

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Klinik und Polikliniken für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der
Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. dent B. Klaiber

Vergleich verschiedener Präparationsverfahren zur Versorgung approximaler kariöser Primärläsionen

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der
Medizinischen Fakultät
der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität
zu
Würzburg

vorgelegt von
Oliver Hoffmann
aus Würzburg

WÜRZBURG, JUNI 2002

Referent: Priv.-Doz. Dr. B.Hugo
Koreferent: Prof. Dr. E.J. Richter
Dekan: Prof. Dr.med. S. Silbernagl

Tag der mündlichen Prüfung: 20.05.2003

Der Promovend ist Zahnarzt

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

1	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	3
2	MATERIAL UND METHODE	7
2.1	<u>Herstellung der Kiefermodelle</u>	8
2.2	<u>Herstellung standardisierter kariöser Läsionen</u>	8
3	DURCHFÜHRUNG DER TESTREIHEN	11
3.1	<u>Substanzverlust</u>	11
3.2	<u>Nachbarzahnverletzung</u>	12
3.3	<u>Residualkaries</u>	13
3.4	<u>Abstand der Kavitätenränder zur Nachbarzahnfläche</u>	13
3.5	<u>Präparationszeit</u>	14
4	ERGEBNISSE	15
4.1	<u>Verletzung der Nachbarzähne</u>	15
4.1.1	Verletzung der Nachbarzähne in Abhängigkeit vom Behandler	15
4.1.2	Verletzung der Nachbarzähne in Abhängigkeit von der Kavitätenform	16
4.1.3	Verletzung der Nachbarzähne in Abhängigkeit von Zahntyp und mesial/ distal Lage der Kavität	17
4.2	<u>Residualkaries</u>	17
4.2.1	Residualkaries in Abhängigkeit vom Behandler	17
4.2.2	Residualkaries in Abhängigkeit von der Kavitätenform	18
4.2.3	Residualkaries in Abhängigkeit von Zahntyp und mesialer/ distaler Lage der Kavität	19
4.3	<u>Substanzverlust</u>	19
4.3.1	Substanzverluste in Abhängigkeit vom Behandler	19
4.3.2	Substanzverluste in Abhängigkeit von der Kavitätenform	19
4.3.3	Substanzverlust in Abhängigkeit von Zahntyp und mesialer/ distaler Lage der Kavität	21
4.4	<u>Ausdehnung der Kavität</u>	22
4.4.1	Ausdehnung der Kavität in Abhängigkeit vom Behandler	22
4.4.2	Ausdehnung der Kavität in Abhängigkeit von der Kavitätenform	22
4.4.2.1	Kavitätenbreite im zervikalen Drittel in Abhängigkeit von Zahnart und Lage der Kavität	24
4.4.2.2	Kavitätenbreite im inzisalen Drittel in Abhängigkeit von Zahnart und mesialer/distaler Position der Kavität	24
4.4.2.3	Kavitätenhöhe in Abhängigkeit vom Zahntyp und mesialer/ distaler Position der Kavität	24
4.4.4	Ausdehnung der Kavität: Präparationsfläche	28
4.4.4.1	Präparationsfläche in Abhängigkeit von den Behandlern	28
4.4.4.2	Präparationsfläche in Abhängigkeit von der Kavitätenform	28
4.4.4.3	Präparationsfläche in Abhängigkeit vom Zahntyp und mesialer/ distaler Lage der Kavität	28

<u>4.5</u>	<u>Approximale Spalträume</u>	30
4.5.1	Ausdehnung der approximalen Spalträume in Abhängigkeit vom Behandler	
4.5.2	Ausdehnung der approximalen Spalträume in Abhängigkeit von der Kavitätenform	32
4.5.3	Ausdehnung der approximalen Spalträume in Abhängigkeit von Zahnart und Lage der Kavität	33
<u>4.6</u>	<u>Präparations- und Exkavationszeit</u>	36
4.6.1	Präparations- und Exkavationszeit in Abhängigkeit vom Behandler	36
4.6.2	Präparations- und Exkavationszeit in Abhängigkeit von der Kavitätenform	36
4.6.3	Präparationszeit in Abhängigkeit vom Zahntyp und Lage der Kavität	36
5	DISKUSSION	40
<u>5.1</u>	<u>Problemstellung</u>	40
<u>5.2</u>	<u>Methodik</u>	41
5.2.1	Präparation standardisierter kariöser Läsionen	41
5.2.2	Verwendung von Kiefermodellen im Phantomkopf	42
5.2.3	Substanzverlust	42
5.2.4	Verletzung der Nachbarzähne	42
<u>5.3</u>	<u>Ergebnisse</u>	43
5.3.1	Verletzung der Nachbarzähne	43
5.3.2	Verbleibende kariöse Areale	44
5.3.3	Invasivität der Verfahren: Substanzverluste	45
5.3.4	Invasivität der Verfahren: Präparationsfläche	46
<u>5.4</u>	<u>Ausdehnung der approximalen Spalträume (Clearance)</u>	47
5.4.1	Ausdehnung der approximalen Spalträume in Abhängigkeit vom Behandler	47
5.4.2	Ausdehnung der approximalen Spalträume in Abhängigkeit von der Kavitätenform	47
5.4.3	Ausdehnung der approximalen Spalträume in Abhängigkeit von Zahnart und Lage der Kavität	48
<u>5.5</u>	<u>Präparationszeit</u>	48
6	ZUSAMMENFASSUNG	49
	LITERATUR	51
	HERSTELLERVERZEICHNIS	56

1 Einleitung und Problemstellung

Eine optimale Gestaltung der Kavitätenform bildet die Grundlage jeder restaurativen Therapie kariöser Läsionen.

Dabei sollten ideale Präparationsverfahren unter Erhaltung gesunder Zahnschubstanz defektbezogene Kavitäten ermöglichen, deren Grundform und Randgestaltung auf das Füllungsmaterial abgestimmt ist.

G.V. Black führte zu Beginn dieses Jahrhunderts erstmals eine Systematik für das Vorgehen bei der Kavitätenpräparation ein. Hierbei bildeten die Einteilung in Umriß-, Retentions-, Widerstands-, Erleichterungs- und der Extensionsform den Kern seiner Aussage (G. V. BLACK 1908).

Auch wenn die Postulate Blacks bis heute nicht grundsätzlich an Gültigkeit verloren haben, kam es schon früh zu Kritik und Verbesserungsvorschlägen (OHARA, CLARK 1984; SIGURJONS 1983). Hierbei stand insbesondere die Forderung nach der Extensionsform im Mittelpunkt der Anfechtungen. Schon in den 30er Jahren dieses Jahrhunderts forderte Prime eine zahnschubstanzschonendere Präparationsform. Dieser Forderung schlossen sich im Laufe der nächsten Jahrzehnte immer mehr Autoren an. Dabei spielte neben der mechanischen Festigkeit der verbleibenden Zahnschubstanz vor allem die Schonung nicht kariösen Gewebes eine zentrale Rolle (OHARA und CLARK 1984; ELDERTON, R. J. 1984 u. 1992).

Verbesserungen im Bereich des Präparationsinstrumentariums sowie der Kariesprophylaxe ermöglichten eine Abkehr von der Forderung Blacks nach "Extension for Prevention".

Weiterhin wirkt sich eine grazilere Gestaltung der Kavitäten positiv auf das Randverhalten von Restaurationen, wie z.B. Amalgamfüllungen, aus (HOYER, GÄNGLER, WUCHERPFENNIG 1992).

Mit der Einführung der Füllungskomposite und der Adhäsivtechnik eröffnete sich ein breites Spektrum an Möglichkeiten der Kavitätengestaltung, da Kavitätenformen unabhängig von den klassischen Retentionsformen möglich wurden (FUSAYAMA 1983). Dem ärztlichen Grundsatz "primum non nocere" folgend, sollte dabei eine sichere Exkavation der Karies unter maximaler Schonung der gesunden Zahnschubstanz und des Nachbarzahnes gewährleistet sein. Ähnliche Konzepte wurden auch für die Kavitätengestaltung für Glasionomerzemente postuliert (HUNT 1984 u. 1990).

Dies führte zu völlig neuen Ansätzen in der Kavitätengestaltung, bei denen eine möglichst geringe Ausdehnung der Kavität im Vordergrund steht. Hierbei ist nur noch die Schmelzrandgestaltung mit einer definierten Form vorgegeben.

So sollten die Schmelzränder definiert angeschrägt werden, um das Herausbrechen von Schmelzprismen zu verhindern (OILO und JOERGENSEN 1977).

