

■ G. Ibarra, T. C. Aw, W. Geurtsen¹

Substanzschonende Behandlung kariöser Läsionen in der Zahnerhaltung*

Das Verständnis um die dynamische Natur der Karies sowie die Einführung der Säure-Ätztechnik und die Entwicklung moderner Komposite hat die Zahnerhaltung deutlich verändert. Viele Autoren betrachten heute die nicht- oder nur minimal-invasive Therapie als Standard bei der Behandlung der Karies. In diesem Zusammenhang spielt die frühzeitige Diagnose der Karies eine entscheidende Rolle. Denn nur dadurch ist es möglich, eine Behandlung dann zu beginnen, wenn die Läsion noch reversibel ist und durch prophylaktische Maßnahmen noch remineralisiert werden kann oder der Defekt durch äußerst konservative Präparation bei minimalen Zahnhartsubstanzverlust restauriert werden kann. Ziel dieser Übersicht ist es, verschiedene konservative Behandlungsmöglichkeiten darzustellen und die Materialien zu beschreiben, die derzeit für die Füllung ultrakonservativer Kavitäten zur Verfügung stehen.

Schlüsselwörter: Kariesdiagnose, Remineralisation, minimal-invasiv, Füllungstherapie

Conservative Approach for the Treatment of Carious Lesions. The understanding of the dynamic nature of the carious process, as well as the introduction of the acid etch technique and the development of modern resin composite materials, has virtually changed the practice of dentistry. Many authors have discussed the non-surgical approach or the minimal intervention concept as the standard of care for the treatment of caries. Early caries diagnosis plays a decisive role in this regard, since early detection of a carious lesion would allow the practitioner to start treatment when the lesion is still in a reversible stage and can be remineralized by the introduction of preventive measures or when its restoration would allow a very conservative cavity preparation with little loss of sound tooth structure. This article will discuss different conservative treatment modalities and review the materials available for the restoration of the ultraconservative cavity preparations.

Keywords: caries diagnosis, remineralization, ultra-conservative, filling therapy

1 Einleitung

Der Begriff „optimale Behandlung“ steht für eine Therapie, die man als „Idealbehandlung“ für ein spezielles Problem betrachtet und die für den Patienten den meisten Nutzen bei geringstmöglicher invasiver Behandlung erbringt. Das derzeitige Wissen über die Pathophysiologie, Präven-

tion und Behandlung der Karies zeigt deutlich, dass heute die Therapie dieser „Infektionskrankheit“ ein anderes Vorgehen ermöglicht, als dies früher der Fall war.

Das Konzept der minimal-invasiven Therapie der Karies bezieht sich nicht nur auf die restaurative Behandlung und die Wahl des am wenigsten invasiven Verfahrens im Rahmen einer Füllung oder den Ersatz einer bereits vorhandenen, insuffizienten Restauration bei bestmöglicher Erhaltung der Zahnhartsubstanz. Die Bestimmung des Kariesrisikos, die frühzeitige Diagnose einer Karies, deren Prävention bzw. die Remineralisation einer Initiailläsion, um diese zumindest zum Stillstand zu bringen und ein Fortschreiten des Defektes zu verhindern, sind ebenso wichtige Aspekte einer modernen Zahnerhaltungskunde [1, 2, 3].

Wenn wir es schaffen würden, eine restaurative Behandlung überflüssig zu machen oder zumindest deren Zeitpunkt deutlich zu verzögern, würden wir den typischen Lebenszyklus eines gefüllten Zahnes unterbrechen und einen weiteren Zahnhartsubstanzverlust verhindern, der bei jeder Erneuerung einer insuffizienten Füllung unvermeidlich ist [4]. Allerdings ist nach wie vor in vielen Fällen eine invasive Therapie erforderlich, für die dann allerdings das konservativste, sprich zahnhartsubstanzschonendste Verfahren gewählt werden sollte.

2 Kariesfrüherkennung und -diagnose

Der Beitrag der Fluoride zur Reduktion der Glattflächenkaries ist sehr gut dokumentiert [5]. Allerdings hat der Einsatz von Fluoriden nicht gleichermaßen zur Prävention der Karies in Fissuren und Grübchen beigetragen. Bis zu 90% der Primärkaries bei Kindern und Jugendlichen betrifft die Okklusalfächen [6]. Die Kariesfrüherkennung spielt deshalb innerhalb des Konzeptes einer Frühbehandlung eine entscheidende Rolle. Erkennt man eine Läsion im Frühstadium, ist die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Remineralisation deutlich erhöht, eine invasive Behandlung kann dadurch unter Umständen völlig vermieden werden.

Approximale Läsionen werden für gewöhnlich anhand von Röntgenbildern identifiziert. Obwohl man weiß, dass solche Defekte röntgenologisch kleiner erscheinen als sie in Wirklichkeit sind und man Initiailläsionen oft gar nicht radiologisch erkennt, sind Röntgenbilder nach wie vor für die Diagnose der Approximalkaries unverzichtbar. Christensen konnte mittels Zahnschliffen zeigen, dass Läsionen in der Regel mindestens zweimal tiefer waren als sie radiologisch erschienen. Zudem stellte er fest, dass weder konventionelle, unter optimalen Bedingungen aufgenommene Röntgenbilder noch digitale Röntgenbilder sehr verlässliche Hinweise auf die Präsenz bzw. Tiefe einer kariösen Läsion geben [7].

Röntgenbilder liefern keinerlei Hinweise darüber, ob eine Läsion aktiv oder inaktiv und damit nicht weiter fortschreitet. Sie geben damit keine zuverlässigen prognostischen Informationen. Und in der Tat fanden Pitts and Rim-

¹ Division of Operative Dentistry, University of Washington, Seattle-USA

* Eine modifizierte Version dieser Arbeit wird in der Zeitschrift „Practical Procedures & Aesthetic Dentistry“ (PPAD) publiziert

mer, dass 60 % der von ihnen untersuchten approximalen Läsionen röntgenologisch zwar eine Penetration bis in das äußere Dentindrittel aufwiesen, aber noch eine intakte Oberfläche hatten und somit noch keine Kavitäten darstellten [8]. Es sollte deshalb in diesen Fällen an allererster Stelle eine Remineralisationstherapie in Erwägung gezogen werden.

Die Okklusalkaries stellt sogar eine noch größere Herausforderung dar, da es sehr schwierig ist, eine Läsionen in Fissuren und Grübchen sicher zu erkennen. Über viele Jahre wurde die Verwendung einer spitzen Sonde zur Diagnose der Okklusalkaries an den Universitäten gelehrt. Als sicheres Zeichen für die Präsenz einer Karies galt das Retinieren der Sondenspitze in der Fissur oder dem Grübchen. Heute geht man dagegen vielfach davon aus, dass der Gebrauch einer Sonde nicht nur wenig zur Erkennung einer Karies beiträgt, sondern sogar möglicherweise remineralisierbare Zahnhartsubstanz gravierend schädigen oder zerstören kann und bei der Sondierung zudem Bakterien auf kariesfreie Areale verschleppt werden können [9–12]. Zudem ist die röntgenologische Diagnose der okklusalen Karies unzuverlässig, da die Läsionen sehr oft nicht zu erkennen sind, außer sie sind schon sehr weit in das Dentin fortgeschritten.

Ferner hat der Einfluss der Fluoride auf die Karies in Fissuren und Grübchen die okklusale Kariesdiagnostik weiter erschwert [13–15]. Die versteckte okklusale Karies („hidden occlusal caries“), wie sie von *Weerheijm* et al. beschrieben wird, ist das Ergebnis des durch Fluorideinbau säurebeständiger gewordenen Schmelzes, so dass eine Sonde die Fissur nicht mehr durchdringen kann, obwohl sich eine Karies trotz gesund erscheinender okklusaler Schmelzoberfläche bereits möglicherweise bis ins Dentin erstreckt [16].

Eine visuelle Inspektion mit Hilfe einer Lupe bei guter Beleuchtung und unter trockenen, sauberen Bedingungen ist für eine möglichst genaue Kariesdiagnose unerlässlich. Eine Studie, in der *Lussi* intakte Okklusalfächen untersuchte, zeigte, dass der Prozentsatz einer korrekten Diagnose in Abhängigkeit von den verwendeten Methoden zwischen 40 % und 83 % schwankte (Tab. 1) [17].

Vergleich verschiedener Methoden zur Diagnose der Fissurenkaries ohne erkennbaren Defekt nach <i>Lussi</i> [17]			
Methode	Spezifität	Sensitivität	Korrekte Diagnose
Visuelle Inspektion	93%	12%	57%
Visuelle Inspektion mit Lupe	89%	20%	56%
Visuelle Inspektion und Sondierung	93%	14%	58%
Visuelle Inspektion und Bissflügel-Röntgenaufnahmen	87%	49%	67%
Bissflügel-Röntgenaufnahmen	83%	45%	63%
Messung des elektrischen Widerstandes	77%	93%	83%
Deutliche Entmineralisierung der Fissuren	60%	71%	65%
Braun- oder Schwarzverfärbung der Fissuren	17%	68%	40%

Spezifität: Eignung einer Methode, kariöse Zähne als kariös zu diagnostizieren
Sensitivität: Eignung einer Methode, gesunde Zähne als gesund zu erkennen

Tabelle 1 Stellenwert (Spezifität und Sensitivität) verschiedener Methoden zur Diagnose der Fissurenkaries ohne erkennbaren Defekt (modifiziert nach *Lussi* [17])

Die Kombination einer visuellen, taktilen und röntgenologischen Diagnose verbunden mit einer Transillumination und unter Berücksichtigung der von den Patienten beschriebenen Symptome entspricht dem heutigen Stand der Kunst. Neue diagnostische Verfahren, die nicht Gegenstand dieses Beitrages sind, befinden sich bereits auf dem Markt oder sind in ihrer Entwicklung weit fortgeschritten. Diese werden

das Spektrum zur Diagnose der okklusalen Karies erweitern. Zu nennen sind hierbei die Diagnostik, die quantitative Laserfluoreszenz, die Transillumination (DIFOTI) und die Messung der elektrischen Leitfähigkeit. Ob diese Verfahren bzw. Geräte die Spezifität und Sensitivität bei der Diagnose der Initialläsionen verbessern, muss in weiteren Untersuchungen geklärt werden. Ferner gilt zu bedenken, dass nach besserer Frühdiagnose der Karies geklärt werden muss, ab wann bzw. unter welchen Bedingungen eine invasive Behandlung notwendig ist oder nicht.

