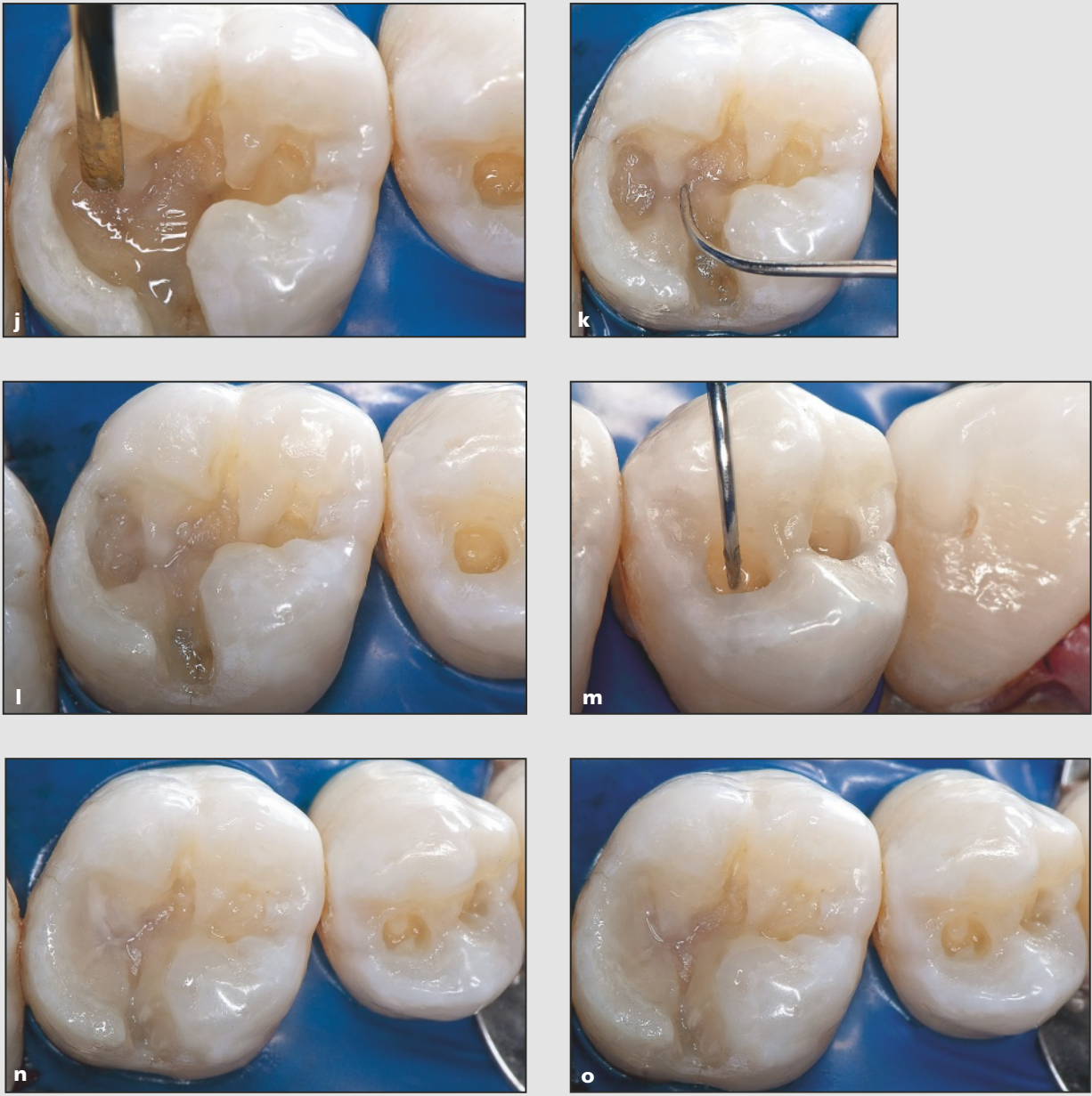


Abb. 1-3j bis o (j-l) Ein opakes Hybridkomposit im Farbton A2 (Kalore) wurde mit einer schrägen Schichttechnik in mehreren Inkrementen appliziert. Jede Schicht des Hybridkomposits wurde nach dem Auftragen 40 Sekunden lichtgehärtet. (m-n) Am Zahn 15 wurde ein opakes fließfähiges A2-Komposit (G-aenial Universal Flo), ebenfalls mit einer schrägen Schichttechnik, in mehreren Inkrementen aufgetragen. Hier wurden die einzelnen Schichten jeweils 20 Sekunden lichtgehärtet. (o) Anatomisch geschichteter Aufbau mit zwei verschiedenen Kompositen. →