Kavitäten, die diesen Anforderungen gerecht werden, können mit okklusalem Zugang durch die Randleiste und einer tropfenförmigen, der Ausbreitung der Karies folgenden Umrißform präpariert werden (ELDERTON 1984).

Eine Eröffnung von lateral unter Erhalt der Randleiste ist ebenfalls denkbar (ROGGENKAMP 1982, CHRISTENSEN 1990).

Da ein direkter Zusammenhang zwischen Kavitätengröße und Häufigkeit iatrogener Schäden an Nachbarzähnen dahingehend besteht, daß es bei kleineren Kavitäten signifikant häufiger zu Verletzungen kommt (LUSSI 1995), stellt eine minimal invasive Präparationstechnik höhere Anforderungen an den Behandler.

Eine Ausdehnung der Präparationsextension zur Vermeidung von Nachbarzahnverletzungen widerspricht der heutigen Auffassung von einer zahnschutzschonenden Präparationstechnik.

Des weiteren führt eine Vergrößerung der Kavitätenextension zwar zu einer signifikanten Verringerung der Verletzungsgefahr für die Nachbarzähne, nicht aber zu deren vollständiger Vermeidung. So kommt es unter Praxisbedingungen auch bei weiter extendierten Kavitäten bei Anwendung rotierender Instrumente in der Mehrzahl der Fälle zu Verletzungen der Nachbarzähne (LUSSI 1995, QUIST, JOHANNESSEN, BRUUN 1992).

Eine Vermeidung iatrogener Schäden an den Nachbarzähnen ist nicht nur unter dem Gesichtspunkt der unmittelbaren Schädigung gesunder Zahnschicht zu sehen, sondern auch unter dem Aspekt einer höheren Kariesanfälligkeit unbehalteter beschädigter Areale. Über einen Zeitraum von sieben Jahren beschrieben QUIST et al. (1992) eine mehr als doppelt so hohe Anzahl neu entstandener kariöser Läsionen an beschädigten Zahnflächen im Vergleich zu unbeschädigten Arealen. Die Nachbearbeitung der verletzten Flächen ermöglicht die Entfernung potentieller Plaqueerhaltungsstellen, führt aber zu einer weiteren Freilegung tieferer Schmelz- und Dentinschichten. Um die Entstehung kariöser Läsionen in diesen Bereichen zu verhindern, ist eine konsequente Fluoridtherapie und regelmäßige Kontrolle unabdingbar (QUIST, JOHANNESSEN, BRUUN 1992).

Es stellt sich so die Forderung nach einer Erweiterung des Präparationsinstrumentariums über die heute üblichen rotierenden Instrumente hinaus.

Weder Laser noch Pulverstrahlgeräte haben sich in der Praxis oder in wissenschaftlichen Untersuchungen als alternatives Verfahren durchsetzen können. Neben anwendungstechnischen Problemen, für deren Lösung noch ein erheblicher Forschungsbedarf besteht, sind im Vergleich zu rotierenden Instrumenten nur schwer Vorteile oder ein erweiterter Anwendungsbereich zu erkennen. Vielmehr weisen bei-

de Methoden einen auf einfache Klasse-I- und V-Kavitäten beschränkten Anwendungsbereich auf und können somit der Forderung nach einer Optimierung bestehender Präparationstechniken nicht nachkommen.

Ideal wären Instrumente mit einem auf die Präparationsgeometrie abgestimmten, spezifisch geformten Arbeitsende, die im Bereich der Kontaktfläche des Nachbarzahn keine Substanz abtragen.

Oszillierende Instrumente oder Handinstrumente können diese Kriterien erfüllen.

Handinstrumente tragen Zahnschubstanz eher punktuell ab. Ebenso weisen sie eine geringe Abtragungseffizienz auf. Somit ermöglichen sie keine wesentliche Formveränderung der Grundpräparation.

Des Weiteren wurde in verschiedenen Studien die Qualität von handinstrumentierten Rändern als ungenügend beurteilt (HUGO 1992, LUSSI 1988, RELLER et al. 1989). Neben ungenügend bearbeiteten Arealen kam es oft zu lokalisierten Schmelzausprengungen, vermutlich als Folge von zu hoher Druckerwendung seitens des Behandlers.

Niedrig- oder hochfrequent oszillierende Instrumente ermöglichen ebenfalls das Arbeiten mit spezifisch geformten Arbeitsenden ohne Verletzungsgefahr der Nachbarzähne. Dabei besitzen sie im Vergleich zu Handinstrumenten eine höhere Abtragungseffizienz. Oszillierende Instrumente kann man grob in die Gruppe der Schall- und Ultraschallinstrumente einteilen, sowie in Instrumente, die nach dem "Schwingschleiferprinzip" arbeiten. Bei letzteren, die schon in den vierziger Jahren vorgestellt wurden, wird die Antriebsbewegung des Winkelstückes über einen Excenter in eine Auf- und Abbewegung umgewandelt. Axelsson entwickelte auf Basis dieses Prinzips seinen "Apparatus for Cleaning or Polishing of Teeth", der heute als "EVA-Gerät" bekannt ist (AXELSSON 1971). Vergleichbare Geräte werden heute von mehreren Herstellern mit unterschiedlicher Hubauslenkung und arretierbarer bzw. frei drehbarer Arbeitsposition der Feilenansätze angeboten.

Ein Sortiment an teildiamantierten Feilen und andere Instrumentansätze erweitert das Anwendungsspektrum weit über das von Axelsson ursprünglich vorgesehene hinaus (LUSSI 1987). Der Anwendungsbereich dieser Instrumente umfasst heute verschiedene Präparationsapplikationen, die Ausarbeitung und Politur von Restaurationen, die Wurzelflächenbearbeitung bei Parodontalerkrankungen, sowie die Aufbereitung von Wurzelkanälen.

Schalldruck- und Ultraschallinstrumente werden schon seit geraumer Zeit in der Zahnmedizin als Scaler und zur Aufbereitung sowie Reinigung von Wurzelkanälen angewandt (SPRANGER 1970, LEFKOWITZ 1957).

Schon in den fünfziger Jahren wurden erste Versuche unternommen, Ultraschallgeräte zur Kavitätenpräparation zu verwenden. So beschreiben Oman und Applebaum

die Kavitätenpräparation mittels eines Ultraschallgerätes mit einem nicht selbst-schneidenden Ansatz (OMAN, APPLEBAUM 1955). Zum Abtrag der Zahnschubstanz wird eine Suspension mit Abrasivpartikeln verwendet. Postle beschreibt ebenfalls ein Verfahren zur Kavitätenpräparation mit Ultraschallinstrumenten (POSTLE 1958).

Zeitgenössische Studien heben die hohe Akzeptanz der Methode seitens des Patienten hervor (HARTLEY 1957).

Nachteilig wird die Verschmutzung des Mundspiegels durch die abrasive Suspension und die daraus resultierende eingeschränkte Sicht beschrieben (POSTLE 1958).

Trotz der positiven Bewertung der Methode konnte diese sich nicht durchsetzen. Insbesondere der Präparation mit der zur gleichen Zeit aufkommenden Turbine und dem Luftmotor wurde mehr Aufmerksamkeit gewidmet.

Erst in jüngster Zeit kam es erneut zu Versuchen, Schalldruckinstrumente zur Kavitätenpräparation zu verwenden (KREJCI und LUTZ 1995, HUGO et al. 1995, HUGO 1996). Im Gegensatz zu den historischen Versuchen werden bei den neuen Verfahren diamantierte Arbeitsenden benutzt, wodurch die Verwendung einer abrasiven Suspension entfällt. Des Weiteren dienen neben Ultraschallinstrumenten auch Schalldruckinstrumente als Antrieb.

Die folgende Untersuchung sollte verschiedene Formen und Techniken der Kavitätenpräparation bei Klasse-II-Primärversorgungen mit oszillierenden bzw. rotierenden Instrumenten hinsichtlich der klinisch bedeutsamen Aspekte Kavitätenausdehnung, Substanzverluste, Vollständigkeit der Kariesexkavation, Beschädigung der Nachbarzähne und Präparationszeit vergleichen.

2 Material und Methode

In kariesfreie menschliche Seitenzähne wurden mesial und distal mittels speziell angefertigter Schleifer (KaVo, Biberach) künstliche "kariöse Läsionen" unmittelbar unterhalb des approximalen Kontaktareales präpariert.