3 Behandlung der Karies

Die Ätiologie der bakteriellen Infektionskrankheit Karies ist multifaktoriell. Dementsprechend variiert das Risiko, an Karies zu erkranken, beträchtlich zwischen einzelnen Personen. Generell entsteht eine kariöse Läsion, wenn Plaquebakterien, primär Mutans-Streptokokken und Laktobazillen, organische Säure durch anaerobe Verstoffwechslung vergärbare Kohlenhydrate bilden. Die Säuren diffundieren dann in die Zahnhartsubstanz und zerstören die Kristallite des Schmelzes und Dentins. Diese Demineralisation findet in der Regel ab einem pH-Wert von weniger als 5,5 statt. Andererseits kommt es zu einer kontinuierlichen „Ausfällung“ von Mineralien, wie Kalzium-Ionen und Phosphat aus dem Speichel, die zu einer Remineralisation beiträgt. Allerdings hängt diese Remineralisation wesentlich von der Menge und Zusammensetzung des Speichels ab sowie von einem pH-Wertanstieg über die kritische Grenze von 5,5. Ist Fluorid vorhanden, wird die Remineralisation gefördert und möglicherweise säure-resistenterer Fluorhydroxylapatit gebildet. Phasen der Demineralisation und Remineralisation wechseln sich ständig im dynamischen Milieu der Mundhöhle ab. Besteht ein Gleichgewicht zwischen diesen beiden Prozessen, wird keine Karies entstehen. Kommt es allerdings zu einer Störung des Gleichgewichtes, wird durch zunehmenden Verlust an anorganischen Bestandteilen des Schmelzes und des Dentins eine kariöse Läsion entstehen [18]. Dieses Gleichgewicht ist während des Lebens einem ständigem Wechsel unterworfen. Dies gilt demnach auch für das Risiko, an Karies zu erkranken.

Wichtige Faktoren in diesem Zusammenhang sind beispielsweise eine Änderung in der Zusammensetzung und Menge des Speichels, der Genuss niedermolekularer Kohlenhydrate und Plaqueakkumulation. Die Verwendung antibakterieller Agenzien, wie Chlorhexidin, kann die Anzahl kariogener Bakterien reduzieren. Die lokale Applikation von Fluoridverbindungen in Form von Spüllösungen, Lacken, Gelen usw. fördert die Bildung von Fluorhydroxylapatit, wodurch die Zahnhartsubstanz widerstandsfähiger gegenüber einer Demineralisation wird. Die diesbezügliche Aufklärung des Patienten und der Versuch, bestimmte „kariogene“ Gewohnheiten zu ändern, wie den häufigen Verzehr kariogener Kohlenhydrate, eine ausreichende häusliche Mundhygiene und regelmäßige professionelle prophylaktische Maßnahmen sind ausschlaggebend für die Erhaltung eines balancierten Milieus in der Mundhöhle. Wenn immer möglich, sollte es das Ziel unserer Bemühungen sein, eine invasive Behandlung zu verhindern oder zumindest so lange wie möglich hinauszuschieben und demineralisierte, oberflächlich noch intakte Zahnhartsubstanz zu erhalten. Sollte jedoch eine Kavität vorhanden sein, ist eine Remineralisation nicht mehr möglich und ein Fortschreiten der Karies sehr wahrscheinlich. Die Füllungstherapie ist damit unsere einzige Behandlungsoption. Es sei aber explizit erwähnt, dass eine frühzeitige Erkennung einer Initialläsion nicht automatisch eine frühzeitigere Intervention, also Füllung, bedeutet.

Vielmehr ist eine sehr sorgfältige Abwägung der Vor- und Nachteile präventiver Maßnahmen versus einer Füllungstherapie erforderlich.

4 Gestaltung der Präparation

Sollte eine kariöse Läsion nicht durch präventive Maßnahmen remineralisiert werden können und somit eine Füllungstherapie erforderlich sein, sollte „minimal-invasiv“ vorgegangen werden, um den Verlust gesunder Zahnhartsubstanz möglichst gering zu halten. Im Großen und Ganzen werden *Blacks* Kavitätenklassifikation und Präparationsregeln nach wie vor an vielen Universitäten gelehrt und dementsprechend in der Praxis angewendet. Allerdings wurde mittlerweile ein neues Klassifikationssystem vorgeschlagen, das nicht nur die Lokalisation der Läsion berücksichtigt (Grübchen, Fissur, Approximalfläche usw.), sondern auch deren Ausbreitung und Größe. Insgesamt wird zwischen vier Progredienzgraden bzw. -stadien unterschieden (Tab. 2) [19]. Eine solche Einteilung berücksichtigt eher das Konzept einer minimalen Intervention, in deren Rahmen nicht alle Läsionen gleich behandelt werden. Betrachten wir beispielsweise eine okklusale Läsion auf Basis der *Blacks* Klassifikation, so wird die Kavität für diesen Defekt einem vorgegebenen Umriss folgen, der für alle Klasse I-Kavitäten ähnlich ist, unabhängig von deren Stadium oder der Ausdehnung. Das neue Klassifikationssystem hingegen berücksichtigt insbesondere auch die Ausdehnung der Läsion. Dementsprechend werden nicht alle okklusalen Läsionen gleicherart behandelt.

Klassifikation kariöser Läsionen nach <i>Mount</i> und <i>Hume</i> [19]				
Lokalisation	Größe			
	Minimal (1)	Moderat (2)	Fortgeschritten (3)	Ausgedehnt (4)
Grübchen-Fissur	1.1	1.2	1.3	1.4
Approximal-Kontaktbereich (2)	2.1	2.2	2.3	2.4
Zervikal (3)	3.1	3.2	3.3	3.4

Die „Si/Sta“ Karies-Klassifikation nach <i>Lasfargues</i> et al. [4] (Si=site/Lokalisation; Sta=stage/Stadium)					
Si/Sta	Stadium der Karies				
Lokalisation	Initial (0)	Minimal (1)	Moderat (2)	Fortgeschritten (3)	Profund/ausgeprägt (4)
Grübchen-Fissur (1)	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
Approximal (2)	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4
Zervikal (3)	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4

Stadium 0: Eine nichtinvasive Remineralisationstherapie ist zu empfehlen.

Tabelle 2 Klassifikation kariöser Läsionen nach *Mount* und *Hume* [19] sowie das Si/Sta-Konzept nach *Lasfargues* et al. [4]

Die von *Lasfargues* et al. vorgeschlagene Klassifikation basiert auf dem „Sites/Stages“ (Si/Sta)-Konzept, also auf Lokalisation und Stadium der Karies. Dadurch wird ein präventiver Aspekt in die Klassifikation eingebracht. Dieses Modell kennt ein Stadium 0, womit eine Initiailläsion ohne erkennbare Kavitation bezeichnet wird. Ein solcher Defekt erfordert keinen invasiven Eingriff, sondern vielmehr eine präventive Remineralisationsbehandlung (Tab. 2) [4].

5 Moderne Materialien

Die Einführung der Säure-Ätztechnik durch *Buonocore* im Jahre 1955 [20] und die Entwicklung neuerer Materialien, wie der Komposite, Glasionomerzemente und Kompomere er-

möglichen heute eine minimal-invasive Behandlung. Durch ein „Bonding“ des adhäsiven restaurativen Materiales an die Zahnhartsubstanz besteht keine Notwendigkeit mehr, Unterschnitte oder schwalbenschwanzähnliche Retentionen zu präparieren. Dadurch wird gesunde Zahnhartsubstanz erhalten, die ansonsten hätte geopfert werden müssen. Zudem ist das Postulat „Extension for Prevention“ überholt und wird durch das Konzept „Prevention of Extension“ ersetzt [21, 22].