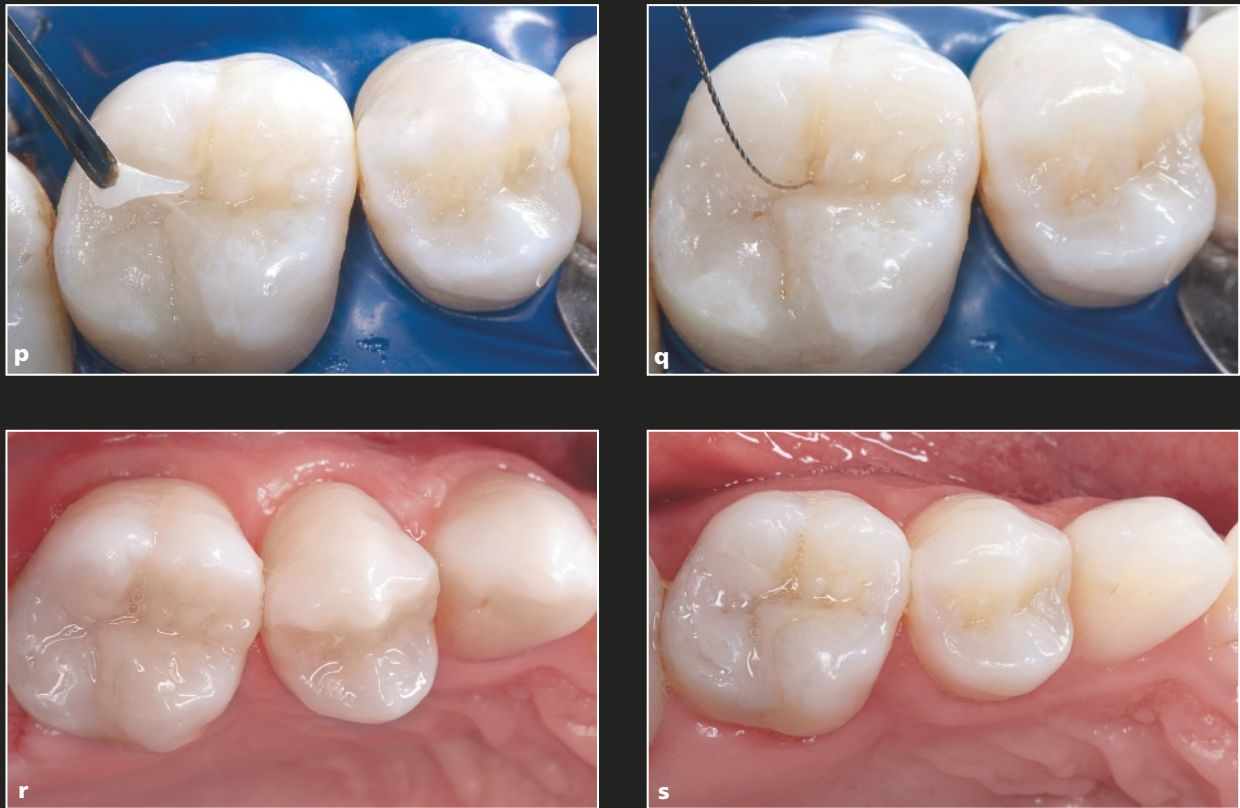


Abb. 1-3p bis s (p und q) Die okklusale Schlussschicht, ein A1-farbenes, transluzentes Hybridkomposit (Kalore) wurde mit einem langen Approximalspatel aufgetragen und im weichen Zustand mit einer Endo-Feile in die Fissuren gebracht. Dasselbe wurde am Zahn 15 durchgeführt, hier jedoch mit einem transluzenten Komposit der Farbe A1 (G-aenial Universal Flo). Verdünnte ocker Malfarbe (Kolor + Plus, Kerr) wurde mit einer Endo-Feile auf bestimmte Abschnitte der Fissuren aufgetragen und 40 Sekunden polymerisiert. (r) Die fertigen Restaurationen: harmonische Integration zweier verschiedener Kompositssysteme in die vorhandene Zahnschubstanz. (s) Kontrolle nach 2 Jahren. Deutliche Abnutzung am Höckerabhang des distolingualen Molarenhöckers, der mit dem herkömmlichen Komposit restauriert wurde, während der Prämolare keine klinischen Anzeichen von Abnutzung zeigt.