Nach Schmelz- und Dentinkonditionierung mittels 37% Phosphorsäure und Opti-Bond FL (Kerr, Karlsruhe) wurden die Läsionsinnenwände mit brauner Kompositmalfarbe (Color Modifiers, No.23396, Kerr, Karlsruhe) eingefärbt und der Defekt mit Fermit® (Vivadent, Schaan Liechtenstein) aufgefüllt und lichtgehärtet.

Je zwei Prämolaren und Molaren wurden in ein für diesen Verwendungszweck angefertigtes Phantommodell jeweils angrenzend an Kunststoffzähne (KaVo EWL Nr. 62231251, Nr. 6231261) montiert. Zur Simulation der klinischen Situation wurden Bißflügelröntgenaufnahmen angefertigt. Die Präparationen erfolgten mittels vorgegebener Instrumentensets im Phantomkopf (Gebißschädel G 50, KaVo EWL).

Insgesamt wurden 30 Prämolaren und 30 Molaren mit 120 Kavitäten versorgt. Es wurden 5 Kavitätenformen (A-E) (Abb. 1) mit jeweils 24 Präparationen unterschieden. Sechs mit den jeweiligen Methoden vertraute Zahnärzte erstellten von jeder der 5 festgelegten Kavitätenformen jeweils vier Präparationen. Um Übungseffekte auszuschließen, mußten während eines der insgesamt fünf "Behandlungstermine" jeweils unterschiedliche Kavitätenformen präpariert werden.

Für die rotierende Grundpräparation bei den Formen A-D stand ein Rotringwinkelstück (25 LH, KaVo, Biberach) zur Verfügung. Die künstliche "Karies" (Fermit/ Malfarbe) sollte mit Rosenbohrern (Gr. 009, Gr. 012) im Grünringwinkelstück (29 LN, KaVo, Biberach) bis ins nicht gefärbte Dentin entfernt werden.

Die Bewertungskriterien für die Ausführung der Kavitäten waren unter dem Aspekt "Invasivität" die proximale Kavitätenausdehnung und der Substanzverlust durch die Präparation und unter dem Aspekt "korrekte Ausführung" die Kariesfreiheit nach Exkavation, die beschädigungsfreie Nachbarzahnfläche, die Ausdehnung der approximalen Spalräume sowie die Präparationszeit.

Die statistische Prüfung der erhaltenen Werte erfolgte anhand des Chiquadrat- und des Tukey HSD-tests. Bei multiplen Vergleichen wurde eine Bonferroni-Korrektur angewendet. Signifikante Unterschiede wurden mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ festgelegt.

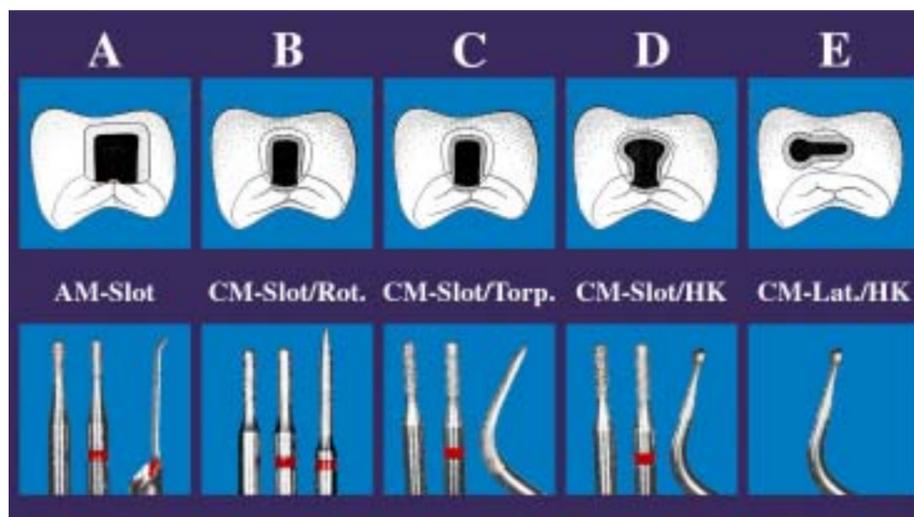


Abb.1. Kavitätenformen und die zur Präparation verwendeten Instrumentensets.

2.1 Herstellung der Kiefermodelle

Verwendung fanden je 30 kariesfreie menschliche Prämolaren und Molaren, deren Wurzeln entfernt wurden. Die Zahnkronen wurden für die spätere Montage in Modellen auf Messingblöckchen mit Kunststoff (Palavit G, Heraeus Kulzer GmbH, Wehrheim/Ts) befestigt. Die Lagerung der Zähne erfolgte in 0.1% Chloraminlösung.

Als Kiefermodell diente ein aus Kunststoff gefräster Grundkörper (KaVo EWL, Leutkirch), der im Phantomkopf (Gebißschädel G 50, KaVo EWL, Leutkirch) befestigt werden kann.

Die Zähne wurden mit Kunststoff (Palavit G, Heraeus Kulzer GmbH, Wehrheim/Ts) in den Modellen befestigt. Als Nachbarzähne dienten Frasaco-Zähne (Nr. 62231251, Nr. 6231261), wobei jeweils als zweiter Prämolare und als zweiter Molar ein natürlicher Zahn benutzt wurde.

2.2 Herstellung standardisierter kariöser Läsionen

Nach Herstellung der Modelle wurden die approximalen Kontaktareale der Zähne mittels Okklusionspapier dargestellt und die natürlichen Zähne aus den Modellen entnommen.

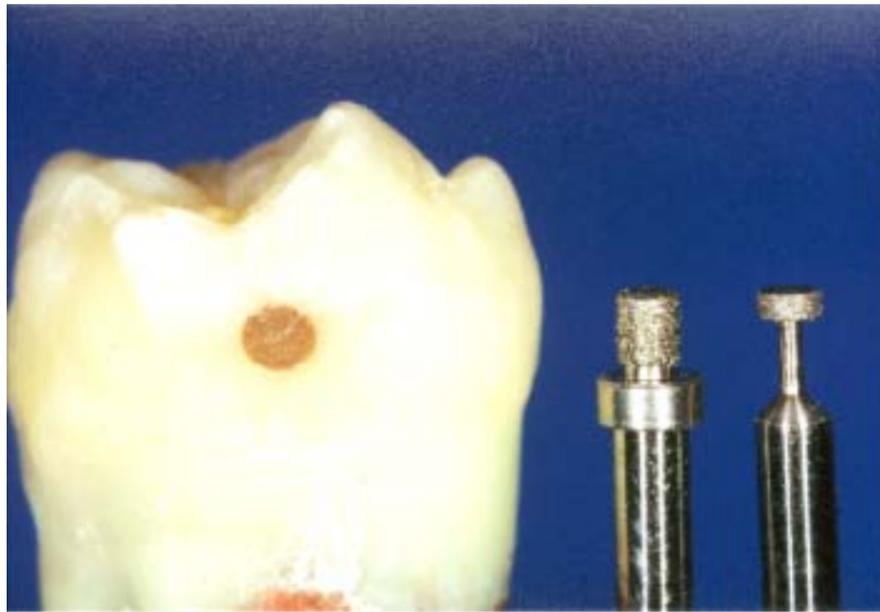
Etwas unterhalb des Kontaktareals wurden die standardisierten Läsionen mit einem inneren Radius von 2,3 mm und einem äußeren von 1,4 mm präpariert. Dies geschah mittels speziell angefertigter Diamantschleifer (KaVo, Biberach). Hierzu wurde der zylinderförmige Schleifer bis zum Anschlag (entsprechend einer Tiefe von 1,8 mm) eingesenkt, und dann die unterminierende Läsion mit dem radförmigen, nur an den

Seiten diamantierten Schleifer präpariert. Die angewendeten Dimensionen der Läsionen beruhen auf den Angaben verschiedener Autoren (MARTHALER und GERMANN 1970, BUCHHOLZ 1977, ESPELID und TVEIT 1986, RUGG-GUNN 1972, THYLSTRUP et al.1986) und eigenen Röntgenauswertungen (Röntgenaufnahmen (Bitewing und Zahnfilme) des Archives der Abteilung für konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie der Universität Würzburg. Die Vermessung von 121 Approximalkstellen mit Primärläsionen ergab eine durchschnittliche Ausdehnung im Schmelz von 1,07 mm sowie im Dentin von 2,21 mm. Die durchschnittliche Tiefe der Läsion betrug 1,89 mm).

