

Oszillierende Verfahren in der Präparations-technik (Teil I)

Entwicklung und Anwendungsmöglichkeiten

Korrespondenzadresse:

Dr. Burkard Hugo, Klinik und Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität, Pleicherwall 2, 97070 Würzburg

Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
(Direktor: Prof. Dr. B. Klaiber), Universität Würzburg

Dtsch Zahnärztl Z 52 (1997) 0
© Carl Hanser Verlag, München

(Texte français voir page 154)

Mit einem neuentwickelten, hochfrequent schwingenden Präparationssystem (Sonicys) – bestehend aus einem modifizierten Airscaler und verschiedenen Arbeitsansätzen – können Kleinstkavitäten zur Erstversorgung approximaler Läsionen mit defektbezogener, individueller Extension erzeugt werden. Das niedrigfrequent oszillierende «EVA-System» kann zur Präparation von approximalen Abschrägungen, der Randfinierung von Klasse-II-Kastenkavitäten und dem Randfinish bei der Präparation von Kronen und Verblendschalen angewendet werden. Diese oszillierenden Instrumente verbessern die Qualität konventioneller Präparationen und ermöglichen Kavitätengestaltungen, die bisher mit gängigen Instrumenten nicht ausgeführt werden konnten.

Einleitung

Für eine erfolgreiche restaurative Therapie ist im Regelfall eine mehr oder weniger zahnhartsubstanzfordernde Kavitäten- oder Kronenpräparation notwendig. Diese invasive Therapie zur Behandlung der Infektionskrankheit Karies, bei der häufig viel gesunde Substanz zur Darstellung der Läsion oder zur Erfüllung

Ideale Präparationsverfahren müssen unter Erhaltung stabiler Zahnschubstanz defektbezogene Kavitäten ermöglichen, deren Grundform und Randgestaltung auf das Füllungsmaterial und dessen Verbund zur Zahnschubstanz abgestimmt ist. Weitere Vorgaben bei der Neuentwicklung eines Präparationsverfahrens sind die präzise Umsetzung von angestrebten Präparationsgeometrien bei geringer Techniksensitivität sowie die Vermeidung der Nachbarzahnverletzung. Mit oszillierenden Präparationstechniken sind als Ergänzung bzw. Ersatz rotierender Verfahren die geforderten Eigenschaften am leichtesten zu erfüllen. Die hierbei verwendeten, individuell geformten Präparationsansätze sind nur auf ihrer Funktionsfläche diamantbelegt und ermöglichen bei Oszillation eine «gerichtete Abtragung» der Zahnschubstanz, ohne den Nachbarzahn zu gefährden.

restaurationsspezifischer Vorgaben entfernt werden muss, ist für Zahnärzte ein alltäglicher und damit selbstverständlicher Vorgang. Die Wichtigkeit der Zahnpräparation jedoch wird im Vergleich zur Frage nach der Restaurationstechnik bzw. dem Restaurationsmaterial vielfach als untergeordnet eingestuft. Betrachtet man die «Einbahnstrasse der Präparation» – einmal abgetragene Zahnschubstanz ist unwiederbringlich verloren – so ist dieses Vorgehen nur aufgrund des «Schaden-Nutzen-Prinzips» zu akzeptieren. Nur durch sorgfältige Planung und genaue Durchführung der Präparation kann die Gesunderhaltung von Pulpa und Parodont sowie eine funktionelle, ästhetische und dauerhafte Restauration gewährleistet werden [72]. Nach dem allgemeinen Prinzip der ärztlichen Therapie «primum non nocere» müssen restaurative Eingriffe ohne exakte Indikation vermieden und restaurative Ziele mit möglichst atraumatischen Techniken angegangen werden [52]. Bezüglich der Anforderungen an die Zahnpräparation können wir daher heute zwei Hauptprinzipien unterscheiden: Für Adhäsivtechnik mit plastischen Materialien steht die Erhaltung gesunder Zahnschubstanz im Vordergrund. Die Entfernung zerstörten bzw. nicht mehr remineralisierbaren Schmelzes sowie die Exkavation des infizierten Dentins führt zu individuell gestalteten, minimalinvasiven Kavitäten [31, 32]. Hierbei ist nur noch die Schmelzrandgestaltung mit einer definierten Form

vorgegeben. Bei der Versorgung mit indirekt gefertigten oder vorgeformten Restaurationen hingegen spielen die präzise präparationstechnische Umsetzung der geforderten Grundform und Randgestaltung eine zentrale Rolle [52].

Problematik rotierender Präparationsinstrumente

Präparationsformen und insbesondere die Gestaltung der Randbereiche werden in Abhängigkeit von der gewählten Restaurationstechnik und jeweiligen Lehrmeinung in der Literatur und in der Ausbildung mit genauen geometrischen Angaben beschrieben [36, 52, 72, 76].

Während labiale, linguale und okklusale Zahnflächen gut zugänglich sind und mit modernen rotierenden Instrumenten daher effizient und genau bearbeitet werden können, besteht bei der approximalen Präparation eine besondere Problematik: Die angrenzende Nachbarzahnfläche schränkt die Zugänglichkeit für die zirkulär abtragenden Schleifkörper ein und erschwert besonders die zervikale und laterale Randbearbeitung. Die *Umsetzung der beschriebenen Grundformen und Randgeometrien* allein mit rotierenden Instrumenten ist nur mit überdurchschnittlicher Geschicklichkeit und guter Zugänglichkeit zum Arbeitsfeld möglich. Häufig jedoch können nur «Annäherungen» an das gewünschte Ergebnis erreicht werden, was letztendlich einen Grund für den restaurativen Misserfolg darstellen kann [12, 50]. *Iatrogene Nachbarzahnverletzungen* bei rotierender Präparation im Approximalbereich sind keine Ausnahmerecheinung sondern «die Regel». Bei der Präparation von Klasse-II-Kavitäten und Kronenstümpfen werden ca. 70% bis 100% der Nachbarzahnflächen «mitbeschleift» [48, 55, 64]. Das Ausmass der Verletzungen ist unterschiedlich und reicht von oberflächlichen Kratzern bis zu deutlichen Konturveränderungen. Bleiben diese beschädigten Zahnflächen, die eine erhöhte Plaqueretentionskapazität in einem der Hygiene schwer zugänglichen Bereich aufweisen, unbehandelt, besteht hier die Gefahr der Kariesentwicklung. Während eines Beobachtungszeitraumes von bis zu sieben Jahren beschrieben QVIST et al. [64] an beschädigten Approximalflächen mehr als doppelt so häufig die Entstehung von behandlungsbedürftigen kariösen Läsionen als an unversehrten Zähnen.

Die Vermeidung bzw. Reduktion von Nachbarzahnverletzungen durch die Ausdehnung der Präparationsextension in kontaktfreie Bereiche widerspricht der aktuellen Auffassung von zahnsubstanzschonender Restaurationstechnik. Auch ist unter Praxisbedingungen die Verletzungsgefahr bei grösseren Kavitäten zwar geringer, jedoch bei weitem nicht ausgeschlossen. Ein besonders hohes Verletzungsrisiko für die angrenzende Nachbarzahnfläche besteht bei rotierender Bearbeitung der lateralen Kavitätenränder wie auch bei der Finierung oder apikalen Verlegung der zervikalen Randbereiche [48].

Die Leistungsfähigkeit moderner Antriebssysteme für rotierende Schleifinstrumente ermöglicht es heute, in wenigen Sekunden mehr Zahnschubstanz abzutragen, als die Karies in vielen Jahren zerstören würde. Die Kavitäten der 100 Jahre alten Präparations- und Restaurationskonzepte von G.V. BLACK [5] waren an wenig effiziente Antriebssysteme mit grossen Schleifkörpern und an die Nachbearbeitung mit Handinstrumenten angepasst. Die Grundprinzipien der klassischen Kavitätenpräparation BLACKS basierten auf den Postulaten «Extension for prevention» und der eckigen Kastenform [5]. Obwohl sich bereits bis zu den sechziger Jahren deutliche Modifikationen des Blackschen Konzeptes mit kleineren Extensionen und abgerundeten Kavitätenformen entwickelt haben [51], sind die «BLACK-

schen Fesseln» bis heute nicht gesprengt worden [70]. So fand JOKSTAD [35] in seiner Untersuchung zur Dimension von «Alltags-Amalgamfüllungen» in der Regel weit extendierte «BLACKsche Kavitäten» vor. Die erschwerte Zugänglichkeit distaler Kavitäten wurde von den acht skandinavischen Zahnärzten mit einer Vergrösserung der Extensionsform «ausgeglichen». Die Grösse der durchschnittlich präparierten Routinekavitäten dieser Studie variierte unter den berufserfahrenen Behandlern und stand vermutlich in direktem Zusammenhang mit deren individuellem Geschick im Umgang mit dem Präparationsinstrumentarium. Der Autor zog daraus den Schluss, dass die grossen, stereotyp gestalteten Kavitäten durch routinemässige Behandlungsabläufe zustande kamen, die in Orientierung an unzeitgemässe Lehrdogmen nicht auf das Abtragungsverhalten moderner Präparationsinstrumente abgestimmt waren.

Erweiterung der rotierenden Präparationstechnik

Die Hauptziele der Präparationstechnik werden von KIMMEL [37] mit einer schonenden Arbeitstechnik (atraumatisch für Zahn und umgebendes Gewebe), einem optimalen Ergebnis (Präzision der Grundform, Randgeometrie und -oberfläche) und einer rationellen Arbeitsgestaltung (Systematik, Ergonomie, Anwender- und Patientenschutz) zusammengefasst.

Die Präparationstechnik mit rotierenden Instrumenten ist nach wie vor als Standard zu betrachten. Hierbei sollte auf die Auswahl korrekt dimensionierter, gerundeter Instrumentenformen und deren Kongruenz zur geplanten Präparationsform geachtet werden. Weder Laser noch Pulverstrahlgeräte haben sich in wissenschaftlichen Untersuchungen oder ihrer klinischen Anwendung als alternatives Präparationsverfahren durchsetzen können. Abgesehen von deren anwendungstechnischen Problemen, für deren Lösung noch ein erheblicher Forschungsbedarf besteht, sind beim Vergleich mit rotierenden Instrumenten nur schwer Vorteile oder ein erweiterter Einsatzbereich festzustellen [37]. Vielmehr ist der Anwendungsbereich beider Instrumente, die in «Strahlrichtung» in einem bestimmten Fokusbereich abtragen, auf einfache Klasse-I- und -V-Kavitäten beschränkt.

Methoden zur Optimierung der zahnärztlichen Präparationstechnik sollten daher, aufbauend auf die wissenschaftlich und praktisch bewährte rotierende Instrumentierung, bestehende Probleme minimieren und das bisherige Anwendungsspektrum erweitern. Werkzeuge mit spezifisch geformtem Arbeitsende, das abgestimmt ist auf die jeweils gewünschte Präparationsgeometrie und im Kontaktbereich zum Nachbarzahn nicht abträgt, würden diese Forderungen erfüllen. Als «Antriebsmechanismus» kommen Handinstrumentierung und oszillierende Systeme in Betracht.

Präparation mit Handinstrumenten

Vor Einführung wirkungsvoller rotierender Instrumente konnte nur mit Handinstrumenten Karies entfernt und Zahnschubstanz bearbeitet werden [76*]. Der heute übliche Anwendungsbereich dieser Instrumentengruppe beschränkt sich auf die Randgestaltung von approximalen Kavitäten [21, 76] und Kronenstümpfen [52**]. Die besondere Problematik ergibt sich aus der Übertragung der Abtragskraft auf die Zahnschubstanz, die relativ dicke Schäfte zur Stabilisierung und eine hohe Anzahl von unterschiedlich gestalteten Arbeitsenden notwendig macht. Die Abtragungseffizienz, besonders im Schmelz, ist gering und macht ein regelmässiges Nachschärfen der Schneiden notwen-

dig. Handinstrumente tragen lokal und punktuell Zahnschubstanz ab und ermöglichen dem Anwender somit keine wesentlichen Formveränderungen der Grundpräparation. In verschiedenen Untersuchungen wird die Qualität der handinstrumentierten Ränder als nicht genügend beurteilt. Häufig wurden oberflächlich oder unbearbeitete Randbereiche mit herausgerissenen Schmelzstücken, die vermutlich durch kurzzeitige hohe Druckanwendung entfernt wurden, beschrieben [19, 24, 47, 59]. Als Vorteil dieser Instrumentengruppe ist die fehlende Verletzungsgefahr für die angrenzende Nachbarzahnfläche zu werten.