Abb. 1-4 Bewährung zweier Seitenzahnrestorationen aus einem fließfähigen Komposit (G-aenial Universal Flo) über 5 Jahre. Die Restorationen wurden in inkrementeller Schichttechnik ausgeführt. Minimale Abnutzung der Restorationen.

Schlussfolgerung

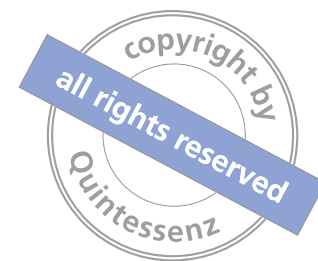
Kontinuierliche Fortschritte der Komposittechnik ermöglichen eine immer bessere Qualität zahnärztlicher Versorgungen. Neue Durchbrüche auf technologischem Gebiet führen nicht nur zu einem besseren Verständnis der Bausteine idealer Kompositrestaurationen, sondern erschließen und maximieren das Potenzial neuer Materialien für besser vorhersagbare, ästhetischere Ergebnisse. Auch wenn neue Ideen und Konzepte den Markt permanent zu überfluten scheinen, sollte man den Einfluss, den ein Biomaterial auf die Planung und Gestaltung oder die Arbeitsabläufe nehmen kann, nicht deshalb gering schätzen, weil es neu ist. Denn solche Entwicklungen versprechen eine Vereinfachung der klinischen Umsetzung ästhetischer und restaurativer Techniken und heben damit letzten Endes das

Niveau der zahnärztlichen Versorgung heutiger Patienten. Da nur die Bewährung über einen gewissen Zeitraum über den Erfolg eines Materials entscheiden kann, sind künftige klinische Studien nötig, um die langfristigen Vorteile dieser neuen Rezepturen fließfähiger Nanopartikelkomposite zu bestimmen. Die in den nächsten Kapiteln vorgestellten Anwendungsbeispiele demonstrieren ihr Potenzial bei der Erweiterung der Behandlungsoptionen für ein breiteres Spektrum klinischer Probleme.



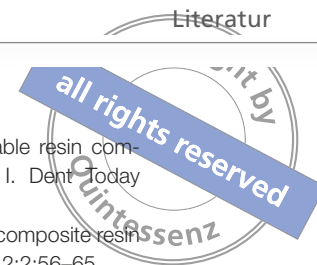
Literatur

1. Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ Jr, Stamatiades P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc* 1998; 129:567–577.
2. Labella R, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vanherle G. Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dent Mater* 1999;15:128–137.
3. Tabassian M, Moon PC. Filler particle characterization in flowable and packable composites [abstract 3022]. *J Dent Res* 1999;79:213.
4. Baroudi K, Silikas N, Watts DC. Edge-strength of flowable resin-composites. *J Dent* 2008;36:63–68.
5. Ikeda I, Otsuki M, Sadr A, Nomura T, Kishikawa R, Tagami J. Effect of filler content of flowable composites on resin-cavity interface. *Dent Mater J* 2009;28:679–685.
6. Terry DA. *Natural Aesthetics with Composite Resin*. Mahwah, NJ: Montage Media, 2004.
7. Irie M, Tjandrawinata R, E Lihua, Yamashiro T, Kazuomi S. Flexural performance of flowable versus conventional light-cured composite resins in a long-term in vitro study. *Dent Mater J* 2008;27:300–309.
8. Summitt JB, Robbins JW, Schwartz RS. *Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach*. Chicago: Quintessence, 2001.
9. Terry DA. Direct application of a nanocomposite resin system, part 1: The evolution of contemporary composite materials. *Pract Proced Aesthet Dent* 2004;16:417–422.
10. Liebenberg WH. Assuring restorative integrity in extensive posterior resin composite restorations: Pushing the envelope. *Quintessence Int* 2000; 31:153–164.
11. Taylor DF, Bayne SC, Sturdevant JR, et al. Restoration width and complexity effects on posterior composite wear [abstract 35]. *J Dent Res* 1989;68:186.
12. Leinfelder KF. Composite resin in posterior teeth. *Dent Clin North Am* 1981;25:357–364.
13. Ferrari M, Kugel G. Handling characteristics of resin composites in posterior teeth. *Compend Contin Educ Dent* 1998;19:879–882.
14. Dietschi D, Spreafico R. *Adhesive Metal-Free Restorations: Current Concepts for the Esthetic Treatment of Posterior Teeth*. Berlin: Quintessence, 1999.
15. Sabiston CB. Etiology of cracked teeth: A review and proposal. *Iowa Dent J* 1994;80:13–14.
16. Roulet JF. *Degradation of Dental Polymers*. Basel: S. Karger AG, 1987.
17. Leinfelder KF. *Composite Resins: Properties and Clinical Performance*. In: O'Brien WJ, Powers JM (eds). *Dental Materials: Properties and Selection*. Chicago: Quintessence, 1989:139–157.
18. Paravina RD, Westland S, Kimura M, Powers JM, Imai FH. Color interaction of dental materials: Blending effect of layered composites. *Dent Mater* 2006;22:903–908.
19. Chartrand TL, Bargh JA. The chameleon effect: The perception-behavior link and social interaction. *J Pers Soc Psychol* 1999;76:893–910.
20. Paravina RD, Westland S, Imai FH, Kimura M, Powers JM. Evaluation of blending effect of composites related to restoration size. *Dent Mater* 2006;22:299–307.
21. Hall NR, Kafalias MC. Composite colour matching: The development and evaluation of a restorative colour matching system. *Aust Prosthodont J* 1991;5:47–52.
22. Jefferies SR. The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. *Dent Clin North Am* 1998;42:613–627.