5.1 Glasionomerzemente (GIZ) [23 – 25]

Glasionomerzemente bestehen aus zwei Komponenten, einer Polyacrylsäure und einem Kalzium-Aluminium-Fluorosilikatglas. Nach dem Anmischen werden Ca^{2+} - und Al^{3+} -Ionen freigesetzt, die dann Ionenbindungen mit den negativ geladenen Polyacrylsäureketten bilden. Während der initialen Abbindephase bildet sich eine quervernetzte Gelmatrix. In einer zweiten, langsameren Reaktion, in der der Zement definitiv abbindet, werden die Glasfüller durch Aluminiumionen mit der Matrix verknüpft. Die Carboxylgruppen der Polyacrylsäure reagieren mit dem Kalzium im Schmelz und Dentin und bilden dadurch auch einen gewissen adhäsiven Verbund. Als Hauptvorteil der GIZ gilt die Fluoridfreisetzung, ein dem Dentin ähnlicher Ausdehnungskoeffizient und die geringe Abbindeschumpfung. Nachteile sind die niedrige Abrasions- und Zugfestigkeit, mangelhaftes ästhetisches Erscheinungsbild und die hohe Anfälligkeit für Verarbeitungsfehler. Deshalb wird GIZ vornehmlich dann verwendet, wenn die Kavität sehr klein ist und man einen kariesinhibierenden Effekt anstrebt sowie in wenig belasteten Regionen, in den die „Ästhetik“ von geringer Bedeutung ist. Beispiele für GIZ sind Fuji IX (GC) und Ketac-Fil (3M-ESPE).

5.2 Kunststoff-modifizierte GIZ (rmGIZ) [23 – 25]

Diese Materialklasse stellt durch Zugabe von Kunststoffkomponenten modifizierte GIZ dar. Zielsetzung war, dadurch einige physikalische Parameter der konventionellen GIZ unter Beibehaltung der Fluoridfreisetzung zu verbessern und die Handhabung zu vereinfachen. Das Pulver ähnelt dem der konventionellen GIZ, aber an die Polyacrylsäureketten wurden Methacrylatgruppen, insbesondere HEMA, oder andere relativ hydrophile Gruppen angefügt. Das angemischte Material weist eine „dreistufige“ Abbindereaktion auf, wobei neben der licht- und chemisch-initiierten Polymerisation der Methacrylatgruppen eine Säure-Basenreaktion zwischen den Füllerpartikeln und der Polyacrylsäure stattfindet. Hauptvorteile gegenüber den konventionellen Glasionomerzementen sind verbesserte physikalische Parameter, wie höhere Zug- und Abrasionsfestigkeit, die Lichthärtung und ein verbessertes ästhetisches Erscheinungsbild. Jedoch setzen die meisten rmGIZ weniger Fluorid frei als konventionelle Produkte. Von Nachteil ist auch die höhere Abbindeschumpfung. Kunststoff-modifizierte GIZ werden deshalb vornehmlich für kleine Füllungen verwendet, die nur geringen mechanischen Belastungen ausgesetzt sind und bei denen die Ästhetik insgesamt untergeordnet ist. Beispiele für rmGIZ sind Fuji II LC (GC) und Photac-Fil (3M-ESPE).

5.3 Kompomere [23 – 25]

Kompomere sind im Prinzip Komposite, die durch Zugabe von Glasionomerzementkomponenten modifiziert wurden, unter anderem mit der Zielsetzung, Fluorid freizusetzen. Einpastensysteme enthalten „lichtpolymerisierbare“ Monomere und Fluorosilikatgläser, aber kein Wasser. Die Härtung

erfolgt auf zweifache Weise, primär durch eine Lichtpolymerisation, an die sich später durch Wasseraufnahme eine minimale Säure-Basenreaktion anschließt. Da Kompomere vornehmlich eine organische Matrix aufweisen und somit weitgehend Kompositen entsprechen, wird zu ihrer Verankerung an der Zahnhartsubstanz ein Bondingsystem benötigt. Kompomere setzen Fluorid frei, aber in weit geringerem Ausmaß als konventionelle GIZ oder rmGIZ. Es sei auch erwähnt, dass die meisten Kompomere eine geringere Druck- und Zugfestigkeit und ein niedrigeres Elastizitätsmodul aufweisen als herkömmliche Komposite. Dementsprechend sind die Vorzüge dieser Materialien fraglich. Beispiele für Kompomere sind Dyract AP (DeTrey-Dentsply) und Compoglass (Vivadent).

5.4 Komposite [26]

Zahnärztliche Komposite gibt es seit den frühen sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts. Seitdem hat natürlich eine Weiterentwicklung stattgefunden. Fortschritte im Bereich der Materialtechnik einschließlich moderner Adhäsivsysteme und neue Erkenntnisse über die Mechanismen der Dentinadhäsion, wie Ausbildung einer Adhäsiv-Dentinhybridschicht, erlauben es heute, sehr substanzschonend vorzugehen und sogenannte „ultra-konservative“ Kavitäten zu präparieren. Der Schmelz- und Dentinadhäsion kommt dabei eine Schlüsselrolle zu.

Die drei Hauptkomponenten eines Komposites sind die Kunststoffmatrix mit den hydrophoben Monomeren und einem Initiatorsystem, für gewöhnlich basierend auf einem Diketon wie Kampherchinon, dem primär anorganischen Füllersystem (Glas, Quarz, feinstteiliges SiO₂ oder Materialkombinationen), und einem Silan, das Füller und Matrix miteinander verbindet. Die meisten physikalischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften werden durch Verwendung eines höheren Füllersanteils verbessert, wobei allerdings dies direkte Auswirkungen auf die Viskosität des Materials hat. Auch die Polymerisationsschrumpfung ist direkt abhängig vom Füllergehalt: je weniger Füller ein Produkt aufweist, desto höher ist die Schrumpfung bei der Abhärtung. Obwohl der Füllersanteil entweder in Gewichts- oder Volumenprozent angegeben wird, hängen die Materialeigenschaften wesentlich vom Volumenanteil ab. Die Größe der Füllerspartikel beeinflusst das Materialverhalten ebenfalls. Kleine Füllerspartikel führen zu einer geringeren Abrasion und besserer Polierbarkeit, aber auch zu einer niedrigeren Festigkeit. In den meisten modernen Produkten, den Hybridkompositen, sind deshalb Füllerspartikel unterschiedlicher Größe enthalten. Die sogenannten Mikrohybridkomposite sind besonders populär geworden, da sie die Festigkeit der herkömmlichen Hybridkomposite mit der geringen Abrasionsneigung und der guten Polierbarkeit von Mikrofüllerkompositen vereinigen.

Nachdem heute vielfach wesentlich kleinere Kavitäten präpariert werden, entwickelte man Produkte, die besser zur Füllung dieser Defekte geeignet sind. „Flowable“ oder fließfähige Komposite wurden Mitte der neunziger Jahre eingeführt. Im Vergleich zu konventionellen Hybridkompositen weisen sie einen geringeren Füllersanteil auf, die Füller sind zudem kleiner. Die meisten fließfähigen Komposite sind wie „Hybridkomposite“ aufgebaut und enthalten Mikrofüller, wie dies auch für moderne Mikrohybridkomposite typisch ist. Im Großen und Ganzen weisen fließfähige Komposite etwa 20 bis 25 Gewichtsprozent weniger Füller auf als Hybridkomposite. Die Erhöhung des Anteils an organischer Matrix verringert die Viskosität des Materials, erhöht aber auch gleichzeitig die Polymerisationsschrumpfung. Die mechanischen Ei-

genschaften dieser Produkte sind denjenigen konventioneller Komposite unterlegen. Generell weisen fließfähige Komposite eine geringe Abrasion vergleichbar den Mikrofüllerkompositen auf. Dies ist auf den verringerten Abstand zwischen den einzelnen Füllerspartikeln zurückzuführen. Aber aufgrund der reduzierten mechanischen Eigenschaften sollten fließfähige Komposite nur in wenig belasteten Bereichen eingesetzt werden [27]. Die fließfähigen Komposite weisen keine einheitliche Viskosität auf, einige sind „klebriger“ als andere. Als Hauptindikation für diese Produkte gilt die Benetzung der Kavitätenwände, insbesondere der pulpalen Flächen. Dadurch soll eine bessere Adaptation an die Kavität und ein „Ausblocken“ von Unebenheiten und Unterschnitten in der Kavität erreicht werden. Vielfach empfohlen wird die Verwendung fließfähiger Komposite zur Füllung bzw. Versiegelung von Fissuren, die mittels Pulverstrahlgeräten oder kleinen rotierenden Instrumenten minimal eröffnet wurden und dementsprechend nicht mit viskosen, konventionellen Kompositen versorgt werden können [28].

Ein wichtiger Faktor ist auch die Röntgenopazität, insbesondere, wenn ein fließfähiges Produkt als „Basismaterial“ in Sinne einer Unterfüllung in Kombination mit einem konventionellen Komposit verwendet wird. Es wird auch diskutiert, dass fließfähige Komposite aufgrund ihres geringeren Elastizitätsmoduls als „Schock-Absorber“ oder „Stressbrecher“ fungieren können, was insbesondere in den Situationen, in denen Füllungen exzessiven Belastungen ausgesetzt sind, die Adhäsion zum Dentin weniger belastet. Einige fließfähige Komposite werden auch mit einem Hinweis auf Fluoridfreisetzung vermarktet. Die klinische Relevanz dieses Merkmals bedarf aber noch der Klärung [29]. Die meisten Hersteller von Kompositen bieten heute fließfähige Produkte mit einer Palette von Farben an. Wir empfehlen allerdings deren Verwendung nur nach sorgfältiger Abwägung.

6 Neue Instrumente

Abgesehen von den neueren adhäsiven Materialien wurde die minimal-invasive Zahnerhaltung erst dadurch ermöglicht, dass auch neue Instrumente entwickelt wurden. Zu nennen sind die Winkelstücke mit Glasfaserbeleuchtung, Lupenbrillen und Operationsmikroskope usw. Diese Hilfsmittel erleichtern bzw. ermöglichen die Präparation und Füllung ultra-konservativer Kavitäten.