Oszillierende Präparationsmethoden

Mit niedrig- oder hochfrequent oszillierenden Antriebssystemen können individuelle Instrumentengeometrien über ein Abrasivmedium, z.B. einer Diamantbelegung oder unter Zufuhr einer Schleifmittelsuspension, auf die Zahnschubstanz übertragen werden. Dieses Grundprinzip wird in der Technik zur Politur von Oberflächen (z.B. Schwingschleifer zur Holzbearbeitung) bis hin zu formgebenden Verfahren bei der Bearbeitung von Werkstücken (z.B. Ultraschall-Läppen zur Keramikbearbeitung) [6, 18] in vielen Varianten genutzt. In der Zahnmedizin wurden in den sechziger Jahren maschinengetriebene im Schall- oder Ultraschallbereich oszillierende Instrumente eingeführt [80, 81], die bis heute schwerpunktmässig zur supra- und subgingivalen Zahnsteinentfernung eingesetzt werden. Eher Randerscheinungen sind Anwendungen im Bereich der Präparationstechnik.

Bereits 1954 wurden von OMAN und APPELBAUM [61] sowie 1957 von POSTLE [63] Untersuchungen zur Zahnpräparation mit ultraschallgetriebenen, individuell geformten Arbeitenden aus Stahl beschrieben. Die mechanischen Schwingungen wurden bei diesem Verfahren mit einem magnetostriktiven Ultraschallwandler erzeugt und die Energie indirekt über eine Schleifkornsuspension auf die Zahnschubstanz übertragen. Beim Auftreffen der beschleunigten Schleifmittelkörper kam es durch Impulsübertragung zu Mikrozerspannungsvorgängen auf der Zahnschubstanz und im Bearbeitungsbereich durch Summation der Einzeleffekte zur Abbildung der Ansatzgeometrie. Zur Vermeidung der Nachbarzahnverletzung war bei approximaler Präparation der Einsatz zusätzlicher Hilfsmittel wie z.B. die interdentaler Applikation von Stahlmatrizen notwendig [63]. Bedingt durch den relativ grossen apparativen Aufwand, dem unkomfortablen Einspritzen der Schleifmittelsuspension und letztlich der Entwicklung hocheffizient arbeitender Turbinenwinkelstücke konnte sich dieses Verfahren nicht durchsetzen [58].

Mit *Schwingschleifern* für den zahnärztlichen Gebrauch, die bereits in den vierziger Jahren vorgestellt und patentiert wurden, wird ein anderes Arbeitsprinzip verfolgt [71, 73]. Die rotierende Antriebsbewegung des Winkelstückes wird mechanisch über einen Exzenter in eine Auf- und Abbewegung («Feilenbewegung») umgelenkt. AXELSSON [2] entwickelte auf dieser Basis mit der Firma Dentatus seinen «Apparatus for cleaning or polishing of teeth», heute als «EVA-Gerät» bekannt, für die Entfernung von approximalen Füllungsüberschüssen. Verschiedene Hersteller (z.B. Intra-EVA-Köpfe und Precontrol-Kopf, KaVo, Biberach; Perioplaner und -polisher, Mikrona, Spreitenbach [Schweiz]; Profin Directional System, Dentatus, Hägersten [Schweden]) bieten heute Schwingschleiferwinkelstücke mit unterschiedlicher Hubauslenkung der Arbeitsansätze und arretierbarer und/oder frei drehbarer Arbeitsposition der Feilenansätze an. Die Anwendungsbereiche dieser Antriebssysteme zusammen mit den teildiamantierten Feileninstrumenten

reichen von der Restaurationsausarbeitung und -politur, der Wurzeloberflächenbearbeitung bei Parodontalerkrankungen, der Wurzelkanalaufbereitung bis hin zu verschiedenen Präparationsapplikationen.

Präparationstechnische Anwendungen des EVA-Systems

Für die Oberflächenbearbeitung im Interdentalraum, dem ursprünglichen Anwendungsbereich der «EVA-Geräte», werden von verschiedenen Herstellern flexible Feilenblätter mit einseitiger Diamantierung angeboten (Proxoshape-Feilen, Intensiv, Lugano, Schweiz; LTA-Lamineer-Tips, Dentatus, Hägersten, Schweden). In letzter Zeit sind weitere Feilentypen für unterschiedliche präparationstechnische Anwendungen entwickelt worden (Cavishape- und Bevelshape-Feile, Intensiv, Lugano, Schweiz; LTA-C50-Lamineer-Tip, Dentatus, Hägersten, Schweden). Dabei wurde der Originalhub von 1,5 mm auf 0,4 mm reduziert, um das Aufschlagen des Feilendes in der Kavität abzuschwächen [46]. Für die meisten Anwendungen ist zur gezielten Substanzabtragung eine fixierte Feileneinstellung notwendig. Der von der Firma KaVo entwickelte EVA-Kopf («Precontrol-Kopf», 61LR) ermöglicht bei einer Hubauslenkung von 0,4 mm in 10°-Schritten das Einstellen individueller Feilenpositionen (Abb. 1). Weiterentwicklungen dieses Gerätes



Abb. 1 EVA-Gerät mit reduziertem Hub und arretierbarer Feileneinstellung (Precontrol-Kopf mit eingespannter Bevelshape-Feile)

Fig. 1 Contre-angle EVA avec course réduite et positions de la lame (tête Precontrol avec la lame Bevelshape montée)

mit Stossdämpfung und automatischer Hubreduktion bei Widerstand sind in Vorbereitung. Mit dem Profin-Kopf (Dentatus, Hägersten, Schweden) sind bei eingerasteter Feile sechs Fixierpositionen und bei ausgedrückter Feile die freidrehbare Anwendung möglich.

Anwendungsempfehlungen

Das Feileninstrument sollte nach Positionseinstellung tastend an seinem Wirkort plaziert werden. Das Einklemmen der Feilen vor und während der Präparation ist zu vermeiden. Als Antrieb für den Precontrol-Kopf eignet sich das Blauring-Winkelstück, das in einem Drehzahlbereich zwischen 20 000 und 30 000 pro Minute betrieben werden sollte. Bauartbedingt kommt es zu einer Verdoppelung der Feilenbewegung pro ausgeführter Umdrehung des Winkelstückes. Um das «Zusetzen» der Feile mit Schleifspänen und die Überhitzung des bearbeiteten Zahnes zu

vermeiden, sollte eine Kühlwassermenge von 50 ml/min, die auch bei rotierender Präparation gefordert wird [36, 37, 38], nicht unterschritten werden. Vergleichende Untersuchungen zur Oberflächenrauigkeit nach Feilenanwendung bzw. rotierender Präparation haben bei unterschiedlichen Diamantierungen deutlich geringere Mittelrauigkeitswerte nach oszillierender Bearbeitung ergeben [57]. Für die verschiedenen Präparationsanwendungen ist daher die Diamantbelegung der Feilen mit durchschnittlich 40 µm-Korngrösse in bezug auf Abtragsleistung und hinterlassene Oberflächenrauigkeit geeignet [26]. Cavishape- und Bevelshape-Feilen im Precontrol-Kopf decken ein breites Spektrum von Randfeinbearbeitungen bei der Kavitäten- und Kronenpräparation ab. Das Blatt der flexiblen Cavishape-Feile, die in den Breiten 1,0 und 0,5 mm vorliegt, ist am distalen Ende über die Fläche gekrümmt und einseitig diamantiert. Die Cavishape-Feile ist für die Finierung der lateralen Wände und der approximo-zervikalen Kurvatur von Kastenpräparationen konstruiert worden. Die dreidimensionale Formung der Bevelshape-Feile weist eine längsaxiale Krümmung auf und endet halbkugelig. Die Diamantierung befindet sich ausschliesslich auf der gewölbten Fläche, während die konkave Rückseite undiamantiert ist und bei der Präparation ohne Verletzungsrisiko die Nachbarzahnfläche berühren kann. Mit der Bevelshape-Teile können approximale Kavitäten für Kompositfüllungen und Goldgussrestaurationen abgeschrägt und Randfinierungen bei Veneerversorgungen erstellt werden. Beide Feilen eignen sich für die Randfinierung von Kronenstümpfen.

Anwendung der Cavishape-Feile bei Kastenpräparationen

Klassische kastenförmige Approximalkavitäten mit annäherungsweise rechtwinkliger Randgestaltung sind bei Amalgamversorgungen üblich [13]. Verglichen mit den klassischen BLACK-schen Extensionen wurden im Laufe der Zeit kleinere Präparationen empfohlen, die eine längere Lebensdauer der Füllung durch Verteilen der okklusalen Belastungen auf die Zahnschubstanz ermöglichen [1, 60]. Auch für direkte Kompositfüllungen werden bei mittelgrossen und grossen Defekten Kastenkavitäten bei Primär- und Ersatzversorgungen empfohlen [40, 79]. Bei Primärversorgungen kann nach rotierender Grundpräparation mit kleinen birnenförmigen (ISO-Form 233/234) oder zylinderförmigen (ISO-Form 156/157) Schleifern die erhaltene proximale Schmelzlamelle mit dem stehenden Instrument weggebrochen werden. Mit der Cavishape-Feile werden nun die «Schmelzfahnen» im Bereich der lateralen Wände und der Kurvatur unter Einstellung des gewünschten Randwinkels entfernt (Abb. 2). Um eine gleichmässige und vollständige Bearbeitung der Wände zu erhalten, sollte der «Druckpunkt» bei der Instrumentierung auf dem gekrümmten Feilenende liegen und die seitliche Kastenwand nur mit geringer Anpresskraft bei konstantem Anstellwinkel bearbeitet werden. In-vitro- und In-vivo-Untersuchungen [19, 46, 47] haben gezeigt, dass dieses Instrumentarium im Vergleich mit Handinstrumenten signifikant bessere Finierungen ermöglicht. Untersuchungen unter Praxisbedingungen konnten im Vergleich zur Finierung mit rotierenden Instrumenten eine deutliche Reduktion, insbesondere von tiefen Nachbarzahnverletzungen, bei Anwendung oszillierender Feilen aufzeigen. Um das Verletzungsrisiko bei der Finierung der zervikalen Stufe auszuschliessen, wird zusätzlich ein Versenkbohrer mit zurückgesetztem Diamantbelag empfohlen [48, 49]. Bei Kastenkavitäten mit grösserer Extension, wie z.B. für adhäsive In- und Onlays, ist eine entsprechende Anwendung möglich.