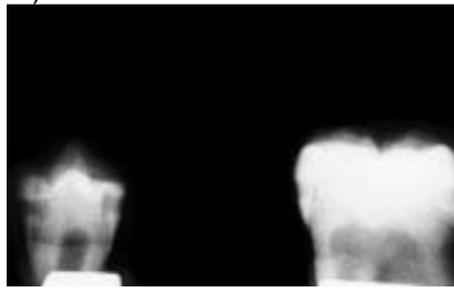
Vor der Präparation mit der ersten Walze wurde mit einer kleinen diamantierten Kugel angeköhrt. Nach Fertigstellung der Kavität wurde deren Größe mittels der Walzen überprüft. Wiesen diese beim Einpassen Spiel auf, wurde der Zahn verworfen.

Nach Anätzung der Kavitätenoberfläche mit Etchinggel ("Email Preparator GS", Vivadent, Schaan Liechtenstein) und Vorbehandlung mit "Optibond FL" (Kerr, Karlsruhe) wurde diese mit brauner Kompositmalfarbe (Color Modifiers, No. 23396, Kerr, Karlsruhe) angefärbt und mit "Fermit N" (Vivadent, Schaan Liechtenstein), einem provisorischen Füllungskunststoff, das nach dem Aushärten eine elastische Konsistenz behält, gefüllt.

Unter sechsfacher Vergrößerung wurden eventuelle Überstände des Füllungsmaterials mit einem Skalpell entfernt.



a.)



b.)



c.)

Abb. 2. Instrumente zur Präparation der standardisierten „kariösen Läsionen“. „Kariöse Läsion“ in der Ansicht von approximal (a.). Darstellung der Läsion im Röntgenbild (b.). Querschnitt durch einen vorbereiteten Zahn mit mesialen und distalen Läsionen (c.).

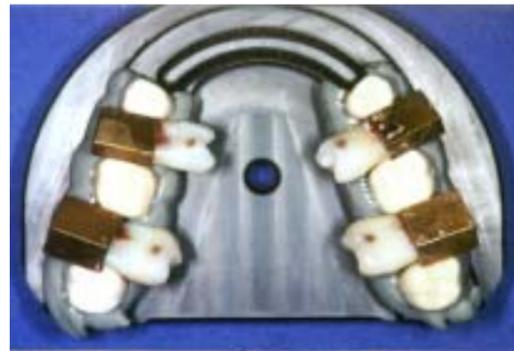


Abb. 3. Kiefermodelle mit eingesetzten bzw. herausgenommenen Testzähnen.

3 Durchführung der Testreihen

Zur Simulation der klinischen Situation erfolgten die Präparationen im Phantomkopf (Gebißschädel G 50, KaVo EWL). Zuvor wurden Bißflügelröntgenaufnahmen angefertigt.

Insgesamt wurden 30 Prämolaren und 30 Molaren mit 120 Kavitäten versorgt. Es wurden 5 Kavitätenformen (A-E) mit jeweils 24 Präparationen unterschieden. Sechs mit den jeweiligen Methoden vertraute Zahnärzte erstellten von jeder der fünf festgelegten Kavitätenformen jeweils vier Präparationen. Um Übungseffekte auszuschließen, mußten während eines der fünf festgelegten "Behandlungstermine" jeweils drei unterschiedliche Kavitätenformen präpariert werden. Es wurde jeweils die zur Präparation und die zur Exkavation benötigte Zeit getrennt voneinander bestimmt.

Für die rotierende Grundpräparation bei den Formen A-D stand ein Rotringwinkelstück (25 LH, KaVo, Biberach) zur Verfügung.

Die künstliche Karies (Fermit/Malfarbe) sollte mit Rosenbohrern (Gr. 009, Gr. 012) im Grünringwinkelstück (29 LN, KaVo, Biberach) bis ins nicht gefärbte Dentin entfernt werden

3.1 Substanzverlust

Gemessen wurde die Ausdehnung der Kavität und das Gewicht der entfernten Zahnschubstanz.

Zur Bestimmung der oberflächlichen Ausdehnung der Kavitäten wurden die Zähne vor und nach der Präparation standardisiert von approximal fotografiert (Nikkon F4, Zwischenring PN-11, Objektiv: AF Micro Nikkor 105 mm, Nikkon GmbH, Tokio, Japan). Mittels eines Diaprojektors (Kindermann Diafocus AV150, Objektiv 1:2,8:60) erfolgte die Projektion der Dias aus definiertem Abstand. Die aus der Projektion resultierende 14,7-fache Vergrößerung ergab zusammen mit der 1,7-fachen Vergrößerung beim Fotografieren eine 25-fache Gesamtvergrößerung. Die Zahn- und Kavitätenumrisse wurden mit einem Bleistift durchgezeichnet und die Zeichnungen der Ausgangs- und der Endsituation überlagert. Die planimetrische Bestimmung der Extensionsfläche erfolgte mittels eines Morphometriebrettes (MOP/ AM 03, Kontron Messgerät GmbH, München).

Zur Bestimmung des Gewichtes der verlorenen Substanz wurden die Zähne vor und nach jeder Präparation gewogen (Sartorius BD 110/5).

3.2 Nachbarzahnverletzung

Zur Bestimmung der Verletzungen der Nachbarzähne wurden diese zunächst unter sechsfacher Vergrößerung betrachtet.

Um die Verletzungen deutlicher darzustellen, wurden die Oberflächen in einem zweiten Durchgang mit Okklusionsfolie angefärbt und erneut bewertet.

Bewertungskriterien:

0: Verletzungsfrei/ leicht angeraute Oberfläche ohne nennenswerten Substanzverlust.

1: Deutliche Verletzung mit eindeutigem Substanzverlust.



Abb. 4. Phantomkopf mit eingesetztem Kiefermodell



Abb. 5. Verletztes approximales Areal nach Anfärbung

3.3 Residualkaries

Die Kavitäten wurden unter zweifacher Vergrößerung (Vx2-330, Carl Zeiss, Aalen) auf verbleibende kariöse Areale untersucht. Hierbei wurden Zähne als "kariesfrei" bewertet, wenn keine Verfärbungen oder Fermitreste vorhanden waren. Vorhandene Fermitreste oder Reste von Kompositmalfarbe führten zur Beurteilung "Residualkaries".

Es entstanden so folgende Ergebnisgruppen:

0: Kariesfrei (keine Fermit-/ Farbreste)

1: Residualkaries (Fermit-/ Farbreste vorhanden)



a.)

b.)

Abb. 6. Deutliche „Residualkaries“ bei der Kavitätenform E im lateralen Eröffnungsbereich (a.) „Geringfügige Residualkaries“ an einer Amalgam-Slotkavität im Bereich des okklusalen Zuganges, Form A (b.).

3.4 Abstand der Kavitätenränder zur Nachbarzahnfläche ("Clearance")

Die Ausdehnung der approximalen Spalträume wurde im Bereich des Kavitätenbodens sowie bukkal und lingual bzw. palatinal gemessen.

Die Messung erfolgte mit für diesen Verwendungszweck angefertigten Meßlehren (KaVo EWL, Leutkirch). Diese bestanden aus 1 cm langen Messingzylindern definierten Durchmessers.

Verwendet wurden Lehren mit Querschnitten von 0.2 mm bis 0.5 mm in einer Staffelung von 0.1 mm, 0.75 mm bis 2.0 mm in einer Staffelung von 0.25 mm und 2.0 mm bis 4.0 mm in einer Staffelung von 0.5 mm.

Zur Messung wurden die Lehren entlang des mesialen, distalen und apikalen Kavitätenrandes geführt.

Der Durchmesser der größten Lehre, die ohne Widerstand durch den engsten Bereich des jeweiligen Kavitätenrandes bewegt werden konnte, wurde als Meßwert genommen.

3.5 Präparationszeit

Die gesamte Präparationszeit wurde gemessen. Ferner gab der jeweilige Behandler die Zeitpunkte des Beginnes und des Endes der Kariesexkavation an. Zur Zeitmessung dienten Digitalstoppuhren mit Minuten- und Sekundenanzeige (Krupps).

4 Ergebnisse

4.1 Verletzung der Nachbarzähne

4.1.1 Verletzung der Nachbarzähne in Abhängigkeit vom Behandler

Es wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede bezogen auf das Ausmaß der Verletzung der Nachbarzähne in Abhängigkeit von den Behandlern festgestellt (Abb. 7.).