23. Wilson F, Heath JR, Watts DC. Finishing composite restorative materials. *J Oral Rehabil* 1990; 17:79–87.
24. Kirk RE, Othmer DF, Kroschwitz J, Howe-Grant M. *Encyclopedia of Chemical Technology*, ed 4. New York: Wiley, 1991:397.
25. Myshko D. Nanotechnology: It's a small world. *Pharma Voice* 2004;34–39.
26. Muselmann M. Composites make large difference in “small” medical, dental applications. *Comp Tech* 2003;24–27.
27. Estafan AM, Estafari D. Microleakage study of flowable composite resin systems. *Compend Contin Educ Dent* 2000;21:705–708.
28. Attar N, Tam LE, McComb D. Flow, strength, stiffness and radiopacity of flowable resin composites. *J Can Dent Assoc* 2003;69:516–521.
29. Gallo JR, Burgess JO, Ripps AH, et al. Clinical evaluation of 2 flowable composites. *Quintessence Int* 2006;37:225–231.
30. Dukić W, Dukić OL, Milardović S, Vindakijević Z. Clinical comparison of flowable composite to other fissure sealing materials: A 12 months study. *Coll Antropol* 2007;31:1019–1024.
31. Baroudi K, Saleh AM, Silikas N, Watts DC. Shrinkage behavior of flowable resin-composites related to conversion and filler-fraction. *J Dent* 2007; 35:651–655.
32. Celik C, Ozgunaltay G, Attar N. Clinical evaluation of flowable resins in non-cariou cervical lesions: Two-year results. *Oper Dent* 2007;32:313–321.
33. Kubo S, Yokota H, Hayashi Y. Three-year clinical evaluation of a flowable and a hybrid resin composite in non-cariou cervical lesions. *J Dent* 2010;38:191–200.
34. Turner EW, Shook LW, Ross JA, deRijk W, Eason BC. Clinical evaluation of a flowable resin composite in non-cariou class V lesions: Two-year results. *J Tenn Dent Assoc* 2008;88:20–24.
35. Xavier JC, Monteiro GQ, Montes MA. Polymerization shrinkage and flexural modulus of flowable dental composites. *Mater Res* 2010;13:381–384.
36. Gallo JR, Burgess JO, Ripps AH, et al. Three-year clinical evaluation of two flowable composites. *Quintessence Int* 2010;41:497–503.
37. Yu B, Lee YK. Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. *J Dent* 2008;36:840–846.
38. Clelland NL, Pagnotto MP, Kerby RE, Seghi RR. Relative wear of flowable and highly filled composite. *J Prosthet Dent* 2005;93:153–157.
39. Karaman E, Yazici AR, Ozgunaltay G, Dayangac B. Clinical evaluation of a nanohybrid and a flowable resin composite in non-cariou cervical lesions: 24-month results. *J Adhes Dent* 2012; 14:485–492.
40. Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR technology. *Dent Mater* 2011;27:348–355.
41. G-aenial Universal Flo: Editor's choice. *Dent Advisor* 2011:19.
42. Sumino N, Tsubota K, Toshiki T, Shiratsuchi K, Miyazaki M, Latta M. Comparison of the wear and flexural characteristics of flowable resin composite for posterior lesions. *Act Odontol Scand* 2013;71:820–827.
43. Torres CRG, Rêgo HM, Perote LC, et al. A split-mouth randomized clinical trial of conventional and heavy flowable composites in class II restorations. *J Dent* 2014;42:793–799.
44. Zaruba M, Wegehaupt FJ, Attin T. Comparison between different flow application techniques: SDR vs flowable composite. *J Adhes Dent* 2012;15:115–121.
45. Lokhande NA, Padmai AS, Rathore VP, Shingane S, Jayashanker DN, Sharma U. Effectiveness of flowable resin composite in reducing microleakage: An in vitro study. *J Int Oral Health* 2014; 6:111–114.
46. Bayne SC, Taylor DF, Heymann HO. Protection hypothesis for composite wear. *Dent Mater* 1992;8:305–309.
47. Turssi CP, Ferracane JL, Vogel K. Filler features and their effects on wear and degree of conversion of particulate dental resin composites. *Biomaterials* 2005;26:4932–4937.
48. Lim BS, Ferracane JL, Condon JR, Adey JD. Effect of filler fraction and filler surface treatment on wear of microfilled composites. *Dent Mater* 2002;18:1–11.
49. Venhoven BMA, de Gee Aj, Werner A, et al. Influence of filler parameters on the mechanical coherence of dental restorative resin composites. *Biomaterials* 1996;17:735–440.
50. Condon JR, Ferracane JL. In vitro wear of composite with varied cure, filler level, and filler treatment. *J Dent Res* 1997;76:1405–1411.
51. Condon JR, Ferracane JL. Factors effecting dental composite wear in vitro. *J Biomed Mater Res* 1997;38:303–313.
52. Beatty MW, Swartz ML, Moore BK, et al. Effect of microfiller fraction and silane treatment on resin composite properties. *J Biomed Mater Res* 1998;40:12–23.