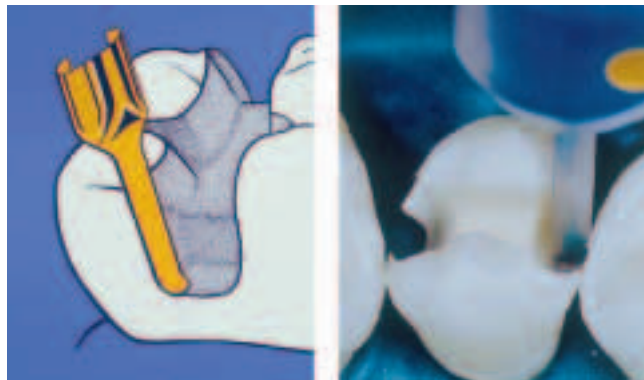


Abb. 2 Cavishape-Feile bei der Randbearbeitung von Klasse-II-Kastenkavitäten: Entfernen der approximo-lateralen Schmelzlamellen, Finieren der seitlichen Ränder und der angrenzenden Kurvatur

Fig. 2 Lame Cavishape dans le travail du bord des cavités cl. II. Elimination des lamelles d'émail proximo-latéral, finition du bord latéral et de la courbure adjacente

Anwendung der Bevelshape-Feile bei der Randabschrägung

Bei der Verarbeitung von Kompositmaterialien im Frontzahnbereich hat sich eine untersichgehende Präparationsform in Verbindung mit der geätzten Schmelzabschrägung durchgesetzt. Auch im Seitenzahnbereich ermöglicht die approximale Abschrägung und Säurekonditionierung des Schmelzrandes eine Optimierung der Randdichtigkeit [4, 10, 22] und kann daher bei kleinen und mittelgrossen Klasse-II-Defekten empfohlen werden. Bei der rotierenden Grundpräparation wird die Dentinkaries durch eine okklusale Zugangskavität dargestellt. Nach dem Wegbrechen der dünnen approximalen Schmelzwand müssen die Kavitätenränder, die zum Teil noch im Kontakt zum Nachbarzahn stehen, abgeschrägt werden. Die nichtdiamantierte Rückseite der Bevelshape-Feile kann bei der Präparation «selbststabilisierend» auf der Approximalfläche des Nachbarzahnes ohne Verletzungsgefahr abgestützt werden, während die konvexe Arbeitsseite gegen die Präparationsfläche gedrückt wird (Abb. 3). Die mit diesem Instrumentarium erzielten schmalen Abschrägungen (durchschnittliche Breite ca. 0,4 mm) entsprechen in ihrem Querschnitt einer seichten Hohlkehle und haben eindeutig definierte, glatte Ränder zur Folge [24]. In einer In-vivo-Studie konnte die Überlegenheit dieses Verfahrens im Vergleich zur Abschrägung mit rotierenden Instrumenten und Handinstrumentierung bezüglich Vollständigkeit und Randqualität verdeutlicht werden [27].

Mit der Bevelshape-Feile können auch im Frontzahnbereich proximale Abschrägungen auf die beschriebene Weise erstellt werden. Die approximo-laterale und zervikale Abschrägung bei Gussfüllungen kann auch in engen Approximalräumen nach der Kastenpräparation als Hohlschliff angelegt werden. Hierbei kann der Ästhetik durch grazile Feilenpräparationen besonders im bukkal-mesialen Bereich Rechnung getragen werden [23, 25]. Bei Teilkronen können neben approximalen Randabschrägungen Aussenschliffpräparationen und das Abrunden der Kanten mit der Feile durchgeführt werden (Abb. 4).

Präparationsrandfinish bei Kronenstümpfen und Verblendschalen

Die Ausarbeitung, Finierung und Position der Präparationsgrenze von Kronenstümpfen wirkt sich auf die Passgenauigkeit

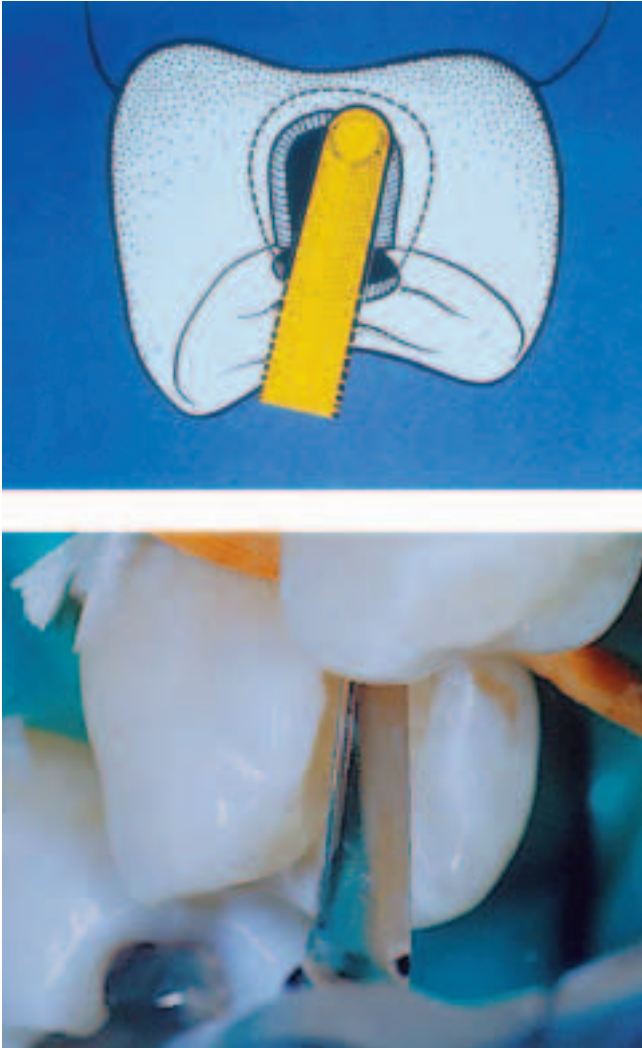


Abb. 3 Adhäsive Klasse-II-Slotkavität: Präparation der approximalen Schmelzabschrägung mit der Bevelshape-Feile. Die nichtdiamantierte Rückseite kann hierbei auf der Nachbarzahnfläche abgestützt werden.

Fig. 3 Cavité pour obturation adhésive cl. II: préparation des tailles proximales avec la lame Bevelshape. La partie non diamantée peut, ici, s'appuyer sur la surface dentaire voisine.

des Rekonstruktionsrandes aus und hat somit bedeutenden Einfluss auf die Reaktion des marginalen Parodonts, die Entstehung von Sekundärkaries und damit auf die Lebensdauer der Restauration [52*].

Hohlkehlpräparation

Bevelshape-Feilen eignen sich für die Nachbearbeitung von graziilen Hohlkehlpräparationen mit zervikalen Stufenbreiten bis zu ca. 0,8 mm (Abb. 5). Bei breiteren Hohlkehl- oder gerundeten Stufenpräparationen ist die stärker abgerundete Cavishape-Feile anwendbar und führte in Studien zu günstigen Randverhältnissen [69]. Bei rotierender Präparation mit torpedoförmigen Präparations- und formkongruenten Finierdiamanten kann nur die halbe Durchmesserbreite des Instrumentes für die Randpräparation genutzt werden, d. h., für eine 0,8 mm breite Hohlkehle muss mindestens ein 1,6 mm dicker (!) Torpedo verwendet werden. Wird dennoch eine breitere Hohlkehle angelegt, entsteht ein muldenförmiger Quer-

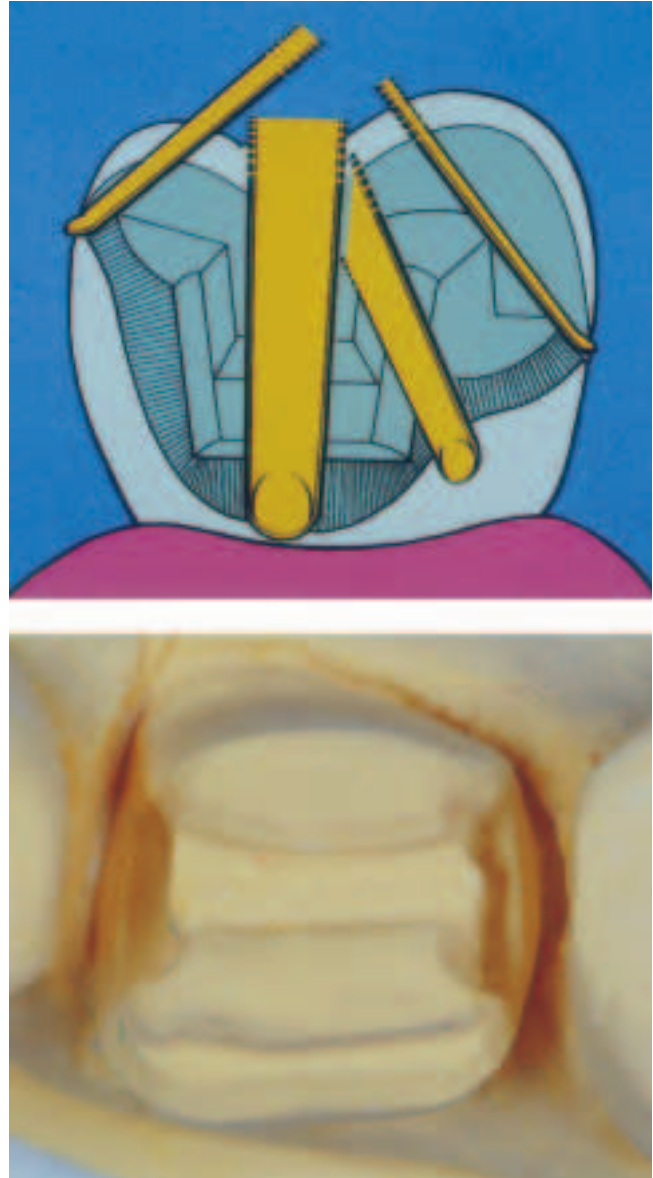


Abb. 4 Oben: Positionen der Bevelshape-Feile bei der Randabschrägung einer Teilkronenpräparation. (Ansicht von approximal). Unten: Okklusalan sicht einer Teilkronenpräparation an Zahn 46, die präzise Randgestaltung nach Bevelshape-Bearbeitung wird auf dem Gipsmodell deutlich.

Fig. 4 En haut: position de la lame Bevelshape lors du biseautage d'une préparation de couronne partielle (vue proximale). En bas: vue occlusale d'une préparation de couronne partielle sur la 46, la structure du bord est bien visible sur le modèle en plâtre, après le travail de la lame Bevelshape.

schnitt mit einer instabilen Randlamelle [37]. Alternativ kann mit zylinder- oder leicht konusförmigen Schleifern grobpräpariert und bei der Finierpräparation mit der Bevelshape-Feile die Schulter in eine Hohlkehle umgewandelt werden. Von Vorteil ist bei diesem Vorgehen, dass bei den zylinderförmigen Schleifern die Stirnfläche praktisch vollständig zur Präparation genutzt werden kann und im Gegensatz zur Torpedopräparation die zervikale Schulter als Führungshilfe für die axiale Substanzreduktion und Einstellung der Einschubrichtung dient. Iatrogene Nachbarzahnverletzungen, die MOOPNAR und FAULKNER [55] nach Kronenpräparation mit 73% bei geübten Behandlern angeben, sind aufgrund der graziileren Schleifkörper und oszillieren-

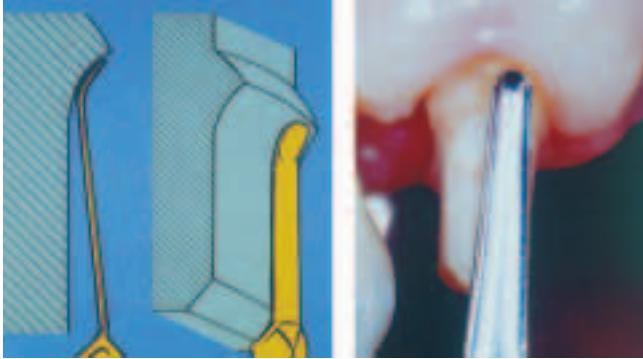


Abb. 5 Finish einer Hohlkehlpriparation mit distal diamantierter Bevelshape-Feile

Fig. 5 Finition d'une préparation de biseau avec la partie distale de la lame Bevelshape

der Finierung weniger wahrscheinlich. Bei subgingivaler Randposition wird bei der Feilenpriparation die Verletzungsgefahr für die marginale Gingiva reduziert, was besonders wegen der geringeren Blutungsneigung bei der Abdrucknahme Vorteile bietet (Abb. 6). Die Unregelmässigkeiten im Randverlauf, die bei der frei geführten rotierenden Grundpriparation häufig entstehen, werden bei der Nachbearbeitung mit der Feile ausgeglichen. Die breitflächige Auflage der Feile, die mit leichtem Druck gegen die Kurvatur der Hohlkehle zirkulär um den Zahn bewegt wird, ermöglicht eine definierte Führung des Instrumentes. Für die Finierung einer zirkulären Priparation mit dem fixierbaren Precontrol-Kopf muss die Feilenposition viermal neu eingestellt werden. Freidrehbare EVA-Geräte mit reduziertem Hub können bei der Kronenpriparation ebenfalls eingesetzt werden.