Für die sogenannte Fissurenplastik („Fissurotomy“) wurden spezielle kleine Bohrer entwickelt, die zur Eröffnung von Fissuren zwecks Diagnose und/oder Füllung verwendet



Abbildung 1 „Ultrakonservatives“ Präparationskit der Division of Operative Dentistry der University of Washington. Zum Kit gehören je ein Hartmetallrosenbohrer mit Durchmessern zwischen 0,3 und 0,5 mm sowie die Präparationsdiamanten 889 M und 8392 der Fa. Brasseler (Lemgo)

werden. Die Fa. Brasseler bietet beispielsweise Hartmetall-Rosenbohrer mit einem Durchmesser von 0,5 mm (Nr. H1.204.005) sowie flammen- oder nadelförmige Diamanten (Nr. 889) mit sehr feiner Spitze an, die für Mikropräparationen sehr gut geeignet sind (Abb. 1). Gleiches gilt für das „Fisurotomy Diagnostic and Finishing Bur“-Kit von S.S. White (Lakewood, USA). Die Eignung rotierender Instrumente zur Präparation kleinster Kavitäten und damit zur bestmöglichen Schonung gesunder Zahnhartsubstanz wird derzeit intensiv untersucht [30].

6.1 AirAbrasive-Geräte (Pulverstahlgeräte)

Die „AirAbrasive-Technik“ wurde in den vierziger Jahren des 20. Jahrhunderts von *Robert Black* in die Zahnheilkunde eingeführt. Die Fa. S.S.White brachte das Airdent-Gerät 1951 auf den Markt. Da es zur damaligen Zeit weder die Adhäsivtechnik noch leistungsfähige Absaugeinrichtungen gab und die zur Verfügung stehenden Materialien genau definierte Kavitätenpräparationen erforderten, konnten sich diese Produkte nicht auf dem Markt halten [1]. Das Prinzip der AirAbrasion ist die Beschleunigung eines Al_2O_3 -Pulvers (Partikeldurchmesser: etwa 25 bis 50 μm) in einem Luftstrom mit der hohen Geschwindigkeit von ca. 20 m/sec. Sobald die beschleunigten Partikel auf die Zahnoberfläche auftreffen, wird Zahnhartsubstanz „abradiert“. Die resultierende Kavität ist naturgemäß abgerundet. Die AirAbrasion wird auch als Hilfsmittel zur Diagnose der Grübchen- und Fissurenkaries empfohlen [31].

Speziell im Rahmen der minimal-invasiven Zahnheilkunde hat diese Art der Kavitätenpräparation an Popularität gewonnen. Als Vorteile gelten insbesondere die weitestgehende Schmerzfreiheit und damit die Möglichkeit, auf eine Lokalanästhesie verzichten zu können sowie die Schaffung kleinster Kavitäten [32, 33]. Die AirAbrasion soll auch mit einem geringerem mechanischen und thermischen Trauma der Pulpa verbunden sein [34]. Als Nachteil dieses Verfahrens gilt die mangelnde taktile Kontrolle. Ferner ist es kaum möglich, stark erweichtes Gewebe zu entfernen. Die Geräte sind auch nicht einfach handzuhaben: Tiefe und Umriss der Kavität hängen sehr davon ab, wie weit die Öffnung von der Zahnoberfläche entfernt ist und in welchem Winkel diese auf den Zahn gerichtet wird. Die AirAbrasion resultiert generell in Kavitäten, die in allen Bereichen abgerundet sind [35–38]. Die Kavität wird umso breiter, je weiter entfernt die Öffnung von der Zahnoberfläche ist, die Tiefe hängt wesentlich vom Winkel zwischen Spitze des Gerätes und Zahnoberfläche ab [37, 38]. Optimale Ergebnisse lassen sich deshalb nur bei genauer Beachtung dieser Parameter erzielen [35, 36]. Die AirAbrasion verbessert nicht die Adhäsion mit dem Dentin, da sich eine Schmierschicht bildet [39–42]. Auch wird dadurch nicht die Säure-Ätztechnik ersetzt oder die Randständigkeit verbessert [39–45]. Allerdings kann die mechanische Retention durch die Schaffung einer raueren Oberfläche auf Metall, Komposit oder Keramik erhöht werden [46–49]. Moderne AirAbrasions-Geräte bestehen lediglich aus einem Handstück. Das RONDOflex 2013 (KaVo) ist hierfür ein Beispiel. Es ist mit vier verschiedenen großen Spitzen erhältlich, die in verschiedenen Winkeln je nach Anwendungsbereich eingesetzt werden können.

6.2 SonicSys [50,51]

Das SonicSys-System basiert auf oszillierenden, diamantierten Ansätzen oder Feilen, die zur Exkavation und minimal-invasiven Kavitätenpräparation verwendet werden können. Die Ansätze sind in verschiedenen Formen und Grö-



Abbildung 2 Die SonicSys-Ansätze (KaVo) reduzieren das Verletzungsrisiko benachbarter approximaler Flächen



Abbildung 3
Fissurenversiegelung:
A) Zustand vor der
Behandlung,
B) Okklusallansicht
nach dem Anätzen,
C) Zustand nach
Versiegelung

ßen erhältlich, wobei eine Seite zum Schutz des Nachbarzahnes unbelegt ist (Abb. 2). Das SonicSys-System arbeitet mit einer Frequenz von 28,5–32,5 kHz, die Größe der Körnung der Diamantierung beträgt 50 bis 70 µm. Die Ansätze präparieren eine Kavität mit vorgegebener Größe und Form. Dadurch ist es möglich, vorgefertigte Keramikinserts zur Füllung zu verwenden. Ein wesentlicher Vorteil dieses Systems ist die geringere Gefahr der iatrogenen Verletzung gesunder Nachbarzähne sowie die Möglichkeit, kleine zahnhartsubstanzschonende Kavitäten mit definierten Umrissen und Formen zu präparieren [52]. Weniger geeignet ist das SonicSys jedoch bei großen Defekten. Von Nachteil ist auch der meist höhere Zeitaufwand im Vergleich zu rotierenden Instrumenten. Optimale Ergebnisse erreicht man allerdings erst nach ausreichender Übung.

7 Wann sollte man eine okklusale Läsion behandeln?

Die Effizienz von Fissurenversiegelungen zur Kariesprävention wurde von verschiedenen Autoren beschrieben (Abb. 3, 4) [53–55]. Allerdings ist das Risiko einer Karies bei Versiegelung dann gegeben, wenn die Adhäsion des Materials in der Fissur aufgrund einer Kontamination mit Speichel, beispielsweise bei unzureichender Isolation des Zahnes, schlecht ist. Zudem erschweren die komplexe Morphologie der Fissuren und Grübchen und die noch unzureichenden diagnostischen Möglichkeiten oft die Entscheidung, ob man in Zweifelsfällen (z. B. verfärbte Fissur) abwarten, versiegeln oder „invasiv“ behandeln sollte. In vielen Fällen wird entschieden, alle fraglichen Fissuren „präventiv“ zu restaurieren, obwohl die Effizienz der prophylaktischen Versiegelung deutlich gezeigt werden konnte [56, 57].

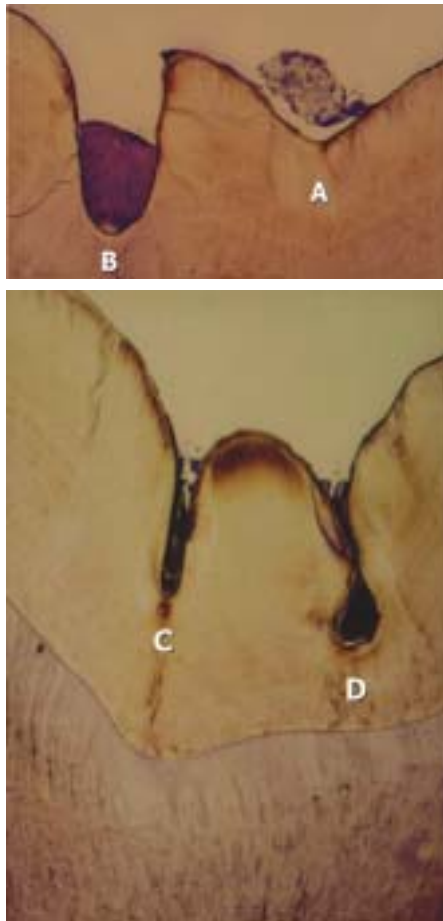


Abbildung 4
Die häufigsten Fissurenformen:
A) muldenförmig,
B) trichterförmig,
C) spaltförmig,
D) ampullenförmig

Die Möglichkeit, initiale Läsionen immer früher zu diagnostizieren, erlaubt auch eine frühzeitigere Intervention. Allerdings gilt es nach *White* et al. und *Peters* et al. zu bedenken, dass allein eine frühere Kariesdiagnose noch lange nicht bedeutet, dass man nun alle fraglichen Fissuren auf der Suche nach einer versteckten Karies eröffnen sollte [1, 2]. Dies konnte in einer klinischen Studie von *Hamilton* und Mitarbeitern nachgewiesen werden. Patienten mit fraglichen, verfärbten Fissuren, die aber keine oberflächliche Karies aufwiesen (keine Entkalkung, Kavitation oder erweichte Stellen in der Fissur oder dem Grübchen) wurden in die Untersuchung einbezogen. Die Zähne wurden randomisiert einer Behandlungs- bzw. Kontrollgruppe zugeordnet. Die Studie zeigte, dass eine frühzeitige Intervention bzw. Eröffnung verfärbter Fissuren und Grübchen nicht zu empfehlen ist, da sich nach dem initialen einjährigen Untersuchungszeitraum in der „Behandlungsgruppe“ kein klinischer Vorteil gegenüber der nicht behandelten Kontrollgruppe ergab [58]. Nach einem Zweijahreszeitraum folgerten die Autoren, dass eine frühzeitige Therapie keinen signifikanten Erhalt an Zahnhartsubstanz zur Folge hat. Zudem ist zu bedenken, dass eine Frühbehandlung die Möglichkeit zur Remineralisation einer Initiailläsion verbaut [59].