53. Cadenaro M, Marchesi G, Antonioli F, et al. Flowability of composites is no guarantee for contraction stress reduction. *Dent Mater* 2009;25:649–654.
54. Yamase M, Maseki T, Nitta T, et al. Mechanical properties of various latest resin composite restoratives [abstract 464]. *J Dent Res* 89(special issue A):2010.
55. Yahagi C, Takagaki T, Sadr A, Ikeda M, Nikaido T, Tagami J. Effect of lining with a flowable composite on internal adaptation of direct composite restorations using all-in-one adhesive systems. *Dent Mater J* 2012;31:481–488.
56. Terry DA, Powers JM. A predictable resin composite injection technique, part I. *Dent Today* 2014;33(4):96,98–101.
57. Terry DA. Developing a functional composite resin provisional. *Am J Esthet Dent* 2012;2:56–65.
58. Terry DA. What other restorative material has so many uses: Flowables. *Int Dent (African Ed)* 2012;3:42–58.
59. Terry DA, Powers JM. A predictable resin composite injection technique, part II. *Dent Today* 2014;33(6):80,82,84,85.



Dieses Buch zeigt die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der neuen Produktgeneration fließfähiger Komposite an Schritt-für-Schritt illustrierten Fallbeispielen aus der Praxis. Mit einem geeigneten adhäsiven Konzept und der Kompositinjektionstechnik können fließfähige Komposite die zahnärztlichen Behandlungsmöglichkeiten deutlich erweitern, die Präzision und Vorhersagbarkeit der Ergebnisse erhöhen und nicht zuletzt die Behandlungszeit verkürzen. Zu den vorgestellten Anwendungsmöglichkeiten gehören:

- Kompositfüllungen im Front- und Seitenzahnbereich
- Befestigung indirekter Restaurationen
- Konditionierung der Weichgewebe für Pontics
- Schienung von Zähnen
- Behandlung überempfindlicher Zahnhälse
- Herstellung, Modifikation und Reparatur von Provisorien
- Dentinversiegelung
- Reparatur frakturierter natürlicher Zähne
- Reparatur frakturierter Keramikrestaurationen
- Reparatur frakturierter Prothesenzähne
- Herstellen von Stiftaufbauten
- Entwickeln funktioneller Prototypen aus Komposit
- Unterkiefer-Frontzahnveneers
- Wiederherstellen von Form und Funktion