Abgeschrägte Schulterpriparation

Die Abschrägung einer Schulterpriparation (Breite ca. 0,5 mm) kann mit der distal belegten Bevelshape-Feile erarbeitet werden (Abb. 6). Die bei der Grobpriparation angelegte grazile Schulter wird hierbei in eine Hohlkehle umgewandelt, während eine breitere Stufe hohlkehlig abgeschrägt wird. Die distal abgeboogene Form der Feile passt sich den individuellen Priparationsbedürfnissen gut an und gleicht stufige Randverläufe und Imperfektionen der rotierenden Vorpriparation aus. Für diese Anwendung eignen sich auch Proxoshape-Feilen, die dann am distalen Ende mit einer Flachspitzzange individuell umgebogen werden [23].

Bei der Priparation für Verblendschalen werden hohlkehligartige Randbereiche bevorzugt [15]. Die Anwendung der Bevelshape-Feile ermöglicht unter Erhaltung des Kontaktareals die Extension und Finierung der Priparation bis weit in den Approximalebereich hinein (Abb. 7). Besonders notwendig ist dies, wenn die Restzahnsubstanz bei Dunkelverfärbung nicht im ästhetisch sensiblen, von labial sichtbaren Bereich liegen soll.

Bewertung des Schwingschleifer-Systems

In Ergänzung zum rotierenden Instrumentarium kann das beschriebene Precontrol-System mit den verschiedenen Feilenformen unter Schonung angrenzender Gewebe in morphologischen Problemzonen vielfältig zur Finierpriparation eingesetzt werden. Nachteile des Systems sind die geringe Abtragungseffizienz und der trotz Reduzierung auf 0,4 mm relativ grosse Hub, der bei stumpfem Aufschlagen der Feilen unangenehme

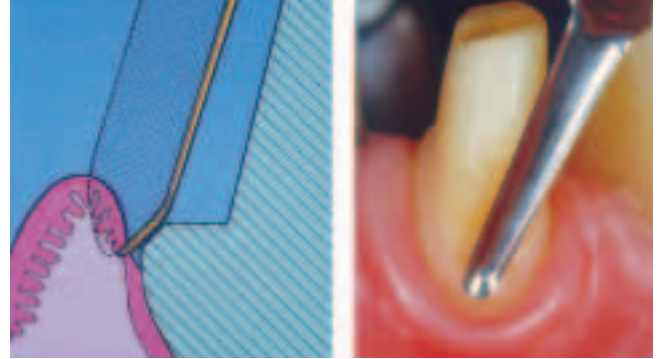


Abb. 6 Abschrägung einer subgingivalen Schulterpriparation: Gingivatraumatisierung bei Verwendung eines Torpedofinierers (gestrichelt) im Gegensatz zur Feilenbearbeitung. Beim klinischen Beispiel ist die Gingiva trotz subgingivaler Approximalpriparation mit der Bevelshape-Feile intakt.

Fig. 6 Biseau d'une préparation sous-gingivale: traumatisme de la gencive dû à la Torpédo (hachuré); l'exemple clinique montre que la gencive est intacte avec la lame Bevelshape, même si la préparation est sous-gingivale.

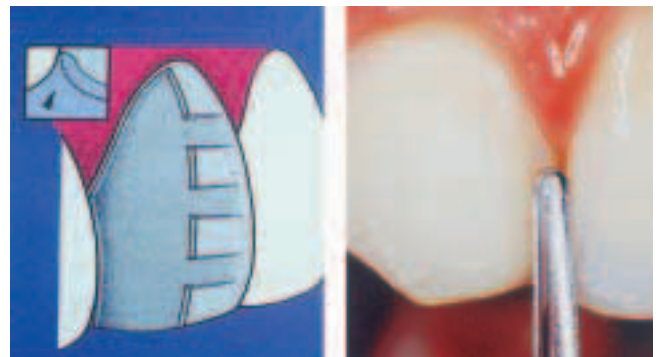


Abb. 7 Priparation für keramische Verblendschalen: Nach rotierender Grobpriparation erfolgt die zervikale Finierung und proximale Ausarbeitung der hohlkehligartigen Randbereiche oszillierend (Bevelshape-Feile).

Fig. 7 Préparation d'une facette céramique: après le travail des instruments rotatifs, on procède à la finition cervicale et celle du bord proximal, par le système oscillant (Bevelshape).

Empfindungen beim Patienten hervorruft. Von einigen Patienten wird die Geräuschentwicklung, insbesondere bei Weiterleitung durch Knochenschall, im Oberkiefer bemängelt. Komplexere, formgebende Priparationen sind mit diesem Funktionsprinzip nicht möglich.

Entwicklung und Anwendung des sonoabrasiven Priparationsverfahrens

Vorgaben bei der Neuentwicklung eines Priparationsverfahrens könnten einfache Erlernbarkeit, geringe Techniksensitivität, kurze Applikationszeit durch effiziente Substanzabtragung sowie gefahrfreie Anwendung für Priparations- und Nachbarzahn sein. Mit der Weiterentwicklung der oszillierenden Priparationstechnik sind als Ergänzung bzw. Ersatz rotierender Verfahren die aufgeführten Eigenschaften am leichtesten zu erfüllen. Die reproduzierbare Priparation komplexer Kavitäten- und Randdesigns, die auf die jeweilige Restaurationstech-

nik abgestimmt sind, dürfte mit oszillierenden Bearbeitungsverfahren [61, 63, 66] erreichbar sein.

Antriebssystem Airscaler

Das neuentwickelte Instrumentarium besteht aus verschiedenen geformten, teildiamantierten Arbeitsansätzen und einem pneumatisch angeregten, im Schallbereich (< 6,5 kHz) oszillierenden Airscaler (Sonicflex 2000 N, KaVo, Biberach) (Abb. 8). Dieser



Abb. 8 Airscaler-Handstück Sonicflex 2000 N mit teildiamantierten Präparationsansätzen

Fig. 8 Airscaler Sonicflex 2000 N avec ses pointes partiellement diamantées

modifizierte Airscaler kann ohne weitere Installation über den Turbinenanschluss an die zahnärztliche Einheit angeschlossen und mit Treibluft und Kühlwasser versorgt werden. Er erhält seine Schwingungsenergie durch die Entspannung der zugeleiteten Druckluft. Die Schwingungen der Arbeitsansätze werden durch eine Metallhülse erzeugt, die sich exzentrisch um eine an ihren Knotenpunkten elastisch gelagerte Metallstange bewegt. Angetrieben wird die Metallhülse durch Abrisswirbel der Druckluft, die aus schrägverlaufenden Bohrungen aus der Metallstange austritt. Die Arbeitsansätze sind auswechselbar durch Verschraubung mit der Metallstange (Resonanzkörper) verbunden. Das Schwingungsverhalten der Arbeitsansätze hängt zum einen von der Bauart des Handstückes, der Gestaltung der Ansätze (Material, Gewicht, Geometrie) und zum anderen vom Fließdruck der zugeführten Luft ab [14, 42]. Im Gegensatz zu Ultraschallgeräten haben Schallantriebe neben longitudinalen Schwingungen der Arbeitsspitze (längs der Instrumentenachse) auch transversale Bewegungskomponenten, die sich bei ausgeprägter Krümmung des Arbeitssendes verstärken [42]. MENNE et al. [54] beschreiben eine fast kreisförmige Bewegung der Ansätze verschiedener Airscaler mit stark variierenden Schwingungsdurchmessern, deren Amplituden zwischen 60 und 1000 μm lagen. Bei Zahnkontakt verringert sich die freie Schwingungsamplitude des Instrumentes in Abhängigkeit von der Anpresskraft und Kontaktfläche durch Dämpfung bis hin zum völligen Stillstand des Instrumentes [54].

Sonoabrasives Präparationsprinzip

Die Präparation der Zahnhartsubstanz erfolgt bei Kontakt mit den diamantbelegten Ansätzen. Es kommt dabei, ähnlich wie beim Schleifvorgang bei rotierenden Instrumenten, zu Mikrozerspanungsprozessen. Durch sich überlappende Abtragungsvorgänge bei stationärer Ansatzposition wird die Ansatzgeometrie im Kontaktbereich auf die Zahnhartsubstanz übertragen. Die resultierende Kavität oder Randgestaltung entspricht dann teilweise oder vollständig dem Negativabdruck des oszillierenden

Präparationsinstrumentes. Unter Nutzung dieses Prinzips wurde ein System individuell geformter Arbeitsansätze für die defektbezogene, approximale Präparation bei direkter Füllungs-technik und für die Präparation definierter geometrischer Formen bei indirekter Restaurationstechnik entwickelt. Diesen Ansätzen gemeinsam sind geformte diamantierte Arbeitsseiten, «gebrochene» nichtdiamantierte Umlaufkanten sowie unbelegte Rückseiten. Die nichtdiamantierte plane Rückseite zeigt beim Präparieren in Richtung Nachbarzahnfläche und kann dort abgestützt werden. Zur Bearbeitung der mesialen und distalen Approximalflächen stehen von jedem Instrumententyp zwei Ansätze mit jeweils um 180 Grad gedrehter Anordnung der Arbeitsseite zur Verfügung. Die Präparationsansätze für direkt applizierte Adhäsivrestaurationen sind mit einer mittelfeinen Körnung (mittlere Korngrösse 40 μm), die Ansätze zur Präparation für laborgefertigte Versorgungen mit einer feinen Körnung (mittlere Korngrösse 25 μm) belegt. Beim oszillierenden Präparationsvorgang erfolgen Präparation und Finierung mit der gleichen Diamantbelegung. Doppelinstrumentierung mit grober und nachfolgend feiner Korngrösse bei formkongruenten Ansätzen sind nicht notwendig [28, 30]. Vergleichende Untersuchungen zur Oberflächenrauigkeit nach sonoabrasiver bzw. rotierender Präparation mit verschiedenen Diamantbelegungen ergaben, von einer Ausnahme bei 90- μm -Korngrösse abgesehen, weder im Schmelz noch im Dentin signifikant verschiedene Rauhtiefen [29]. Bezogen auf die Oberflächenmorphologie sind daher Erkenntnisse aus der rotierenden Präparationstechnik [65] auf die Sonopräparation übertragbar.

Spraykühlverfahren

Eine Spraykühlung mit einer Wasserdurchflussmenge von 15 bis 30 ml/min ist sowohl zur Vermeidung thermischer Pulpa-schädigungen wie auch zum Abtransport abgeschliffener Zahnhartsubstanz unerlässlich. Bei Untersuchungen zur Temperaturentwicklung der Mikro- und Formpräparationsinstrumente wurde im ungünstigsten Fall ein maximaler Temperaturanstieg von 3,3° C gemessen [29]. Die gute Kühlwirkung lässt sich durch die Ausbildung eines Wasserfilms, der die Ansätze bis zu deren Spitze kurz nach Anregung der Schwingung einhüllt, erklären. GRIESINGER et al. [16] beschreiben in ihrer Untersuchung zur «Hydrodynamik oszillierender Scaler», dass beim Sonicflex 2000 N mehr als 80% des zugeführten Flüssigkeitsvolumens die Ansatzspitze erreichten. Ein weiterer Aspekt zur Erklärung der Kühlleistung ist die Erkenntnis, dass der Flüssigkeitstransport in Spalträumen, die auch zwischen Zahn und Präparationsansatz vorhanden sind, durch oszillierende Scaleransätze deutlich verbessert wird [16].