An dieser Stelle sei noch einmal erwähnt, dass die Kariesrisikobestimmung von ausschlaggebender Bedeutung ist, speziell dann, wenn man über eine frühzeitige Behandlung entscheiden muss. Dies ist sicherlich der entscheidende Faktor für die Prognose einer Initiailläsion, d. h., deren Potential zur Remineralisation oder dem Fortschreiten der Demineralisation bis hin zur Kavität.

8 Substanzschonende Behandlung bei okklusaler Karies

Bei Patienten, die mehrere verfärbte Okklusalfächen aufweisen, ist die vorsichtige Eröffnung einer Fissur im Sinne einer „Fissurenplastik“ durchaus eine Option, um dadurch eine direkte visuelle Inspektion und Diagnose vornehmen zu können. Falls der fragliche Zahn bereits kariös ist, werden die übrigen verfärbten Zähne mit großer Wahrscheinlichkeit ebenfalls eine Karies aufweisen. Eine Behandlung unter bestmöglicher Schonung der gesunden Zahnhartsubstanz ist dann die beste Option für diesen Patienten. Solche Patienten weisen dementsprechend ein höheres Kariesrisiko auf und sind damit nicht nur „anfällig“ für ein Fortschreiten der Demineralisationen, sondern auch die Entstehung neuer Läsionen [3].

Erweist sich allerdings nach vorsichtiger Eröffnung die Fissur als kariesfrei, sollte diese und alle anderen Zähne mit verfärbter Okklusalfäche versiegelt und regelmäßig kontrolliert werden. *Peters* und *McLean* schlagen in diesem Zusammenhang vor, die Fissuren vor der Versiegelung intensiv mit einer spitzen Bürste und reichlich Wasser zu reinigen, um Reste von Polier- oder Prophylaxepasten am Boden der Fissur möglichst vollständig zu entfernen [22]. Es sei darauf hingewiesen, dass eine gute Isolation (Kofferdam) ausschlagend für den Erfolg einer Fissurenversiegelung ist. Um die Retention des Versiegelungskunststoffes zu verbessern und die Randadaptation zu verbessern, empfiehlt es sich, ein Bonding Agent vor dem Auftragen des Versieglers zu applizieren [60]. Nach *Anusavice* ist einer der wichtigsten Gesichtspunkte der präventiven Zahnheilkunde, invasive Eingriffe so lange wie möglich hinauszuschieben [61].

Sollte jedoch ein konservativer Eingriff erforderlich sein, ist die sog. „präventive Kunststoff-Füllung“ („Preventive Resin Restoration“) oder besser gesagt eine „ultra-konservative Kunststoff-Restaurations“ die Methode der Wahl, um verfärb-



Abbildung 5
„Präventive“ Kunststoff-Füllung:
A) verfärbte okklusale Fissur,
B) Präparation mit Hilfe eines kleinen Hartmetall-Rosenbohrers,
C) fertige Füllung mit einem Dentinadhäsiv und einem fließfähigen Komposit

te und/oder demineralisierte Zahnhartsubstanz in Fissuren und Grübchen zu entfernen bzw. zu therapieren (Abb. 5) [62, 63]. Hierzu werden die Fissuren mit sehr kleinen Hartmetall- oder Diamantbohrern vorsichtig erweitert, um zunächst eine visuelle Kontrolle vornehmen zu können und Zugang für die Entfernung der Karies zu haben. Nachdem man die Fissuren eröffnet hat, wird angeätzt, ein Primer aufgetragen und der Zahn mit einem fließfähigen Komposit restauriert (Abb. 5).

Die Verwendung eines Primers vor dem Applizieren des Komposits bewirkt, dass dieses besser in enge und tiefe Bereiche der präparierten Fissur fließt. Der Einschluss von Luftblasen in der Tiefe der Fissur sollte möglichst vermieden, obwohl dies nicht völlig zu vermeiden ist. Hierzu eignet sich beispielsweise die Sondenspitze, die man vorsichtig während des Auftragens der niedrig viskosen Komposits durch die Fissur zieht, so dass der Kunststoff besser einfließt und sich an die engen Fissurenwände anlagern kann. Das fließfähige Komposit sollte wie die konventionellen Hybridmaterialien für mindestens 40 Sekunden mit der Kunststoff-Polymerisationsleuchte bestrahlt werden. Eine kürzere Bestrahlungsdauer könnte trotz des geringeren



Abbildung 6
Kombination einer „ultra-konservativen“, defektspezifischen Füllung aus einem Kunststoff-modifizierten Glasionomerzement (rmGIZ) und einem Versiegelungskunststoff:
A) Ausgangszustand; fehlgeschlagene Fissurenversiegelung mit Sekundärkaries im distalen Bereich,
B) Entfernung des verbliebenen Versiegelungsmaterials und ausschließliche Exkavation des kariösen Schmelzes und Dentins. Entmineralisierter angrenzender Schmelz wurde nicht entfernt,
C) fertige Restauration im distalen Bereich der Fissur mit einem rmGIZ und Versiegelung der restlichen Fissur mit einem Kunststoff

Fülleranteils die Polymerisation der Restauration beeinträchtigt [29].

Nicht selten weist nur ein geringer Anteil der Fissur eine tiefere Karies auf. In diesen Fällen sollte man nur dieses Areal exkavieren und somit defektspezifisch vorgehen. Dieser begrenzte exkavierte Anteil der Fissur wird dann mit einem Hybridkomposit gefüllt. Der Rest der Fissur wird dann in Abhängigkeit von der Anatomie zusätzlich mit einem fließfähigen Komposit oder einem Versiegelungskunststoff versorgt (Abb. 6). Abbildung 7 veranschaulicht verschiedene Kombinationen bei der Behandlung einer okklusale Karies unter Anwendung der ultrakonservativen, defektbezogenen Kavitätenpräparation.

9 Wann sollte man proximale Läsionen restaurieren?

Es sei auch hier darauf hingewiesen, dass man auch bei approximalen Läsionen mit weitgehend intakter Oberfläche an allererster Stelle eine Remineralisation versuchen sollte. *Tyas et al.* empfehlen, eine Restauration approximaler Läsionen erst dann in Erwägung zu ziehen, wenn sich

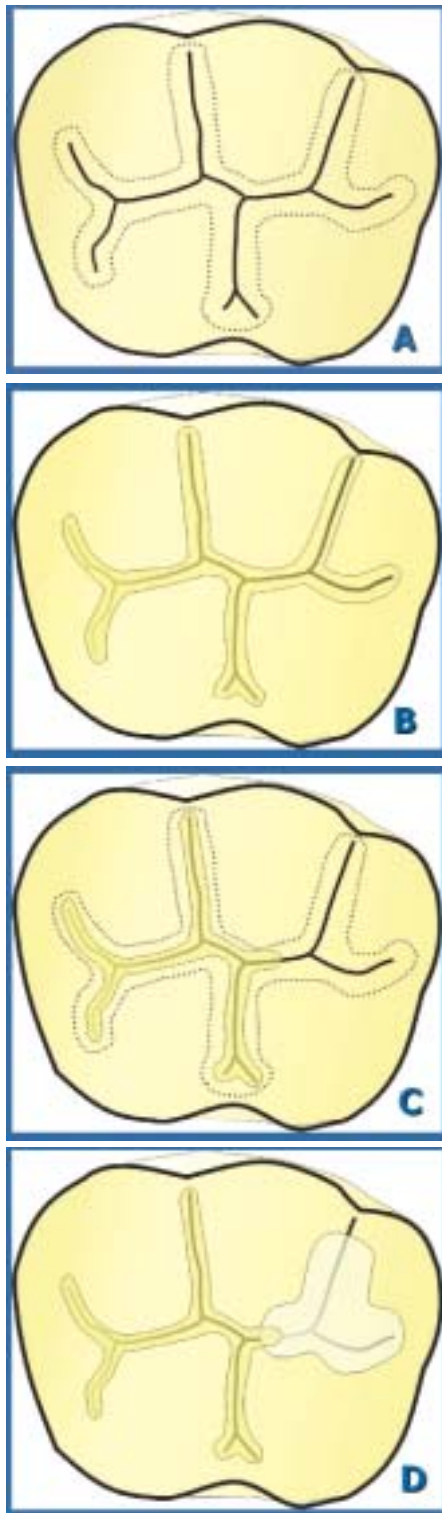


Abbildung 7
 Verschiedene Behandlungsmöglichkeiten bei „ultra-konservativen“, defektbezogenen Kavitätenpräparationen:
A) Fissurenversiegelung,
B) „präventive“ Kunststoff-Füllung,
C) präventive Kunststoff-Füllung kombiniert mit einer Fissurenversiegelung,
D) Kompositrestauration kombiniert mit einer präventiven Kunststoff-Füllung

diese röntgenologisch als Klasse D2-Defekte darstellen, während der „traditionelle“ Ansatz ein invasives Vorgehen ab E2 empfiehlt (Abb. 8) [3]. Eine Studie von *Pitts* und *Rimmer* ergab, dass nur 3% aller bleibenden Zähne eine eingebrochene Oberfläche aufweisen, sobald sich röntgenologisch eine Aufhellung an der Schmelz-Dentingrenze zeigt. Die Wahrscheinlichkeit einer Kavitation steigt auf 10% bis 41%, wenn sich die Läsion bis in die D2-Region erstreckt [64]. Erreicht man eine deutliche Verschiebung des Mundhöhlenmilieus hin zu einem niedrigeren Kariesrisiko, kann es zudem Jahre dauern, bevor die Läsion weiter fortschreitet.