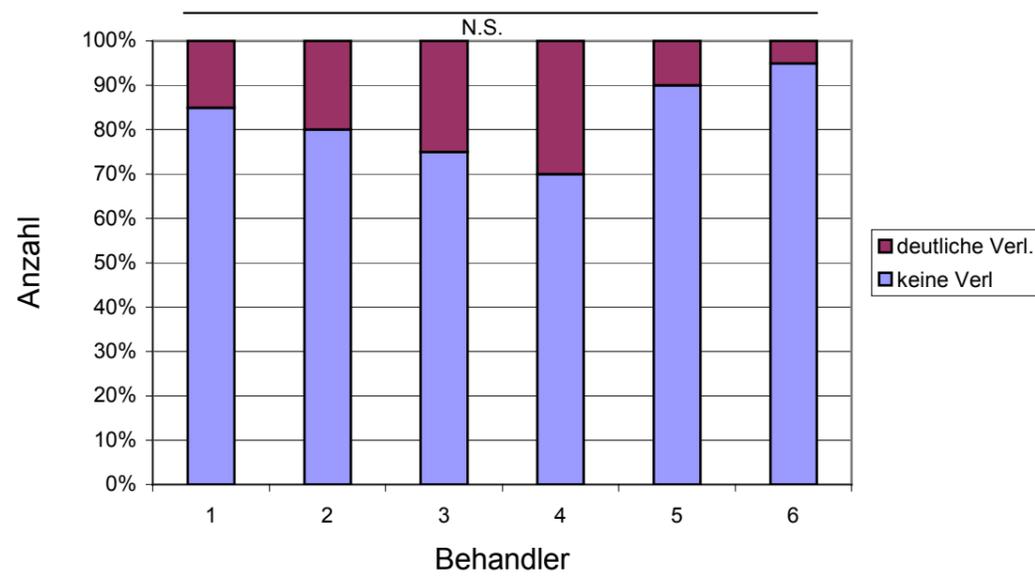


Abb. 7. Verletzung der Nachbarzähne in Abhängigkeit vom Behandler in Prozent (n=20;p>0,05)

4.1.2 Verletzungen der Nachbarzähne in Abhängigkeit von der Kavitätenform

Insgesamt wurden in 82% der Fälle die Nachbarzähne nicht oder nur minimal verletzt. Hierbei kamen statistisch signifikant mehr Verletzungen in den Gruppen A (AM-Slot) und B (CM-Slot/ Rot.) vor ($p=0,001$).

Es entfielen von den 18% der Präparationen mit Verletzungen der Nachbarzähne 7% auf die Gruppe A, 8% auf die Gruppe B, 2% auf die Gruppe C (CM-Slot/ Torp.), 1% auf die Gruppe D (CM-Slot/ HK). Bei der Gruppe E (CM-Lat./ HK) kam es zu keinen Verletzungen an den Nachbarzähnen (Abb. 8.).

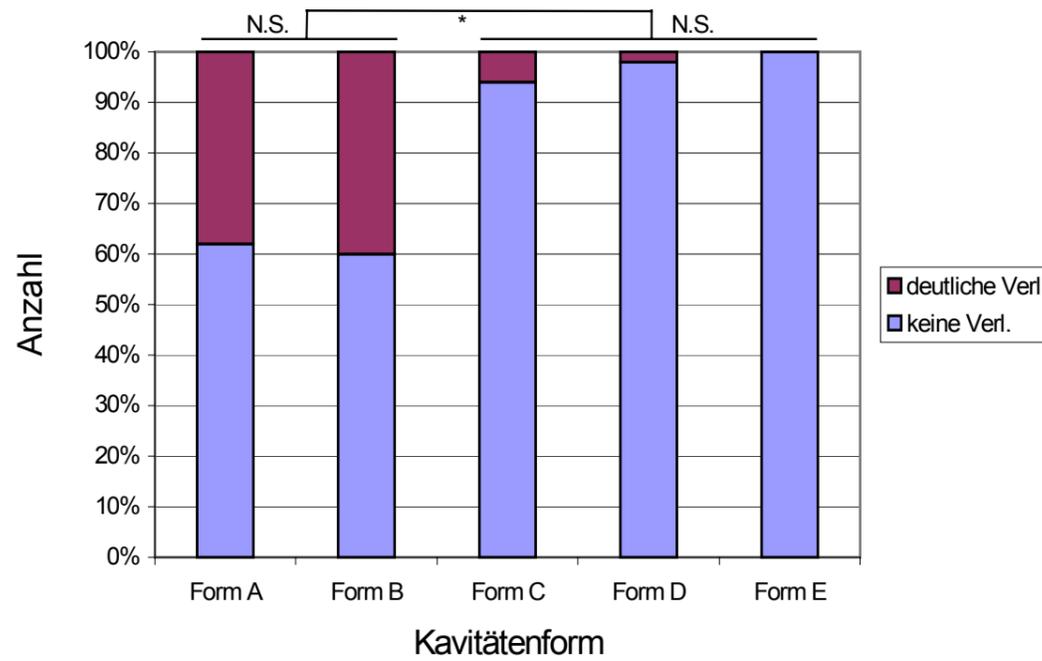


Abb. 8. Verletzungen der Nachbarzähne in Abhängigkeit von der Kavitätenform ($n=20$; $p=0,001$)

4.1.3 Verletzungen der Nachbarzähne in Abhängigkeit vom Zahntyp und Lage der Kavität

Es bestand kein Unterschied im Ausmaß der Verletzungen in Abhängigkeit davon, ob es sich bei dem präparierten Zahn um einen Molaren oder Prämolaren handelte. Bei der Präparation der Mesialkavitäten traten signifikant mehr Verletzungen der Nachbarzähne auf als bei der der Distalkavitäten. Bezogen auf die Gesamtzahl der Präparationen kam es bei der der Distalkavitäten in 4.17% der Fälle zu Verletzungen der Nachbarzähne, 45.83% blieben unverletzt. Bei der Präparation der Mesialkavitäten hingegen kam es in 13.33% der Fälle zu Verletzungen, nur 36.67% der Nachbarzähne blieben verletzungsfrei (Tab. 3-4).

4.2 Residualkaries

Der Unterschied zwischen der Gruppe der kariesfreien Zähne und der Gruppe der Kavitäten mit Restkaries war statistisch signifikant, wobei die Anzahl der kariesfreien Zähne deutlich überwog (70.83% kariesfreie Kavitäten zu 29.17% Kavitäten mit Restkaries, $p < 0,05$). Das Füllmaterial (Fermi N) wurde in allen Fällen vollständig entfernt. Die vorhandene Restkaries bestand ausschließlich aus Kompositmalfarbe.

4.2.1 Residualkaries in Abhängigkeit vom Behandler

Zwischen den einzelnen Behandlern ließen sich lediglich Tendenzen, aber keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Effektivität der Kariesexkavation feststellen ($p = 0,14$).

Bei jedem Behandler bestand ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen „kariesfrei“ und „Residualkaries“, wobei die Anzahl der rezidivfreien Kavitäten größer war ($p < 0,01$) (Abb. 9.).

4.2.2 Residualkaries in Abhängigkeit von der Kavitätenform

Auch bei Auswertung der verschiedenen Kavitätenformen ließen sich lediglich Tendenzen, aber keine statistisch signifikanten Unterschiede feststellen ($p > 0,05$) (Abb. 10.).

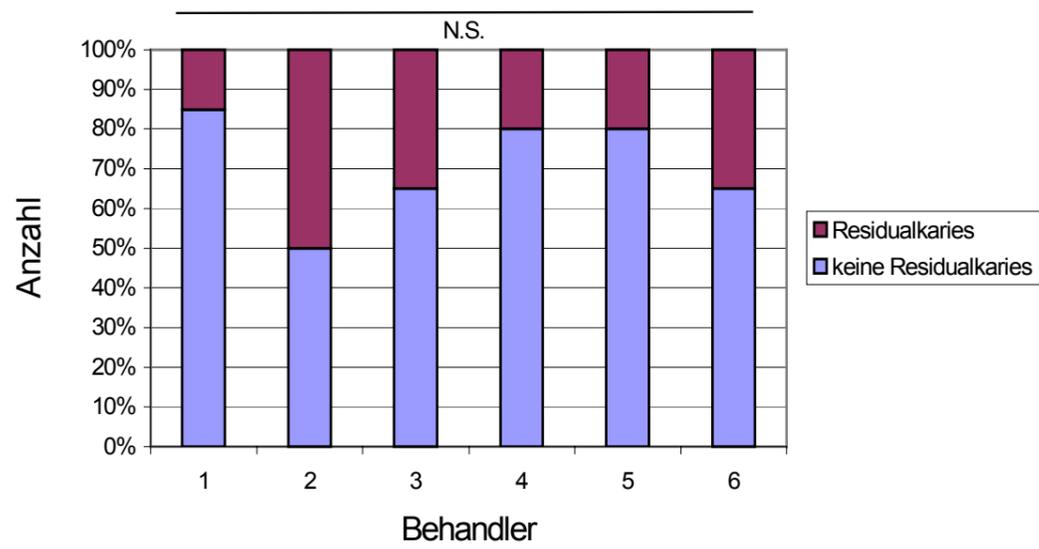


Abb. 9. Residualkaries in Abhängigkeit vom Behandler.