Applikation der Ansätze

Freie, ungedämpfte Schwingungen führen zu maximalen Amplituden an den Ansatzspitzen. Daher sollte zur Materialschonung und Vermeidung von Instrumentenfrakturen der Ansatz vor Aktivierung der Oszillation an den Zahn angelegt und so die Schwingweite gedämpft werden. Ein optimales Abtragungsverhalten lässt sich bei einem maximalen Antriebsluftdruck von 3,5 bar (Ausgangsdruck an der Multiflexkupplung) erzielen. Die Ansätze sollten bei der Präparation mit einer Anpresskraft von ca. 1,5 N geführt werden. Wird mit zu hoher Kraft gearbeitet, reduziert sich die Abtragsleistung durch Dämpfung der Schwingung. Beim Präparieren mit dem idealen Führungsdruck stellt sich ein spezifischer Geräuschpegel ein, der zusätzlich als akustische Kontrolle dienen kann. Für die Finierung bzw. Randfeinbearbeitung wird der Antriebsluftdruck, der übli-

cherweise mit dem Fussanlasser geregelt werden kann, individuell bis auf ca. 2 bar reduziert. Hierbei kann zusätzlich durch Erhöhung der Anpresskraft die Schwingweite verkleinert und die Kontrolle bei der Führung des Instrumentes verbessert werden.

Sonoabrasive Mikropräparation zur Therapie approximaler Läsionen

Prinzipien bei approximalen Adhäsivkavitäten

Anders als bei «stereotypen Präparationen von idealisierten Kastenformen» muss bei approximalen Adhäsivkavitäten das Kavitätendesign individuell geplant werden. Klassische Klasse-II-Adhäsivkavitäten mit okklusalem Zugang [44] stehen neben Kavitäten mit direktem oder lateralem Zugang [7, 53] oder Tunnelpräparationen [33, 34, 39, 74] in verschiedenen Variationen oder Kombinationen zur Auswahl. Die Prinzipien für Klasse-II-Adhäsivkavitäten, die schliesslich zu dem einen oder anderen Kavitätendesign führen, sind nachfolgend dargestellt:

- Präparation der Zugangskavität zur Dentin- und Schmelzläsion unter Schonung gesunder Zahnhartsubstanz; sichere Kariesexkavation muss gewährleistet sein; möglichst geringe okklusale Extension
- Entfernung des zerstörten bzw. nicht remineralisierbaren Schmelzes sowie des infizierten Dentins
- Erhaltung von unterminiertem, gesundem Schmelz
- Präparation von kurzen, prägnanten und füllbaren Schmelzabschrägungen
- Präparationsplanung für eine möglichst kurze Randlänge
- Erhaltung der gingivanahen Zahnstrukturen

Mikropräparationsinstrumentarium

Das sonoabrasive Mikropräparationsinstrumentarium (Sonic-sys micro, KaVo, Biberach) besteht aus dem Airscaler Sonicflex 2000 N (KaVo, Biberach) und vier Ansatzformen: kleine und grosse «Halbkugel», längshalbierte «Torpedoform» (Abb.9), «Winkelform» (Abb. 23). In Tabelle 1 sind die Kenngrössen der verschiedenen Mikroansätze und die jeweiligen Anwendungsbereiche zusammengefasst.

Anwendungsbereiche der Halbkugelform

Mit der konvexen diamantierten Seite der abgeflachten Halbkugelform (Randwinkel 60°) kann auch ohne rotierende Vor-



Abb. 9 Mikropräparationsansätze Sonicsys micro: kleine Halbkugel, grosse Halbkugel, Halbtorpedo (von oben nach unten)

Fig. 9 Pointes de préparation micro SONICSYS: petite demi-boule, grande demi-boule, demi-Torpédo (de haut en bas)

präparation die Defekteröffnung im Schmelz, besonders leicht beim Vorliegen von Demineralisationen, präpariert werden. Die nichtdiamantierte Seite zeigt während des Präparationsvorgangs in Richtung Nachbarzahnfläche und führt bei korrekter Handhabung auch bei direktem Kontakt nicht zu deren Beschädigung.

Anwendungsbereiche sind die Präparation und Randabschrägung von Klasse-II- und -III-Adhäsivkavitäten. Besonders geeignet ist das Instrumentarium für die minimal invasive Primärversorgung, wobei der Zugang je nach Situation von okklusal, bukkolingual oder durch die Nachbarkavität gewählt werden kann. Die funktionell wichtige okklusale Randleiste kann hierbei grösstenteils oder vollständig erhalten werden. Die am Schaft taillierte Ansatzform ermöglicht unterminierende Schmelzpräparationen bei kleinstmöglicher Zugangskavität.

Instrumentenspezifische Eigenschaften sind:

- sehr gute Abtragungseffizienz
 - individuelle Defektbezogenheit, d.h. kreisförmiger bis ovaler Kavitätenumriss, der weitestgehend der Extension der Schmelzkaries entspricht
 - selektive («leichtere») Präparation von demineralisiertem Schmelz
 - nur bei Verkantung Verletzungsgefahr für den Nachbarzahn.
- Bei direktem Zugang zur Schmelzläsion ist die substanzschonendste Primärrestauration eines Klasse-II-Defektes möglich. Ist der Zugang durch die Nachbarkavität oder den geringfügig geöffneten Approximalraum eingengt, kann im Gegensatz zu rotierenden Instrumenten mit der kleinen Halbkugel häufig noch präpariert werden.

Wird die Schmelzläsion auf der Bissflügelröntgenaufnahme oder klinisch im bzw. über dem Kontaktareal diagnostiziert, kann man den Approximaldefekt direkt mit der kleinen Halbkugel von okklusal durch die Randleiste eröffnen. Bei der sonoabrasiven Präparation durch den gesunden Schmelz der Randleiste muss die Halbkugel bei maximalem Antriebsdruck stationär gehalten werden. Um eine bessere Abstützung zu haben, wird die unbelegte Rückenfläche des Instrumentes auf der Nachbarzahnfläche angelegt und sollte gemäss deren Krümmung geführt werden. Nur unsachgemässe Neigung und stärkere Verkantung der Halbkugel führen hierbei zu iatrogenen Nachbarzahnverletzungen. Nach Durchdringen der gesunden Schmelzzone «fällt» man in das approximale Defektareal. Mit reduziertem Antriebsdruck von ca. 2 bar wird dann nach Entfernung der entkalteten Schmelzzone durch kreisförmiges Führen des Instruments ohne Vergrösserung des okklusalen Zugangs eine tropfenförmige Approximalextension erzielt. Bei ausgehnter Dentinkaries wird zur Verbesserung der Übersicht bei der Exkavation rotierend die Zugangskavität von der Randleiste in Richtung Fossa ausgedehnt und dort längsoval erweitert. Die Stabilität der belassenen Randleistenbereiche muss hierbei erhalten bleiben. Häufig wird das Vorgehen vereinfacht und verkürzt, wenn im Fossabereich im Sinne einer Sondierbohrung zum Auffinden der Dentinkaries vorpräpariert wird. Die approximale Schmelzwand wird hierbei vollständig belassen und nachfolgend ausschliesslich sonoabrasiv mit der Halbkugel bearbeitet. Bei diesem Vorgehen können funktionell wichtige Bereiche der Randleiste erhalten und durch die anschliessende Kompositfüllung stabilisiert werden (Abb. 10–16).

Unberührt bleibt die Okklusalfäche bei der bukkalen oder lingualen Zugangskavität (Abb. 17–21). Der Präparationsvorgang bei diesem vereinzelt beschriebenen Verfahren [3, 7, 8, 53, 56, 68] gestaltet sich mit konventionellem rotierendem Instrumentarium als sehr schwierig. Mit den sonoabrasiven Ansätzen wird

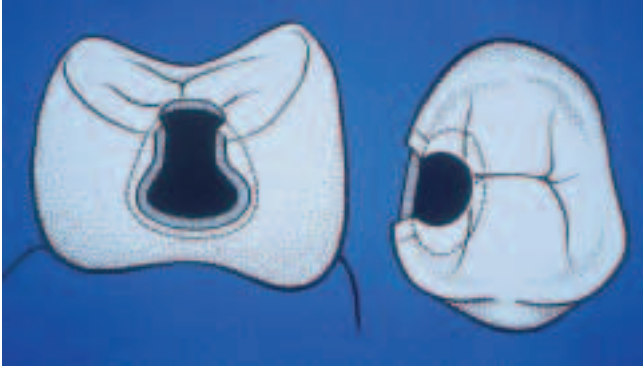


Abb. 10 Klasse-II-Mikropräparation mit tropfenförmiger Approximalextension (rechts Okklusallansicht, links Approximalansicht)

Fig. 10 Micropréparation cl. II avec extension en forme de goutte (à droite, vue occlusale, à gauche, vue proximale)

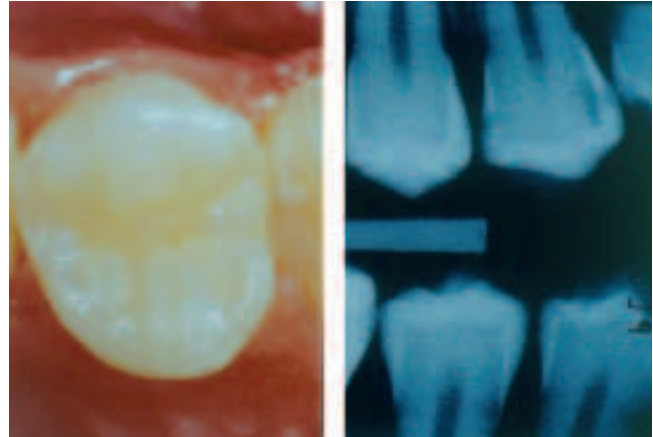


Abb. 11 links Intakte Okklusallfläche von Zahn 14. Rechts: Bissflügelröntgenaufnahme mit Schmelz-Dentin-Karies an Zahn 14 mesial

Fig. 11 A gauche: surface occlusale intacte de la 14. A droite: BW montrant la carie dans l'émail et la dentine sur la 14 M

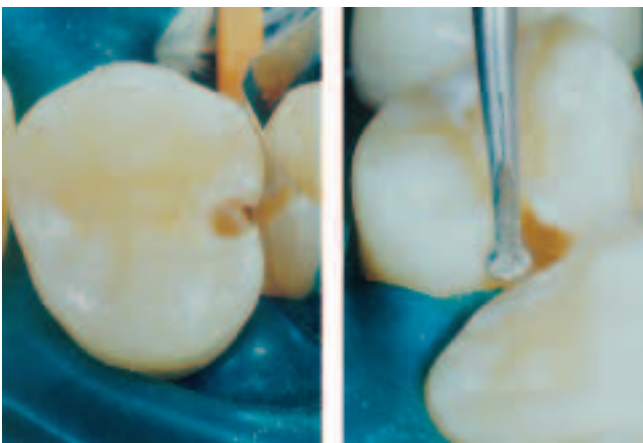


Abb. 12 links «Sondierbohrung» zum Auffinden der Dentinkaries; rechts: tropfenförmige Approximalpräparation und Abschrägung mit der Halbkugel

Fig. 12 A gauche: «sondage» pour détecter la carie dans la dentine; à droite: préparation proximale en forme de goutte et biseautage avec la demi-boule

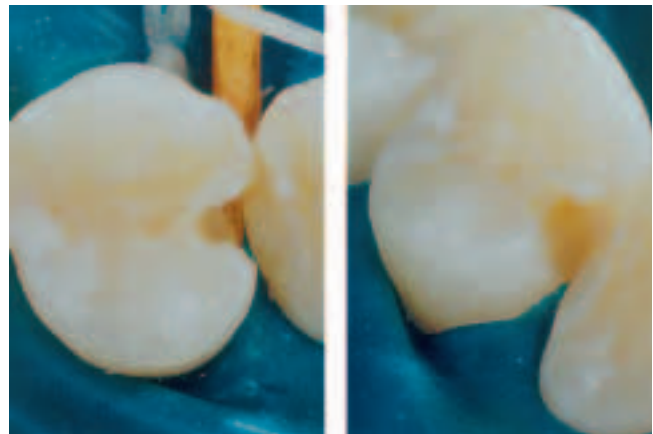


Abb. 13 links Fertiggestellte Mikropräparation mit unterminierender Exkavation der Dentinkaries (Okklusallansicht); rechts: Approximalansicht