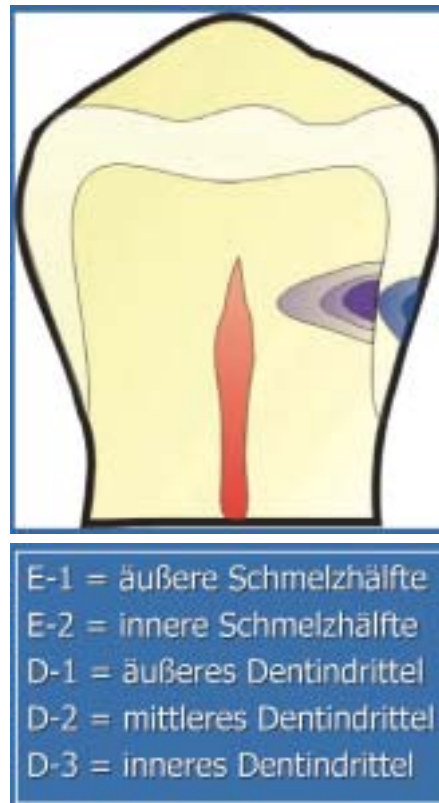


Abbildung 8
 Kariesklassifikation aufgrund der Ausdehnung der Läsion [3]

Ist bereits eine Kavität vorhanden, muss restauriert werden, um einer ständigen Plaqueakkumulation vorzubeugen. Ist jedoch eine Kavitation fraglich, kann man eine approximale Versiegelung vornehmen (siehe unten) oder fluoridieren und so die Integrität der Oberfläche der Läsion erhalten.

10 Substanzschonende Behandlung bei approximaler Karies

Approximale entmineralisierte Schmelzoberflächen erscheinen rauer als gesunde Substanz. Allerdings sollte dies nicht sofort Anlass geben zu restaurieren. Zuerst sollte man eine Remineralisationstherapie in Erwägung ziehen. Sollte die Oberfläche deutlich aufgeraut sein und damit leicht Plaque retinieren, ist die Verwendung eines Kunststoffversieglers eine gute Alternative zur Füllung. In diesem Zusammenhang empfiehlt *Ngo*, kieferorthopädische Gummiringe um den Zahn zu legen und ihn damit von den Nachbarzähnen zu separieren. Nach 24 Stunden ist der Zahn separiert, man kann nun durch den direkten Zugang die Läsion wesentlich besser kontrollieren und ein Versiegelungsmaterial oder einen Fluoridierungslack applizieren (*Ngo*, persönliche Mitteilung).

Bei vorhandener Kavität muss nicht zwangsweise eine „traditionelle“ Kavität nach *Black* unter Berücksichtigung der Umriss-, Widerstands- und Retentionsform präpariert werden. Auch proximale Kavitäten sollten defektorientiert präpariert werden. Zielsetzung der Präparation ist vor allem, Zugang zum Defekt zu erhalten und kariösen Schmelz und Dentin entfernen zu können. Unterminierter Schmelz kann belassen werden, es sei denn man befürchtet, dass sehr fragile Schmelzbereiche während der Füllung brechen würden. Ansonsten wird dünner Schmelz durch den adhäsiv verankerten Füllungskunststoff stabilisiert.

Möglicherweise unterminiert eine proximale Läsion den Randwulst. Dies muss bei der Präparation berücksichtigt werden. Man sollte versuchen, die Füllungsrande so zu

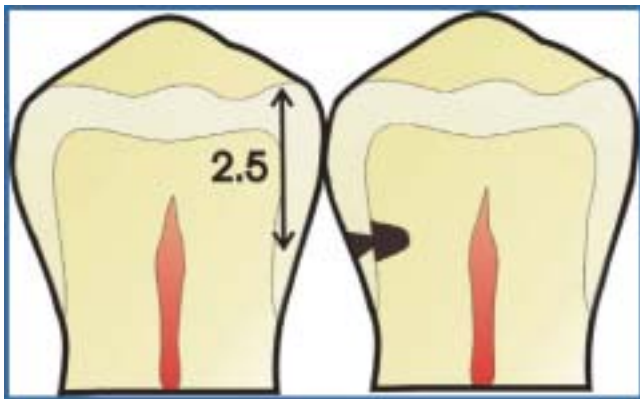


Abbildung 9 Tunnelpräparation: Falls die kariöse Läsion 2,5 mm apikal vom Randwulst liegt, kann eine Tunnelpräparation unter Erhalt des Randwulstes durchgeführt werden

platzieren, dass sie nicht in okklusalen Kontaktbereichen liegen und damit weniger belastet werden [3].

Es werden zwei Alternativen vorgeschlagen, um Zugang zu einer approximalen Läsion zu erhalten. Die „Tunnelpräparation“ eröffnet die Läsion in schräger Richtung ausgehend von einem okklusalen Grübchen in der Nähe des Randwulstes. Dieses Vorgehen wird nur dann empfohlen, wenn der Defekt ca. 2,5 mm apikal vom Randwulst liegt (Abb. 9). Hauptvorteil der Tunnelpräparation ist, dass der Randwulst erhalten bleibt (Abb. 10). *Tyas* et al. schlagen vor, den brüchigen Schmelz, der die Kavität umgibt, vorsichtig zu entfernen. Allerdings sollte seiner Meinung nach nicht der gesamte demineralisierte Schmelz exkaviert werden, da dieser möglicherweise noch remineralisiert werden könnte [3]. Als weitere Vorteile der Tunnelpräparation gelten, dass eine

iatrogene Beschädigung der intakten Oberfläche des benachbarten Zahnes verhindert wird und der approximale Kontakt zum Nachbarzahn erhalten bleibt [2, 3].

Wesentliche Nachteile der Tunnelpräparation sind die mangelnde visuelle Kontrolle und der erschwerte Zugang für Instrumente durch den „Tunnel“. Auch bei Verwendung kleinstmöglicher Instrumente wird eine vollständige Entfernung kariösen Dentins in kleinen Kavitäten kaum möglich sein. Zudem kann bei etwas unvorsichtigem Exkavieren der Randwulst einbrechen.

Zur Füllung einer Tunnelkavität wird nach Anlegen und Verkeilen eines Matrizenbandes (Abb. 10 a) ein konventioneller GIZ in die tiefsten Bereiche eingebracht, da dessen chemische Abbindung eine vollständige Härtung zur Folge hat, eine gewisse Adhäsion an die Zahnhartsubstanz erfolgt und der GIZ Fluorid freisetzt, das möglicherweise die Remineralisation angrenzenden entmineralisierten Schmelzes begünstigt. Die Verwendung lichthärtender Materialien könnte hingegen wegen der Unzugänglichkeit des Defektes eine unvollständige Polymerisation zur Folge haben. Der okklusale Bereich der Kavität wird dann wegen der wesentlich besseren Abrasionsfestigkeit mit einem Hybridkomposit gefüllt (Abb. 10 b).

Eine Modifikation stellt die „interne“ oder „partielle“ Tunnelpräparation dar, bei der die teils demineralisierte Schmelzoberfläche nicht entfernt wird, um eine Remineralisation zu erreichen. Ein solches Vorgehen empfiehlt sich lediglich, wenn bereits eine kleine okklusale Kavität vorhanden ist. Allerdings muss man sagen, dass Tunnelpräparationen technisch sehr schwierig sind und einige Erfahrung erfordern. Man hat festgestellt, dass die Lebensdauer der Restaurationen direkt mit der Erfahrung des Behandlers und dem Kariesrisikograd des Patienten korreliert [65].

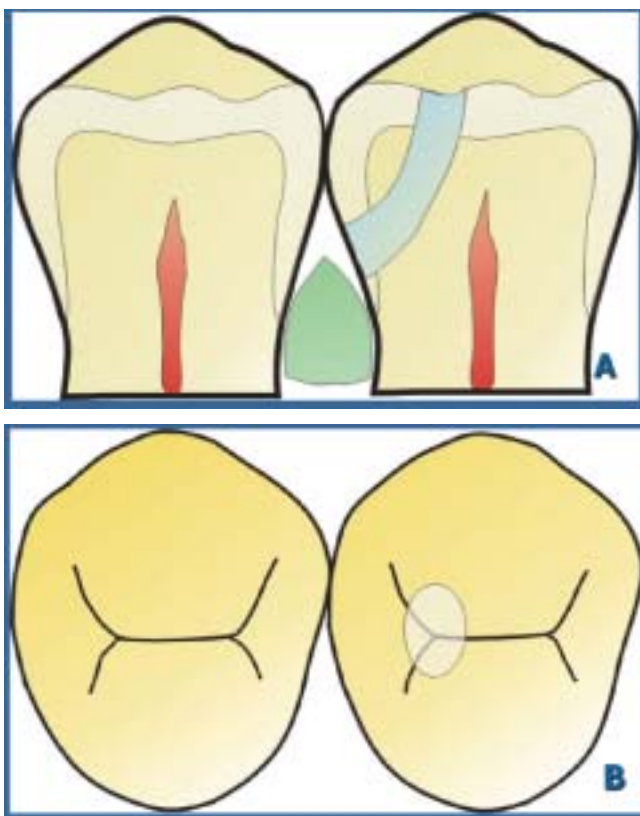


Abbildung 10 Tunnelpräparation: A) die initiale Eröffnung nimmt man durch das direkt am Randwulst liegende Grübchen vor, ein Matrizenband wird angelegt und verkeilt, bevor die Kavität gefüllt wird, B) der Randwulst bleibt erhalten und wird durch die Verwendung eines adhäsiven Materials stabilisiert.