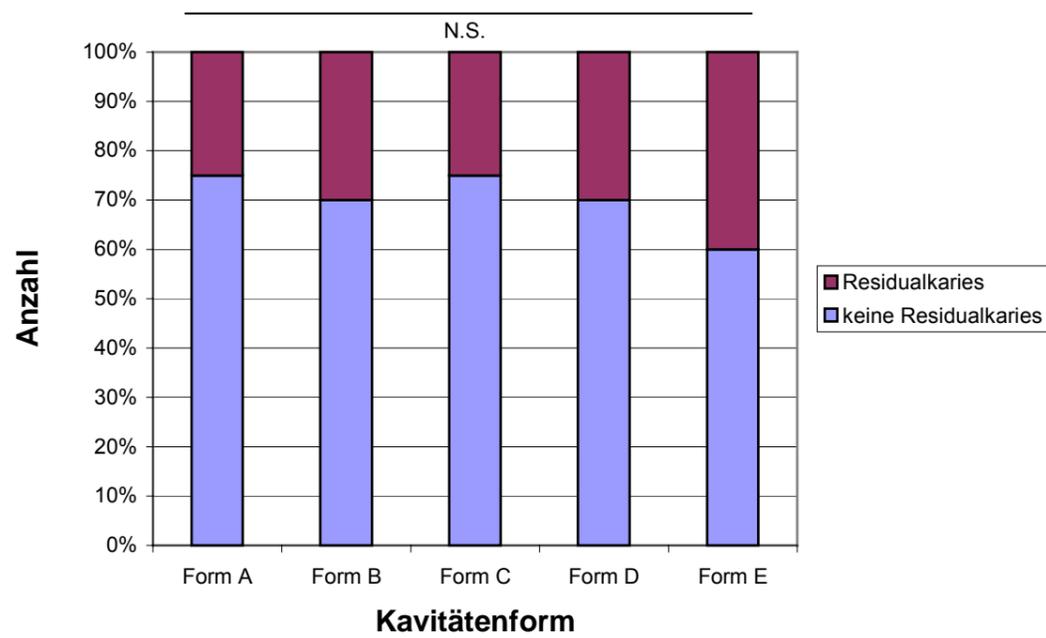


Abb. 10. Residualkaries in Abhängigkeit von der Kavitätenform.

4.2.3 Residualkaries in Abhängigkeit von Zahntyp und Lage der Kavität

Unabhängig vom Zahntyp und der mesialen/ distalen Position der Kavität bestanden signifikante Unterschiede zwischen der Anzahl kariesfreier Zähne und solcher mit Restkaries ($p \leq 0,05$). Es traten keine Unterschiede in Abhängigkeit von der Lage der Kavitäten an der mesialen oder der distalen Fläche auf.

Im Gegensatz hierzu fanden sich signifikant mehr Kavitäten mit Restkaries an Prämolaren als an Molaren. So befanden sich an 40% aller Prämolaren Kariesreste, jedoch nur an 18.34% der Molaren (Tab. 3).

4.3 Substanzverluste

4.3.1 Substanzverluste in Abhängigkeit vom Behandler

Die Auswertung des Substanzverlustes in Abhängigkeit von den einzelnen Behandlern ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$) (Abb. 11.).

4.3.2 Substanzverluste in Abhängigkeit von der Kavitätenform

Zwischen den ersten drei Kavitätenformen (Amalgamslot, rotierend; Kompositslot, rotierend; Kompositslot, sonoabrasiv, torpedoförmiges Instrument) ließen sich keine statistisch signifikanten Unterschiede nachweisen. Ebenso unterschieden sich die letzten beiden Formen (Kompositslot, sonoabrasiv, halbkugelförmiges Instrument; Kompositslot, lateraler Zugang) nicht signifikant ($p > 0,05$).

Hingegen fanden sich im Vergleich der ersten drei Formen zu den letzten beiden signifikante Unterschiede, wobei bei den letzten beiden Formen die Substanzverluste geringer ausfielen (Abb. 12.).

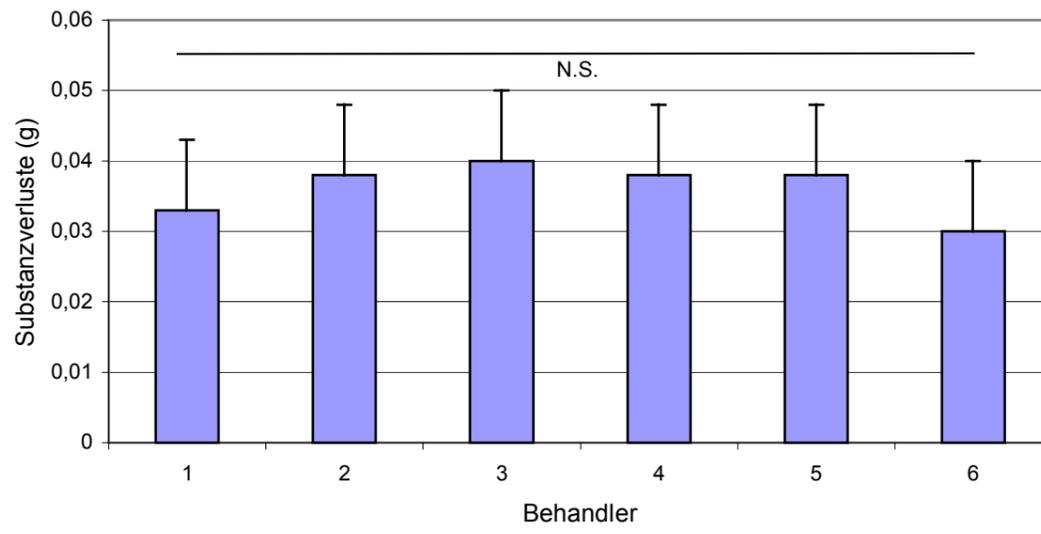


Abb. 11. Substanzverluste in Abhängigkeit vom Behandler.

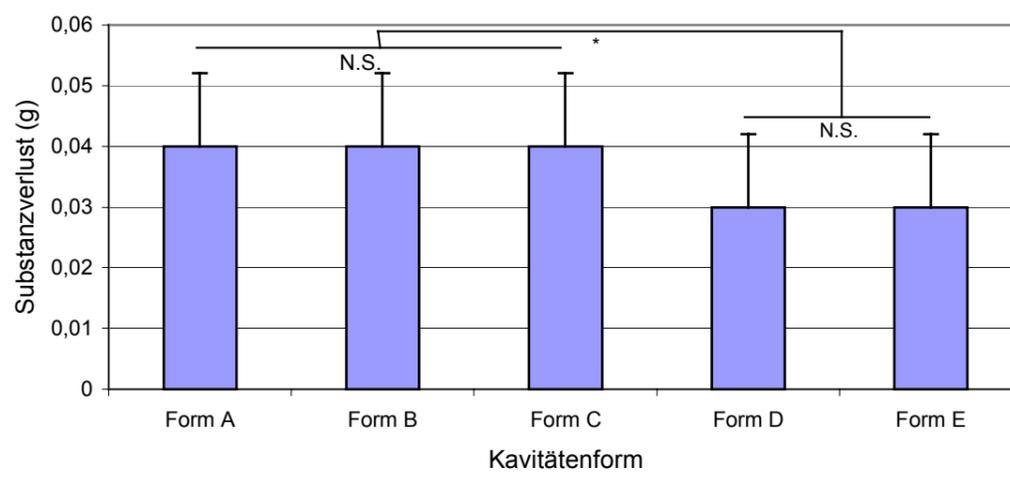


Abb. 12. Substanzverlust in Abhängigkeit von der Kavitätenform (statistisch signifikante Unterschiede, $p < 0.05$)

4.3.3 Substanzverluste in Abhängigkeit von Zahntyp und Lage der Kavität

Die Substanzverluste an den mesialen und distalen Kavitäten unterschieden sich nicht signifikant ($p > 0,05$).

Im Gegensatz hierzu bestanden zwischen den unterschiedlichen Zahntypen signifikante Unterschiede. So waren die Substanzverluste an den Prämolaren deutlich geringer als an den Molaren (Tab. 3).