Fig. 13 A gauche: micropréparation prête avec excavation de la carie dans la dentine (vue occlusale); à droite: vue proximale



Abb. 14 links Applikation einer bombierten Teilmatrize, Konditionierung der äusseren Schmelzabschrägung und der Kavität mit Phosphorsäure («Total-Etch»-Verfahren); rechts: Anwendung des Dentinadhäsivs («Total-Bond»-Verfahren)

Fig. 14 A gauche: application d'une matrice et mordantage du biseau extérieur de l'émail et de la cavité avec de l'acide phosphorique («Total-Etch»); à droite: produit adhésif sur la dentine («Total-Bond»)

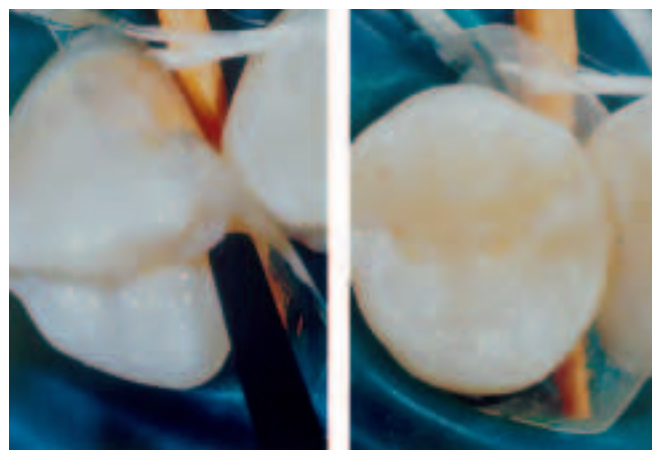


Abb. 15 links Kompositfüllung mittels «Spritztechnik» mit dünner Applikationskanüle; rechts: Situation nach Modellierung der Füllung und Lichtpolymerisation

Fig. 15 A gauche: obturation en composite «injectable» avec une fine canule; à droite: situation après modelage et polymérisation de l'obturation

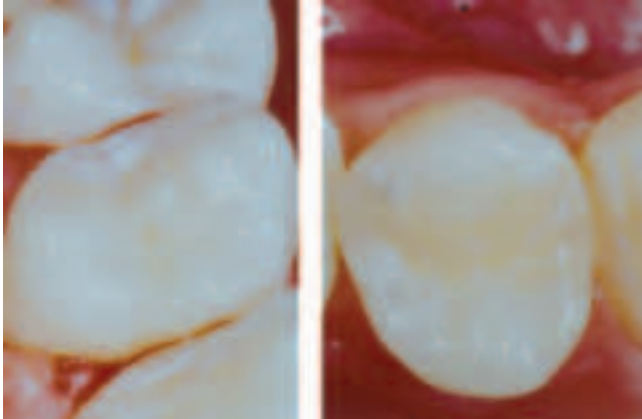


Abb. 16 links Ansicht von approximal nach Ausarbeitung und Politur; rechts: Okklusalsicht der Mikrorestauration im Recall nach einem Jahr

Fig. 16 A gauche: vue proximale après finition et polissage; à droite: vue occlusale de la microrestauration, un an après, lors d'un recall

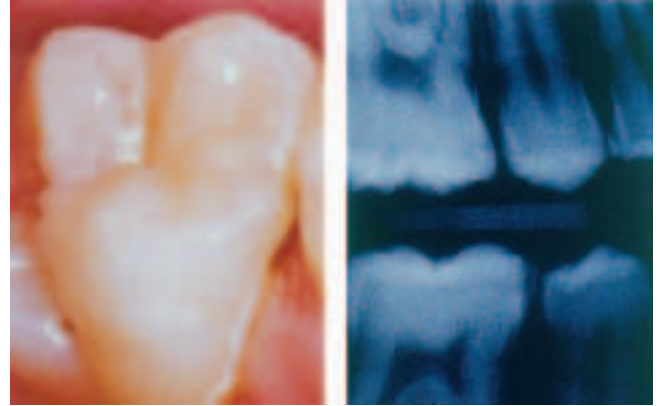


Abb. 18 links Mesiopalatinale Ansicht von Zahn 16, bis nach palatinaldurchgehender verfärbter Demineralisationsstreifen; rechts: Röntgenbefund, D3-Läsion, Lokalisation der Schmelzkaries in Höhe des Approximalkontaktes

Fig. 18 A gauche: vue méso-palatine de la 16 jusqu'à la zone de dentine déminéralisée plus foncée; à droite: vue sur la radiographie de la lésion carieuse de l'émail juste au-dessus du point de contact

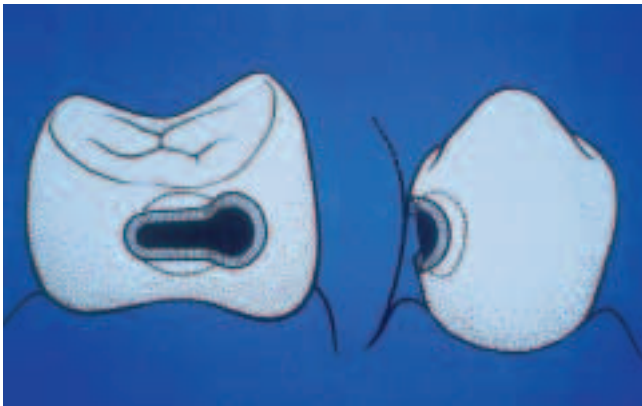


Abb. 17 Adhäsive Klasse-II-Kavität mit bukkolingualen Zugang; links: Bukkalansicht mit Zugangskavität; rechts: Approximalansicht mit «längsovaler» Präparation

Fig. 17 Cavité adhésive cl. II avec accès vestibulo-palatin; à gauche: vue vestibulaire avec la cavité d'accès. À droite: vue proximale de la préparation «allongée-ovale»

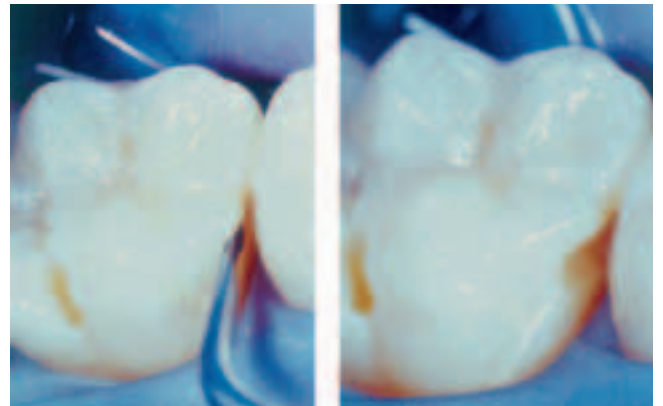


Abb. 19 links Durch den einligierten Kofferdam wird die Gingiva verdrängt und der Defekt übersichtlich dargestellt. Präparation des Zugangs von palatinal entlang der Schmelzdemineralsation (Ansatz: kleine Halbkugel; rechts: Fertiggestellte Kavität)

Fig. 19 A gauche: la gencive est repoussée et la carie est bien dégagée. Préparation de l'accès palatin le long de l'émail déminéralisé (pointe: demi-boule); à droite: cavité prête

das Vorgehen deutlich vereinfacht und ist besonders bei Schmelzläsionen, die unterhalb des Approximalkontaktes lokalisiert bzw. mit ausgedehnten «Demineralisationsstreifen» kombiniert sind, indiziert. Die Halbkugel wird über das Demineralisationsareal in den Approximalraum eingebracht und unter Kontakt zum Nachbarzahn geführt. Unterhalb der mindestens 1–2 mm dicken okklusalen Randleiste entsteht nach Einbeziehung der Schmelzperforation ein längsovaler Kavitätenumriss. Der Zugangsbereich ausserhalb des Interdentalraumes muss, um eine vollständige Exkavation der Dentinkaries zu ermöglichen, entsprechend vergrössert werden.

Die Kavitätenformen bei diesen minimal invasiven Techniken sind bezüglich Randleiste und Approximalfläche auf maximale Substanzerhaltung ausgelegt. Die Übersicht und die Zugänglichkeit zur Exkavation und zum späteren Füllen der Kavität müssen allerdings gewährleistet bleiben. Die unterminierende

Exkavation der Dentinkaries bei kleiner Zugangskavität ist als anspruchsvoll einzustufen und kann durch Hilfsmittel wie Lupebrille, Kariesdetektorlösung und Durchleuchten des Zahnes mit Kaltlicht erleichtert werden.

Modifizierte Slotpräparationen zur Adhäsivversorgung [11, 24, 44, 77, 78] zeichnen sich durch läsionsbezogene Ausdehnung, eine zirkuläre Schmelzabschrägung und Belassen von gesunden Schmelzwandanteilen aus. Eine von uns durchgeführte Studie [30] hat gezeigt, dass mit den Halbkugelformen und der Torpedoform im hochfrequent oszillierenden Antriebssystem «Sonicflex 2000 N» die beschriebenen Klasse-II-Minikavitäten auch in direktem Kontakt zum Nachbarzahn, ohne diesen zu verletzen, definiert extendiert und abgeschragt werden können. Insgesamt konnten mit allen Arbeitsansätzen bei einer mittelfeinen Diamantkörnung von 40–79 µm bis 100% «perfekte» Randbereiche ohne Schmelzdefekte erzielt werden. Dieses Er-

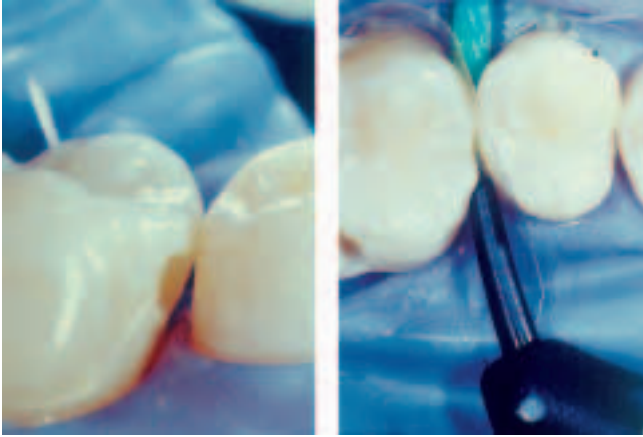


Abb. 20 links Palatale Ansicht, der Approximalkontakt wurde teilweise erhalten, die okklusale Randleiste ist ausreichend stabil; rechts: Nach Konditionierung der Kavität «Ausspritzen» mit Komposit bis bukkal Material austritt.

Fig. 20 A gauche: vue palatine, la surface de contact est en partie conservée, la crête occlusale est suffisamment stable; à droite: après mordançage de la cavité, «éclats» de composite.

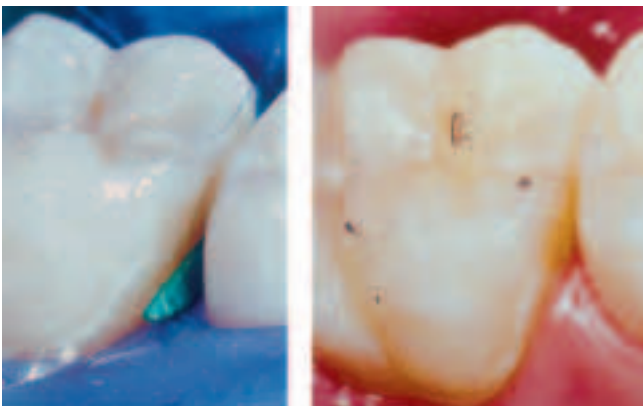


Abb. 21 links Überschussentfernung, Adaptation der bombierten Transparentmatrize und Lichtpolymerisation; rechts: fertiggestellte Mikrofüllung mit lateralem Zugang in der Kontrolle nach einem Jahr

Fig. 21 A gauche: élimination des excès, adaptation de la matrize et polymérisation; à droite: microrestauration posée par accès latéral, après un an

gebnis ist mit Untersuchungen zur Bevelshape-Feile in vitro (84% «perfekte Ränder») und in vivo (76% «perfekte Ränder») vergleichbar [24, 27, 30].