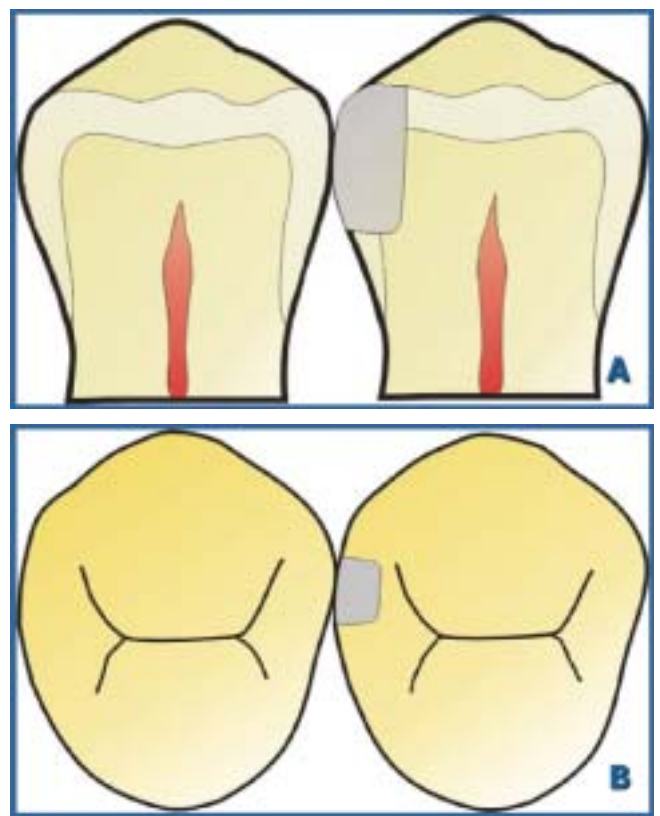


Abbildung 11 Die „Minibox“- oder „Slot“-Präparation: Wenn die kariöse Läsion weniger als 2,5 mm unterhalb des Randwulstes liegt, ist eine Minislot-Präparation indiziert, um so Zugang zur Läsion zu bekommen und gleichzeitig einen Großteil des Randwulstes zu erhalten: A) Querschnitt, B) Okklusalansicht

Die zweite, substanzschonende Möglichkeit zur Restauration approximaler Defekte, speziell solcher, die weiter koronal liegen, ist die „Minibox“ oder „Slotpräparation“ (Abb. 11). Hierzu wird eine kleiner, konischer Diamant verwendet, um so Zugang zur Läsion durch den Randwulst zu erhalten. Es wird empfohlen, den Randwulst so weit wie möglich zu belassen. In einigen Fällen ist es sogar möglich, den approximalen Kontakt teilweise zu erhalten. Es ist nicht notwendig, die Fissur einzubeziehen oder die Präparation bis in den gesunden Schmelz auszudehnen. Zur Füllung einer „Slotkavität“ empfiehlt man GIZ oder ein Komposit. Bei größerer okklusaler Belastung der Füllung sollte jedoch generell ein Hybridkomposit verwendet werden.

11 Liegedauer von Restaurationen bei substanzschonender Kavitätenpräparation

McComb beschreibt in einer ausführlichen Übersicht zur substanzschonenden Behandlung kariöser Läsionen, dass Tunnelrestaurationen im Vergleich zu Füllungen nach einer Minislotpräparation deutlich schlechter sind. Hauptgründe für den Fehlschlag von Tunnelrestaurationen waren ein Kariesrezidiv sowie Randspalten, Hohlräume und Oberflächendefekte in der Füllung. Andererseits gibt es bislang nur wenige Daten zur Effizienz von approximalen Slotrestaurationen. Die Schlussfolgerung der Übersicht war, dass ein Hartsubstanz-schonendes Vorgehen per se noch keine längere Liegedauer der Füllungen garantiert [66]. Zudem meinen *Nicolaisen et al.*, dass man die Tunnelrestauration lediglich als „semi-permanente“ Füllung betrachten kann, vorausgesetzt sie wird von einem sehr erfahren und sorgfältigen Behandler vorgenommen und der Patient weist ein geringes Kariesrisiko auf. Grund für diese sehr negative Einschätzung ist, dass diese Autoren geringe, mittelfristige Überlebensraten solcher Füllungen von 90 % nach drei Jahren und lediglich 35 % nach fünf Jahren fanden [65].

All diese Daten zeigen, dass die richtige und sorgfältige Abschätzung des Einzelfalles von ausschlaggebender Bedeutung für den Erfolg zahnhartsubstanzschonender Behandlungsformen ist. Auch wenn moderne adhäsive Füllungsmaterialien ein wesentlich konservativeres Vorgehen bei hervorragendem ästhetischem Erscheinungsbild erlauben, sind sie aufgrund ihrer begrenzten physikalischen Eigenschaften und Dauerhaftigkeit kein Allheilmittel.

12 Schlussfolgerungen

Das zunehmende Wissen um die dynamische Natur der Karies (Demineralisation-Remineralisation) und Fortschritte auf dem Gebiet der Karies-Frühdiagnose erlauben es heute, wesentlich zahnhartsubstanzschonender bei der Behandlung kariöser Läsionen vorzugehen. Moderne adhäsive Materialien und neue innovative Instrumente ermöglichen es uns, Restaurationen bei minimaler Entfernung von Schmelz und Dentin vorzunehmen. Die Gestaltung der Kavität und die Auswahl des Füllungsmaterials beeinflussen wesentlich die Qualität der Füllung. Aber die Liegedauer der Restauration wird nach wie vor von der richtigen Wahl der Therapie und des Materiales sowie der bestmöglichen Einschätzung des individuellen Kariesrisikos bestimmt. Dringend notwendig wären deshalb prospektive, klinische Langzeitstudien. Diese würden uns helfen, den Stellenwert der neuen Behandlungskonzepte einzuschätzen. Solchen Untersuchungen sollte absolute Priorität eingeräumt werden.