4.4 Ausdehnung der Kavität

4.4.1 Ausdehnung der Kavität in Abhängigkeit vom Behandler

Bei keinem der untersuchten Kriterien kam es zu statistisch signifikanten Unterschieden zwischen den einzelnen Behandlern.

4.4.2 Ausdehnung der Kavität in Abhängigkeit von der Kavitätenform

Alle Kavitäten waren im inzisalen Drittel signifikant schmaler als die Kavitäten mit lateralem Zugang ($p=0,0001$). Die Präparationsform B war im inzisalen Drittel signifikant breiter als alle anderen ($p\leq 0,01$).

Bei den Kavitätenbreiten im zervikalen Drittel ließen sich keine statistisch signifikanten Unterschiede nachweisen ($p>0,05$). Für die Kavitäten mit lateralem Zugang wurde keine zweite Breitenmessung durchgeführt.

Die Kavitätenformen A-D waren signifikant höher als die Kavitäten der Form E ($p=0,001$). Ansonsten bestanden keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 1. Kavitätenausdehnung in Abhängigkeit vom Behandler.
Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen (\pm), Signifikanzen (p)
a: keine statistisch signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$);
b: statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

	Behandler												p
	1		2		3		4		5		6		
	\bar{x}	\pm											
Kavitätenbreite inz. Drittel	3,23	0,58	3,14	0,59	3,68	1,15	3,46	0,52	3,62	0,9	3,54	0,64	a
Kavitätenbreite zerv. Drittel	2,85	0,61	2,85	0,64	3,19	0,48	3,14	0,46	2,94	0,56	2,96	0,44	a
Kavitätenhöhe	3,55	0,75	3,59	0,58	3,67	0,78	3,67	0,68	3,86	0,69	3,74	0,72	a

Tab. 2. Ausdehnung der Kavität in Abhängigkeit von der Kavitätenform.
Mittelwert(\bar{x}), Standardabweichung (\pm), Signifikanzen (p)
a: keine statistisch signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$);
b: statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

	Kavitätenform										p
	A		B		C		D		E		
	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	
Kavitätenbreite inz. Drittel	3,0	0,6	3,7	0,7	3,1	0,5	3,1	0,4	4,3	0,9	b
Kavitätenbreite zerv. Drittel	3,1	0,6	3,0	0,6	2,8	0,5	3,0	0,4			a
Kavitätenhöhe	3,7	0,6	3,9	0,6	4,2	0,4	3,7	0,5	2,8	0,4	b

4.4.2.1 Kavitätenbreite im zervikalen Drittel in Abhängigkeit von Zahnart und Lage der Kavität

Es ließen sich keine signifikanten Unterschiede der Kavitätenbreiten im zervikalen Drittel in Abhängigkeit von der Lage der Kavitäten feststellen.

Dagegen wiesen die Kavitäten der Molaren signifikant größere Breiten im zervikalen Drittel auf (Abb. 13.).

4.4.2.2 Kavitätenbreite im inzisalen Drittel in Abhängigkeit von Zahnart und Lage der Kavität

Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Kavitätenbreite und dem Zahntyp konnte nicht nachgewiesen werden. Ebenso ließen sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen mesial und distal gelegenen Kavitäten nachweisen ($p=0.870$) (Abb. 14.).

4.4.2.3 Kavitätenhöhe in Abhängigkeit vom Zahntyp und Lage der Kavität

Die Molaren wiesen eine signifikant größere Kavitätenhöhe auf als die Prämolaren (Abb. 15.).

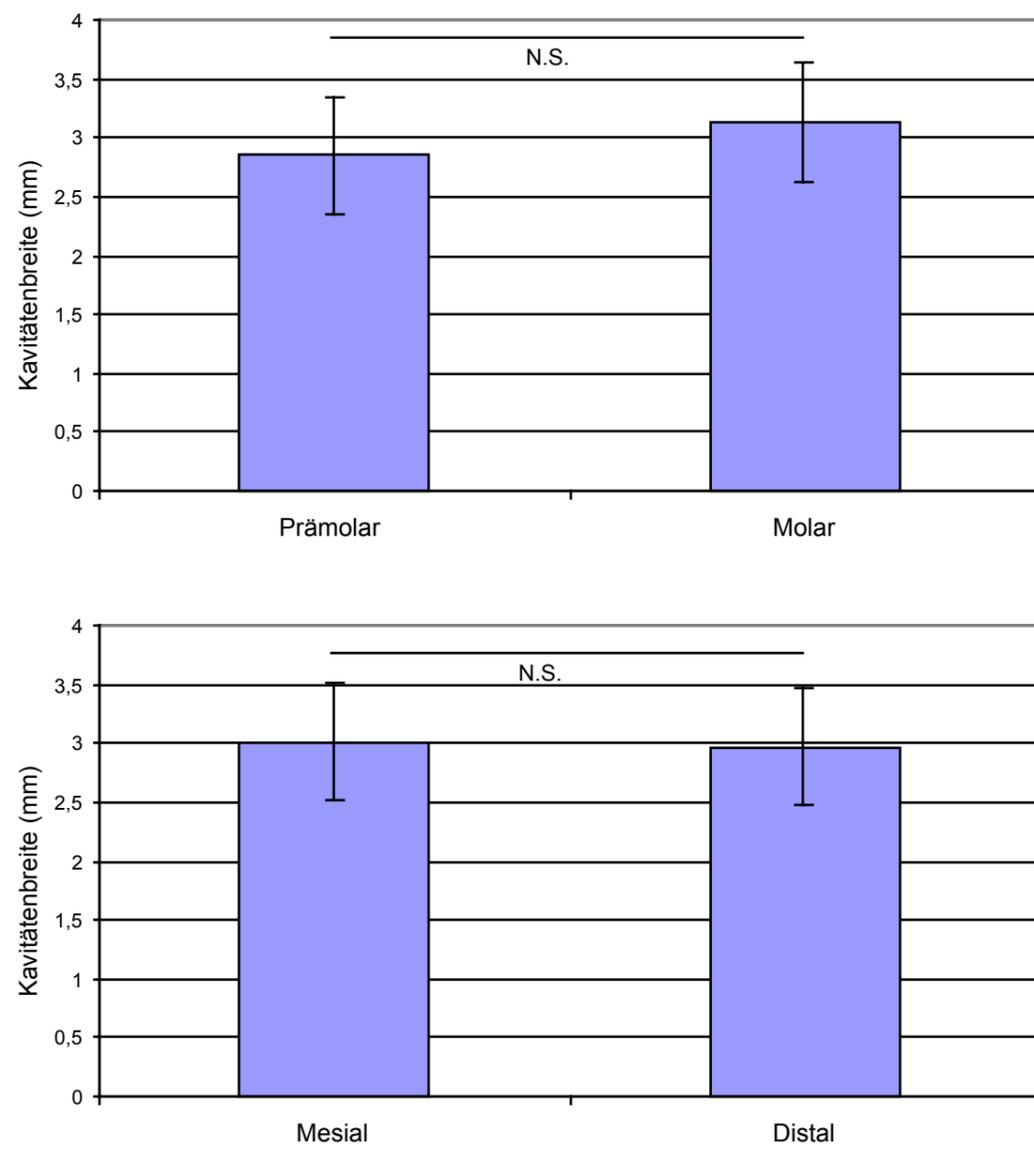


Abb. 13. Kavitätenbreite (in mm) im zervikalen Drittel in Abhängigkeit von der Zahnart (linke Spalte) und der Lage der Kavität (rechte Spalte).