Das Füllen dieser «Kleinstkavitäten» mit Feinpartikel-Hybridkomposit ist unter Einsatz aktueller Dentinadhäsive nach dem «Total-Etch»- und «Total-Bonding»-Verfahren möglich [17]. Bei kleiner Zugangskavität und untersichgehender Exkavation wird die Applikation durch spritzbare mittelvisköse Hybridkomposite, die sich aus dünnen Kanülen auspressen lassen (z.B. Tetric Flow, Vivadent, Schaan, Liechtenstein) vereinfacht. Nur der okklusale Anteil der Füllung wird dann mit einem modellierbaren hochviskösen Komposit erstellt. Bei konventionellem, weiter geöffnetem Kavitätenzugang wird der Defekt mit diagonal oder horizontal platzierten Kompositen, die getrennt polymerisiert werden, gefüllt [9]. Mit einer sorgfältigen approximalen Matrizenadaptation und einer okklusalen Modellation lassen

sich Überschüsse und aufwendige Nachbearbeitungen auf ein Minimum reduzieren. Nach Entfernung der groben Überschüsse mittels Scaler erfolgt die Konturierung und Vorpolitur mit feindiamantierten Proxoshape-Feilen (Korngrösse 15 µm) und nachfolgend die Politur mit Interdentalstrips und weichen Silikonelchen.

Anwendungsbereiche der Torpedoform

Der torpedoförmige Ansatz eignet sich zur approximalen Randabschrägung von Klasse-II-, -III- und -IV-Adhäsivkavitäten sowie von Goldgusspräparationen. Auch für Randpräparationen bei Kronen- und Veneerversorgungen kann dieses Instrument eingesetzt werden.

Bei der «adhäsiven Slot-Restauration» können die Anforderungen an die Schmelzabschrägung – nämlich kurz, prägnant und füllbar – durch Anwendung dieser Instrumente erfüllt werden (Abb. 22). Das Vorgehen entspricht dem bereits bei der Anwendung der Bevelshape-Feile (S. 143) beschriebenen Ablauf. Von der kleinen Primär- bis zur mittelgrossen Ersatzversorgung kann bei zirkulärer Schmelzrandabschrägung durch diagonal angeschnittene Prismen die Voraussetzung für einen dichten Randschluss der Kompositrestauration geschaffen werden. Die

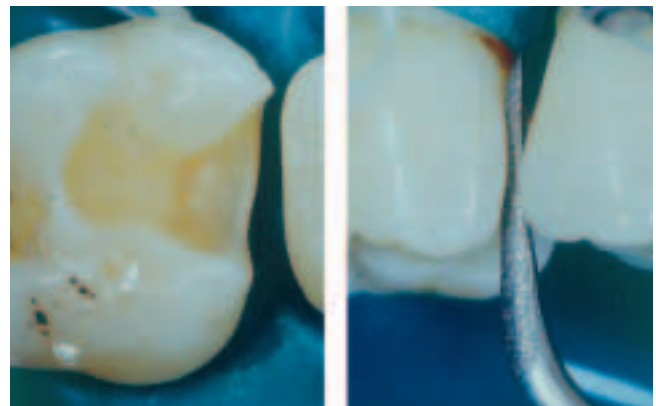


Abb. 22 links Arbeitsposition der Torpedoform an Zahn 26, die Nichtarbeitsseite des Instrumentes ist im Kontakt zum Nachbarzahn; rechts: Die Schmelzabschrägung der Kompositkavität ist kurz, prägnant und füllbar.

Fig. 22 A gauche: position de la Torpédo sur la 26, la partie non travaillante est appuyée contre la dent voisine; à droite: la taille de la cavité pour composite est courte, bien délimitée et remplissable.

definierte Form der Abschrägung ermöglicht eine wandständige Adaptation und vereinfachte Ausarbeitung der Kompositrestauration.

Anwendungsbereiche der Winkelform

Mit der stirnseitig undiamantierten «Winkelform» kann sowohl bei schwer zugänglichen Glatflächenläsionen (Abb. 23) als auch bei Klasse-II-Tunnelrestorationen (Abb. 24) präpariert werden. Bei Tunnelpräparationen [20, 33] erfolgt die Exkavation der approximalen Dentinkaries mit Rosenbohrern über konventionell rotierend eröffnete Okklusalkavitäten. Die proximale Schmelzwand wird hierbei unterminiert, bleibt aber abgesehen von der Perforationsstelle intakt. Mit dem grazilen, gewinkelten Ansatz kann von okklusal in den Defekt eingeschwenkt und die Perforation sondierend mit dem ruhenden Instrument aufgesucht werden. Es folgt die oszillierende Erwei-



Abb. 23 links Winkelansätze mit distaler Diamantierung; rechts: Präparation einer Adhäsivkavität im schwer zugänglichen distobuccalen Bereich des Zahnes 38

Fig. 23 A gauche: pointe angulaire avec la partie distale diamantée; à droite: préparation d'une cavité adhésive avec accès disto-vestibulaire de la 38

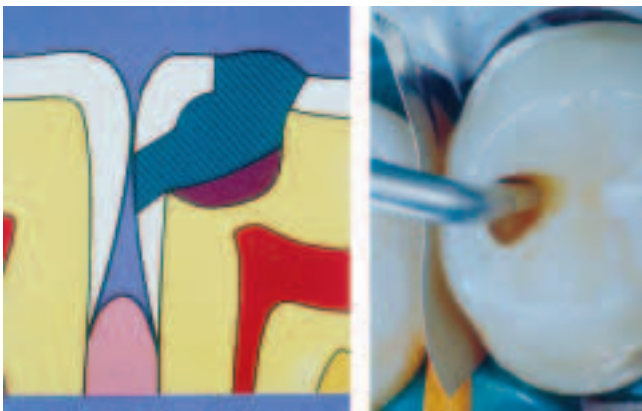


Abb. 24 links Schnittbild einer Tunnelrestauration: Die okklusale Zugangskavität im Bereich der Fossa dient sowohl zur Exkavation der Dentinkaries als auch zur approximalen Schmelzpräparation; rechts: Okklusallansicht der Tunnelpräparation von Zahn 17 mit eingeführtem Winkelansatz. Das Arbeitende befindet sich in der Ap- proximalperforation.

Fig. 24 A gauche: image de la taille d'une restauration de tunnel. L'accès occlusal dans la fosse permet l'excavation de la carie comme la préparation de l'émail dans la zone proximale; à droite: vue occlusale de la préparation du tunnel de la 17 avec la pointe angulaire introduite. La partie travaillante se trouve dans la perforation proximale.

terung des Defektes bis in gesunde Schmelzbereiche hinein und die Randfinierung der Kavität durch die diamantierten Flächen. Da bei einer Verkantung des Instrumentes auch aktive, diamantierte Bereiche in Kontakt zur Nachbarzahnfläche kommen können, empfiehlt sich als Schutzmassnahme die Applikation einer Stahlmatrize.

Bei Klasse-II-Tunnelkavitäten kann besonders bei kleiner okklusaler Zugangskavität die Vollständigkeit der approximalen Kariesentfernung nur selten direkt visuell oder taktill kontrolliert werden. In der Literatur werden neben unvollständiger Kariesentfernung, Probleme mit Randleistenfrakturen und randständiger Füllungstechnik beschrieben [45, 62, 72, 75].

Der präparative Aspekt bei der Tunnelpräparation ist mit den vorgestellten oszillierenden Winkelansätzen lösbar. Die man-

gelnde Übersicht und Kontrollmöglichkeit während der Präparation und Fülltechnik hingegen stellen diese Technik weiterhin in Frage. Ausnahmen sind Tunnelversorgungen in Kombination mit ausgedehnten Okklusalddefekten, die aufgrund der guten Übersicht unproblematisch sind.

Unproblematisch ist die Präparation mit dem «Winkelansatz» bei lückiger Zahnstellung oder durch die Nachbarkavität, also bei direktem Zugang zur Approximalläsion. Der geringe Platzbedarf der Instrumente ermöglicht ein ausschliesslich auf den Defekt gerichtetes Vorgehen. Zur Exkavation der Dentinkaries eignen sich besonders langstielige Rosenbohrer, mit denen ein günstiger Anstellwinkel gewählt werden kann.

Danksagung

Der Entwicklungsgesellschaft der Firma KaVo (INNO), insbesondere Herrn W. Mössle, gilt mein besonderer Dank für die Unterstützung bei der Entwicklung der Instrumente.

Summary

An optimal preparation technique should meet the following requirements: a cavity that does not extend beyond the carious lesion; maximum preservation of sound tooth substance, preparation and margin design adapted to the requirements of the restorative material and its adhesion properties, prevention of adjacent tooth damage, and low technique sensitivity. Oscillating instruments with one diamond-coated and one polished surface have been developed to overcome the limitations of conventional preparation designs dictated by rotary burs. Previously untreated carious lesions were prepared using a modified air-scaler handpiece (SonicSYS®) with various working tips allowing interproximal cavity preparation with minimal extension and a low risk of damaging the neighboring tooth. Another oscillating system is based on the EVA-System. It uses files for the preparation of interproximal bevels and for the finishing of margins of interproximal box, crown and veneer preparations. These oscillating instruments overcome the major limitations of rotary burs for tooth preparation and facilitate conventional cavity preparation. In addition, they allow the use of cavity designs that could not be achieved with conventional instruments.

Literatur

1. ALMQVIST T C, COWAN R D, LAMBERT R L: Conservative amalgam restorations. J Prosthet Dent 29, 524 (1973)
2. AXELSSON P A T: Apparatus for cleaning or polishing of teeth. United States Patent Office Nr. 3552022 (1971)
3. BATTOCK R D, RHODES J, LUND M R: Management of proximal caries on the roots of posterior teeth. Oper Dent 4, 108 (1979)
4. BEN-AMAR, A, METZGER Z, GONTAR G: Cavity design for class II composite restorations. J Prosthet Dent 58, 5 (1987)
5. BLACK G V: Operative Dentistry; Vol I. Medico Dental Publishing Co., Chicago 1908
6. BLUM G: Läppen. In: Spur, G., Stöferle, T. (Hrsg.): Handbuch der Fertigungstechnik: Spanen. Hanser, München 1980
7. CHRISTENSEN G J: Preventive restorative dentistry. Int Dent J 40, 259 (1990)
8. CROLL T P: Lateral-access Class II restoration using resin-modified glass-ionomer or silver-cermet cement. Quintessence Int 26, 121 (1995)
9. DAVIDSON C L: Conflicting interests with posterior use of composite materials. In: Vanherle, G., Smith, D.C. (Hrsg.):