Literatur

- White, J. M., Eakle, W. S.: Rationale and treatment approach in minimally invasive dentistry. *J Am Dent Assoc* 131,135 – 195 (2000).
- Peters, M. C., McLean, M. E.: Minimally Invasive Operative Care. I. Minimally intervention and concepts of minimally invasive cavity preparations. *J Adhesive Dent* 3, 7 – 16 (2001).
- Tyas, M. J., Anusavice, K. J., Frencken, J. E., Mount, G. J.: Minimal intervention dentistry-a review. FDI Commission Project 1-97. *Int Dent J* 50, 1 – 12 (2000).
- Lasfargues, J. J., Kaleka, R., Louis, J. J.: A new system of minimally invasive preparations: the Si/Sta concept. Adhesion. The silent revolution in Dentistry. Quintessence Publ., Chicago-USA 2000, S. 108 – 151.
- National Institute of Dental Research. Oral Health of United States Children. National Survey of Dental Caries in U.S. school children 1986-1987. Washington, D.C.: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health; 1989. National Institutes of Health publication 89 – 2247.
- Lussi, A.: Methoden zur Diagnose und Verlaufsdiaagnose der Karies. *Dtsch Zahnärztl Z* 53, 175 – 182 (1998)
- Christensen, G. J.: Dental radiographs and caries: a challenge. *J Am Dent Assoc* 127, 792 – 793 (1996).
- Pitts, N. B., Rimmer, P. A.: An in vivo comparison of radiographic and directly assessed clinical caries status of posterior approximal surfaces in primary and permanent teeth. *Caries Res* 26, 146 – 152 (1992).
- Penning, C., van Amerongen, J. P., Seef, R. E., ten Cate, J. M.: Validity of probing for fissure caries diagnosis. *Caries Res* 26, 445 – 449 (1992).
- Ekstrand, K., Qvist, V., Thylstrup, A.: Light microscopy study of the effect of probing in occlusal surfaces. *Caries Res* 21, 368 – 374 (1987).
- Hamilton, J. C., Dennison, J. B., Stoffers, K. W., Welch, K. B.: A clinical evaluation of air-abrasion treatment of questionable carious lesions. *J Am Dent Assoc* 132, 762 – 769 (2001).
- Anderson, M. H., Bales, D. J., Omnell, K. A.: Modern Management of dental caries: the cutting edge is not the dental bur. *J Am Dent Assoc* 124, 37 – 44 (1993).
- Bader, J. D., Brown, J. P.: Dilemmas in caries diagnosis. *J Am Dent Assoc* 124, 48 – 50 (1993).
- Chan, D. C. N.: Current methods and criteria for caries diagnosis in North America. *J Dent Educ* 56, 422 – 427 (1993).
- Pitts, N.: Current methods and criteria for caries diagnosis in Europe. *J Dent Educ* 57, 409 – 413 (1993).
- Weerheijm, K. L., Gruythuysen, R. J. M., van Amerongen, W. E.: Prevalence of hidden caries. *J Dent Child* 59, 408 – 412 (1992).
- Lussi, A.: Comparison of different methods for the diagnosis of fissure caries without cavitation. *Caries Res* 27, 409 – 416 (1993).
- Featherstone, J. D. B.: The caries balance: contributing factors and early detection. *J Cal Dent Assoc* 31, 129 – 133 (2003).
- Mount, G. J., Hume, W. R.: A revised classification of carious lesions by site and size. *Quintessence Int* 28, 30 – 303 (1997).
- Buonocore, M. G.: Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 34, 849 – 853 (1955).
- Osborne, J. W., Summit, J. B.: Extension for prevention: is it relevant today? *Am J Dent* 11, 189 – 196 (1998).
- Peters, M. C., McLean, M. E.: Minimally Invasive Operative Care. II. Minimally invasive techniques and materials: an overview. *J Adhesive Dent* 3, 17 – 31 (2001).
- Albers, H. F.: Tooth-Colored Restoratives: An introductory text for selecting, placing and finishing direct systems, 8th ed. Santa Rosa-USA, Alto Books 1996.
- Summitt, J. B., Robbins, J. W., Schwartz, R. S.: Fundamentals of Operative Dentistry: A contemporary approach, 2nd ed. Quintessence, Carol Stream 2001.
- Craig, R. G., Powers, J. M.: Restorative Dental Materials, 11th ed. Mosby, St. Louis 2002.
- Burgess, J. O., Walker, R., Davidson, J. M.: Posterior resin-based composite: review of the literature. *Pediatr Dent* 24, 465 – 479 (2002).
- Bayne, S. C., Thompson, J. Y., Swift, E. J., Stamatiades, P., Wilkerson, M.: A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc* 129, 567 – 575 (1998).
- The Dental Advisor, Vol 17, No. 10, 2000.
- Behle, C.: Flowable composites: properties and applications. *Pract Periodont Aesthet Dent* 10, 347 – 351 (1998).
- Katoh, Y., Sunico, M., Medina III, V., Shinkai, K.: Newly-developed diamond points for conservative operative procedures. *Oper Dent* 26, 76 – 80 (2001).
- Goldstein, R. E., Parkins, F. M.: Using air-abrasive technology to diagnose and restore pit and fissure caries. *J Am Dent Assoc* 126, 761 – 776 (1995).
- Berry, E. A. 3rd, Eakle, W. S., Summit, J. B.: Air abrasion: an old technology reborn. *Compend Contin Dent Educ* 20, 751 – 759 (1999).
- Rafique, S., Fiske, J., Banerjee, A.: Clinical trial of an air-abrasion/chemomechanical operative procedure for the restorative treatment of dental patients. *Caries Res* 37, 360 – 364 (2003).
- Reyto, R.: Lasers and air abrasion. New modalities for tooth preparation. *Dent Clin North Am* 45, 189 – 206 (2001).
- Santos-Pinto, L., Peruchi, C., Marker, V. A., Cordeiro, R.: Effect of handpiece tip design on the cutting efficiency of an air abrasion system. *Am J Dent* 14, 397 – 401 (2001).
- Santos-Pinto, L., Peruchi, C., Marker, V. A., Cordeiro, R.: Evaluation of cutting patterns produced with air-abrasion systems using different tip designs. *Oper Dent* 26, 308 – 312 (2001).
- Laurell, K. A., Hess, J. A.: Scanning electron micrographic effects of air-abrasion cavity preparation on human enamel and dentin. *Quintessence Int* 26, 139 – 144 (1995).
- Boston, D. W., Alperstein, K. S., Boberick, K.: Cavosurface margin geometry in conventional and air abrasion Class V cavity preparations. *Am J Dent* 10, 97 – 101 (1997).

39. Rinaudo, P. J., Cochran, M. A., Moore, B. K.: The effect of air abrasion on shear bond strength to dentin with dental adhesives. *Oper Dent* 22, 254–259 (1997).
40. Jahn, K. R., Geitel, B., Kostka, E., Wischnewski, R., Roulet, J. F.: Tensile bond strength of composite to air-abraded enamel. *J Adhes Dent* 1, 25–30 (1999).
41. Cehreli, Z. C., Yazici, A. R., Akca, T., Ozgunaltay, G.: A morphological and micro-tensile bond strength evaluation of a single-bottle adhesive to caries-affected human dentine after four different caries removal techniques. *J Dent* 31, 429–435 (2003).
42. Yazici, A. R., Ozgunaltay, G., Dayangac, B.: A scanning electron microscopic study of different caries removal techniques on human dentin. *Oper Dent* 27, 360–366 (2002).
43. Hannig, M., Fu, B.: Effect of air abrasion and resin composite on microleakage of Class V restorations bonded with self-etching primers. *J Adhes Dent* 3, 265–272 (2001).
44. Setien, V. J., Cobb, D. S., Denehy, G. E., Vargas, M. A.: Cavity preparation devices: effect on microleakage of Class V resin-based composite restorations. *Am J Dent* 14, 157–162 (2001).
45. Corona, S. A., Borsatto, M., Dibb, R. G., Ramos, R. P., Brugnera, A., Pecora, J. D.: Microleakage of class V resin composite restorations after bur, air-abrasion or Er:YAG laser preparation. *Oper Dent* 26, 491–497 (2001).
46. Kupiec, K. A., Wuertz, K. M., Barkmeier, W. W., Wilwerding, T. M.: Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite-to-porcelain repair. *J Prosthet Dent* 76, 119–124 (1996).
47. Coelho, C. M., Rubo, J. H., Pegoraro, L. F.: Tensile bond strength of a resinous cement to a nickel-chromium alloy modified with five surface treatments. *J Prosthet Dent* 76, 246–249 (1996).
48. Ozcan, M., Vallittu, P. K.: Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater* 19, 725–731 (2003).
49. Oztas, N., Alacam, A., Bardakcy, Y.: The effect of air abrasion with two new bonding agents on composite repair. *Oper Dent* 28, 149–154 (2003).
50. Krejci, I., Dietschi, D., Lutz, F. U.: Principles of proximal cavity preparation and finishing with ultrasonic diamond tips. *Pract Periodont Aesthet Dent* 10, 295–298 (1998).
51. Kavo Sonicsys Technical Bulletin 1996; DMI PR-No. 8542/XI. 97 USA.
52. Opdam, N. J., Roeters, J. J., van Berghem, E., Eijssvogels, E., Bronkhorst, E.: Microleakage and damage to adjacent teeth when finishing Class II adhesive preparations using either a sonic device or bur. *Am J Dent* 15, 317–320 (2002).
53. Buonocore, M. G.: Caries prevention in pits and fissures sealed with an adhesive resin polymerized by ultra-violet light: a two-year study of a single adhesive application. *J Am Dent Assoc* 82, 1090–1093 (1971).
54. McCune, R. J., Horowitz, H. S., Hiefert, S. B., Cvar, J.: Pit and fissure sealants: one year results from a study in Kalispell, Montana. *J Am Dent Assoc* 87, 1177–1180 (1973).
55. Rock, W. P.: Fissure Sealants: results obtained with two different sealants after one year. *Br Dent J* 133, 146–151 (1974).
56. Goldstein, R. E., Parkins, F. M.: Using air-abrasive technology to diagnose and restore pit and fissure caries. *J Am Dent Assoc* 126, 761–776 (1995).
57. Mertz-Fairhurst, E. J., Schuster, G. S., Fairhurst, C. W.: Arresting caries by sealants: results of a clinical study. *J Am Dent Assoc* 112, 194–197 (1986).
58. Hamilton, J. C., Dennison, J. B., Stoffers, K. W., Welch, K. B.: A clinical evaluation of air-abrasion treatment of questionable carious lesions. *J Am Dent Assoc* 132, 762–769 (2001).
59. Hamilton, J. C., Dennison, J. B., Stoffers, K. W., Gregory, W. A., Welch, K. B.: Early treatment of incipient carious lesions. A two-year clinical evaluation. *J Am Dent Assoc* 133, 1643–1651 (2002).
60. Feigal, R. J.: Sealants and preventive resin restorations: review of effectiveness and clinical changes for improvement. *Pediatr Dent* 20, 85–92 (1998).
61. Anusavice, K. J.: Preservative Dentistry: The standard of care for the 21st century. *J Pub Health Dent* 55, 67–68 (1995).
62. Simonsen, R. J., Stallard, R. E.: Sealant restorations utilizing a diluted filled resin: one year results. *Quintessence Int* 6, 77–84 (1977).
63. Simonsen, R. J.: Preventive resin restorations: three year results. *J Amer Dent Assoc* 100, 535–539 (1980).
64. Pitts, N. B., Rimmer, P. A.: An in vivo comparison of radiographic and directly assessed clinical caries status of posterior approximal surfaces in primary and permanent teeth. *Caries Res* 26, 146–152 (1992).
65. Nicolaisen, S., von der Fehr, F. R., Lunder, N., Thomsen, I.: Performance of tunnel restorations at 3-6 years. *J Dent* 28, 383–387 (2000).
66. McComb, D.: Systematic review of conservative operative caries management strategies. *J Dent Educ* 65, 1154–1161 (2001).

■ Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. W. Geurtsen
 Division of Operative Dentistry
 Department of Restorative Dentistry
 Box 357456
 University of Washington
 Seattle, WA, 98195-7456, USA.
 e-mail: wger@u.washington.edu