- Posterior composite resin dental restorative materials. Minnesota Mining and Mfg Co 1985, S. 61
10. DIETSCHI D, SCAMPA U, CAMPANILE G, HOLZ J: Marginal adaptation and seal of direct and indirect Class II composite resin restorations: An in vitro evaluation. *Quintessence Int* 26, 127 (1995)
 11. DOUVITSAS G: Effect of cavity design on gap formation in Class II composite resin restorations. *J Prosthet Dent* 65, 475 (1991)
 12. EAMES W B, O'NEAL S J, MONTEIRO J, ROAN J D, COHEN K S: Techniques to improve the seating of castings. *J Am Dent Assoc* 96, 432 (1978)
 13. ELDERTON R J: Cavo-surface angles, amalgam margin angles and occlusal cavity preparations. *Br Dent J* 156, 319 (1984)
 14. GANKERSEER E, WALMSLEY A D: Preliminary investigation into the performance of a sonic scaler. *J Periodontol* 58, 780 (1987)
 15. GARBER D A, GOLDSTEIN R E, FEINMAN R A: Keramische Verblendschalen (Veneers). Quintessenz, Berlin 1989
 16. GRIESINGER H R, MENNE A O L, JEPSEN S, ALBERS H-K, JEPSEN K: Hydrodynamik oszillierender Scaler. *Dtsch Zahnärztl Z* 49, 415 (1994)
 17. GWINNETT A J: Altered tissue contribution to interfacial bond strength with acid conditioned dentin. *Am J Dent* 7, 243 (1994)
 18. HAHN R, LÖST C: Sonoerosive Fertigung keramischer Zahnrestorationen. *Dtsch Zahnärztl Z* 47, 734 (1992)
 19. HALLER B, KLAIBER B, TENS K D: Einfluss der Kavitätenfinierung auf das initiale Abdichtungsvermögen von Amalgamfüllungen in vitro. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 101, 986 (1991)
 20. HASSELROT L: Tunnel restorations. *Swed Dent J* 17, 173 (1993)
 21. HEIDEMANN D: Schmelzrandbearbeitung von Kavitäten im Frontzahn- und Seitenzahnbereich. Ein neu konzipiertes Instrument. *Quintessenz* 42, 1225 (1991)
 22. HOFMANN N, KLAIBER B, HALLER B, HAGHI M, HAUSMANN P: Interproximal margin quality of class II resin restorations in vitro. IADR CED Lyon, (31st annual meeting September 16–17), Abstr No 151 (1994)
 23. HUGO B, LUSSI A, GYGAX M: Anwendungen des EVA-Systems (II). *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 101, 1587 (1991)
 24. HUGO B, LUSSI A, HOTZ P: Die Präparation der Schmelzrandabschrägung bei approximalen Kavitäten. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 102, 1181 (1992)
 25. HUGO B, LUSSI A: Moderne Präparations- und Restaurationstechnologie – Verschiedene Anwendungsmöglichkeiten des EVA-Systems in der zahnärztlichen Praxis (II). *Quintessenz* 44, 207 (1993)
 26. HUGO B, STASSINAKIS A: Removal of hard tooth structure by Rootshape root planing files used with a modified EVA contra-angle. *J Clin Periodontol* 22, 868 (1995)
 27. HUGO B, STASSINAKIS A, HOTZ P: Die Randqualität der Schmelzabschrägung bei adhäsiven Klasse-II-Minikavitäten in vivo. *Dtsch Zahnärztl Z* 50, 832 (1995)
 28. HUGO B, STASSINAKIS A, HOTZ P: New method für reproducible and standardized cavity preparation of class II lesions. *J Dent Res* 74 (Abstract 1274), 560 (1995)
 29. HUGO B, STASSINAKIS A, HOFMANN N, STARZ Ch, KLAIBER B: Entwicklung einer neuen Präparationsmethode zur Versorgung approximaler Defekte. Vortrag auf der 10. Jahrestagung der DGZ, Münster 1996
 30. HUGO B, STASSINAKIS A., HOTZ P, KLAIBER B: Die Entwicklung einer neuen Präparationsmethode zur defektbezogenen Erstversorgung approximaler Karies. *Dtsch Zahnärztl Z* 51, (1996)
 31. HUGO B: Neue Präparations- und Restaurationsmethoden zur defektbezogenen Versorgung approximaler Karies. Teil I. *Quintessenz* 47, 911 (1996)
 32. HUGO B: Neue Präparations- und Restaurationsmethoden zur defektbezogenen Versorgung approximaler Karies. Teil II. *Quintessenz* 47, 1057 (1996)
 33. HUNT P R: A modified Class II cavity preparation for glass-ionomer restorative materials. *Quintessence Int* 15, 1011 (1984)
 34. JINKS G M: Fluoride impregnated cements and their effect on the activity of interproximal caries. *J Dent Child* 30, 87 (1963)
 35. JOKSTAD A: The dimensions of everyday class-II cavity preparations for amalgam. *Acta Odontol Scand* 47, 89 (1989)
 36. KIMMEL K, BÜCHS H, EIBOFNER E: Zahnärztliche Präparationstechnik. Hüthig, Heidelberg 1986
 37. KIMMEL K: Zahnärztliche Präparationstechnik. *Deutscher Zahnärzte-Kalender* 56, 189 (1997)
 38. KLAIBER B, EIBOFNER E, GLEISNER A., LINGENHÖLLE B.: Der Kühleffekt verschiedener Spraysysteme bei Turbine und Schnellaufwinkelstück. *Dtsch Zahnärztl Z* 40, 1194 (1985)
 39. KNIGHT G M: The tunnel restoration. *Dent Outlook* 10, 3 (1984)
 40. KREJCI I, SPERR D, LUTZ F: A three-sided light curing technique for conventional Class II composite resin restorations. *Quintessence Int* 18, 125 (1987)
 41. LANG N P, KIEL R A, ANDERHALDEN K: Clinical and microbiological effects of subgingival restorations with overhanging or clinically perfect margins. *J Clin Periodontol* 10, 563 (1983)
 42. LEHFELDT W: Ultraschall. Physikalische Grundlagen und Anwendungen. Vogelverlag, Würzburg 1973
 43. LOESCHE G M, NEUENBIRG C M, ROULET J-F: Die adhäsive Versorgung konservativer Klasse-II-Kavitäten. *Dtsch Zahnärztl Z* 48, 26 (1993)
 44. LUESCHER B, LUTZ F, OCHSENBEIN H, MÜHLEMANN H R: Microleakage and marginal adaptation in conventional and adhesive Class II restorations. *J Prosthet Dent* 37, 300 (1977)
 45. LUMLEY P J, FISHER F J: Tunnel restorations: a long-term pilot study over a minimum of five years. *J Dent* 23, 213 (1995)
 46. LUSSI A, GYGAX M, HOTZ P: Die Mini-Präparation approximaler Kavitäten. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 97, 186 (1987)
 47. LUSSI A, HUGO B, HOTZ P: Einfluss zweier Finierungsmethoden auf die Mikromorphologie des approximalen Kastenrandes – Eine In-vivo-Studie. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 102, 1175 (1992)
 48. LUSSI A: Verletzung der Nachbarzähne bei der Präparation approximaler Kavitäten. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 105, 1259 (1995)
 49. LUSSI A, GYGAX M: Präparationstechnik zur signifikanten Minimierung von Nachbarzahnverletzungen. *Acta Med Dent Helv* 1, 3 (1996)
 50. MACK P J: A theoretical and clinical investigation into the taper achieved on crown and inlay preparations. *J Oral Rehabil* 7, 255 (1980)
 51. MARKLEY M R: Restorations of silver amalgam. *J Am Dent Assoc* 43, 133 (1951)
 52. MARTIGNONI M, SCHÖNENBERGER A: Präzision und Kronenkontur in der restaurativen Zahnheilkunde. *Quintessenz*, Berlin 1990, S.67–73*; 84–111**

53. McLEAN J W: Aesthetics in restorative dentistry: the challenge for the future. *Br Dent J* 149, 368 (1980)
54. MENNE A O L, GRIESINGER H R, JEPSEN S, ALBERS H-K, JEPSEN K: Vibration Characteristics of oscillating scalers. *J Dent Res* 73, Abstr. Nr. 2661 (1994)
55. MOOPNAR M, FAULKNER K D B: Accidental damage to teeth adjacent to crown-prepared abutment teeth. *Aust Dent J* 36, 136 (1991)
56. MORAND J-M, JONAS P: Resin-modified glass-ionomer cement restoration of posterior teeth with proximal carious lesions. *Quintessence Int* 26, 389 (1995)
57. MÖRMANN W, LUTZ F, CURILOVIC Z: Die Bearbeitung von Gold, Keramik und Amalgam mit Composhape®-Diamantschleifern und Proxoshape®-Interdentalfeilen. *Quintessenz* 34, 1-9 Referat Nr. 6524 (1983)
58. NELSON R J, PELANDER C E, KUMPULA J W: Hydraulic turbine contra-angle handpiece. *J Am Dent Assoc* 47, 324 (1953)
59. NOACK V: Der Einfluss von konfektionierten Glaskeramikeinsätzen auf die Randqualität von kleinen Klasse-II-Füllungen in unterschiedlicher Schmelzqualität. *Zahnmed. Diss., Berlin* 1994
60. O'HARA J W, CLARK L L: The evolution of the contemporary cavity preparation. *J Am Dent Assoc* 108, 993 (1984)
61. OMAN C R, APPLEBAUM E: Ultrasonic cavity preparation II. Progress report. *J Am Dent Assoc* 50, 414 (1955)
62. PAPA J, CAIN CH, MESSER H H: Efficacy of tunnel restorations in the removal of caries. *Quintessence Int* 24, 715 (1993)
63. POSTLE H H: Ultrasonic cavity preparation. *J Prosthet Dent* 3, 153 (1958)
64. QVIST V, JOHANNESSEN L, BRUUN M: Progression of approximal caries in relation to iatrogenic preparation damage. *J Dent Res* 71, 1370 (1992)
65. RELLER U, GEIGER F, LUTZ F: Quantitative investigation of different finishing methods in conventional cavity preparations. *Quintessence Int* 20, 453 (1989)
66. RICHARDS J R: High frequency dental tool and process of frequency dental work. United States Patent Office Nr. 2874470 (1959)
67. RICHTER W A, UENO H: Relationship of crown margin placement to gingival inflammation. *J Prosthet Dent* 30, 156 (1973)
68. ROGGENKAMP C, COCHRAN M A, LUND M R: The facial slot preparation: A nonocclusal option for Class II carious lesions. *Oper Dent* 7, 102 (1982)
69. SCHÄFERS F, RINKE S, SCHÄFERS J, MOTSCH A: Feinbearbeitung von Hohlkehlpräparationen mit drei verschiedenen Instrumenten. *Dtsch Zahnärztl Z* 51, 579 (1996)
70. SCHILLER F: Die Sprengung der Black'schen Fessel. *Zahnärztl Prax* 12, 85 (1961)
71. SCHULZE C E: Dental Instrument. United States Patent Office Nr. 1821079 (1931)
72. SHILLINGBURG H T, JACOBI R, BRACKETT S E: Grundlagen der Zahnpräparation für Zahnersatz aus Metall und Keramik. *Quintessenz*, Berlin 1988, S. 9*
73. SILVER R S: Apparatus for grinding teeth. United States Patent Office Nr. 2411234 (1946)
74. STRAND G V, TVEIT A B: Effectiveness of caries removal by the partial tunnel preparation method. *Scand J Dent Res* 101, 417 (1993)
75. STRAND G V, NORDBO H, TVEIT A B, ESPELID I, WIKSTRAND K, EIDE G E: A three-year clinical study of tunnel restorations. *Eur J Oral Sci* 104, 384 (1996)
76. STURDEVANT C M, ROBERSON T M, HEYMAN H O, STURDEVANT J R: *The Art and Science of Operative Dentistry*. Mosby, St. Louis 1995, S. 325*
77. SUMMITT J B, DELLA BONA A, BURGESS J O: The strength of Class II composit resin restorations an affected by preparation design. *Quintessence Int* 25, 251 (1994)
78. WELBURY R R, MURRAY J J: A clinical trial of the glass-ionomer cement-composit resin «sandwich» technique in Class II cavities in permanent premolar and molar teeth. *Quintessence Int* 21, 507 (1990)
79. WILSON N H F, WILSON M A, WASTELL D G, SMITH G A: Performance of Occlusin in butt-joint and beveledged preparations: Five-year results. *Dent Mater* 7, 92 (1991)
80. ZANDER H A, KOHL J T, KELLER H: New tool for dental prophylaxis. *J Am Dent Assoc* 59, 636 (1961)
81. ZINNER D D: Recent ultrasonic dental studies, including periodontia, without the use of an abrasive. *J Dent Res* 34, 748 (1955)