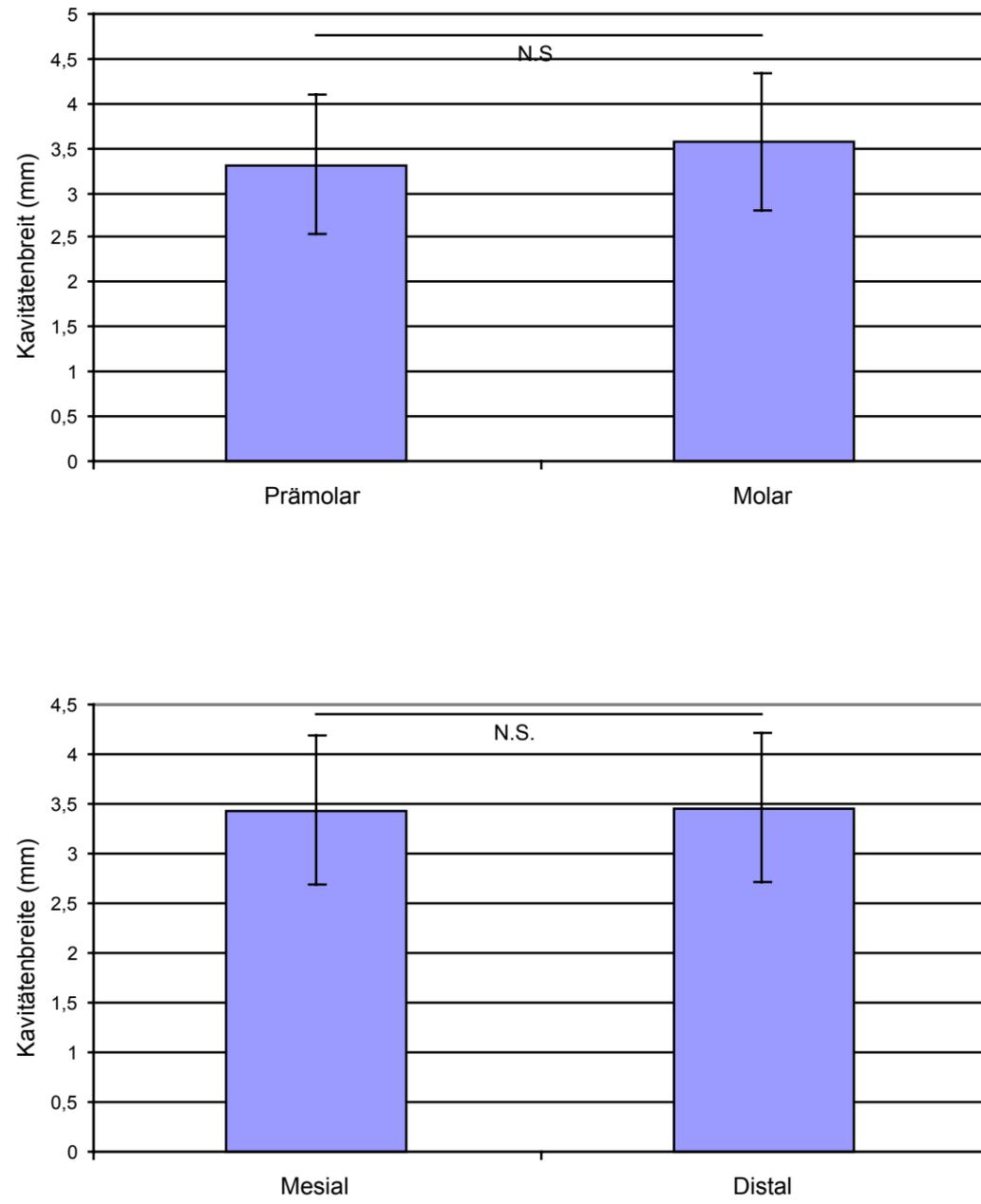


Abb. 14. Kavitätenbreite (in mm) im inzisalen Drittel in Abhängigkeit vom Zahntyp und mesialer/ distaler Position der Kavität.

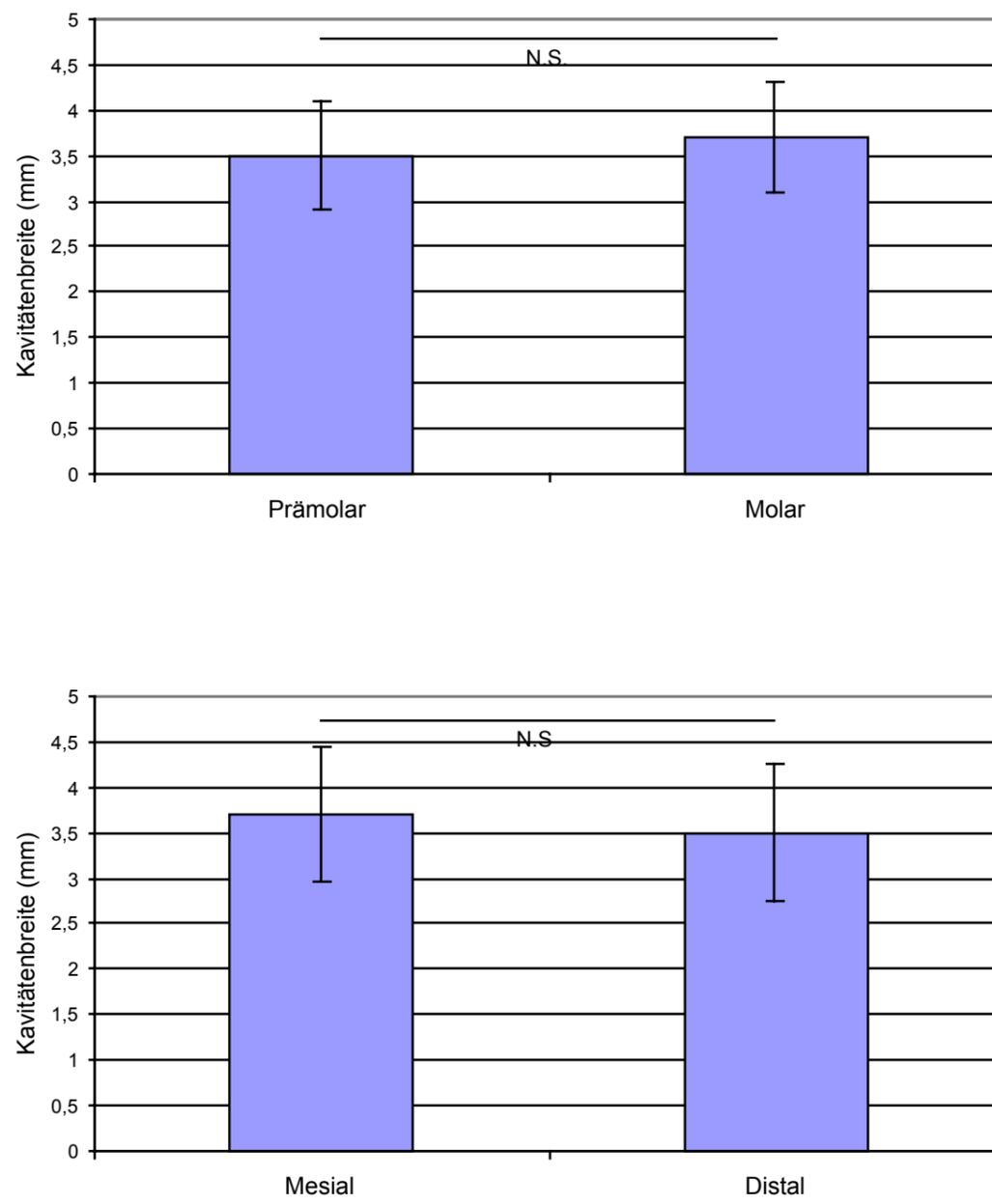


Abb. 15. Kavitätenhöhe in Abhängigkeit vom Zahntyp und Lage der Kavität .

4.4.3 Ausdehnung der Kavität: Präparationsfläche

4.4.3.1 Präparationsfläche in Abhängigkeit von den Behandlern

Es bestanden keine statistisch signifikanten Unterschiede der Ausdehnung der Präparationsflächen zwischen den einzelnen Behandlern (Abb. 16.).

4.4.3.2 Präparationsfläche in Abhängigkeit von der Kavitätenform

Die durchschnittliche Präparationsfläche der mit rotierenden Instrumenten präparierten Kompositslots war signifikant größer als die der mit sonoabrasiven, halbkugelförmigen Instrumenten präparierten Kompositslots.

Ebenso war die Präparationsfläche der Kompositslots mit lateralem Zugang signifikant kleiner als die der mit rotierenden Instrumenten präparierten.

Des Weiteren bestand ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Präparationsfläche der mit sonoabrasiven, torpedoförmigen Instrumenten präparierten Kompositslots mit okklusalem Zugang und der Kompositslots mit lateralem Zugang, wobei die Fläche letzterer signifikant kleiner war (Abb. 17.).

4.4.3.3 Präparationsfläche in Abhängigkeit vom Zahntyp und Lage der Kavität

Zwischen den durchschnittlichen Ausdehnungen der Präparationsflächen bestanden keine Unterschiede in Abhängigkeit von der Lage der Kavität (mesial oder distal/ siehe Tab. Nr: 4).

Im Gegensatz hierzu waren die Präparationsflächen an den Molaren signifikant größer als an den Prämolaren (Tab. 3).

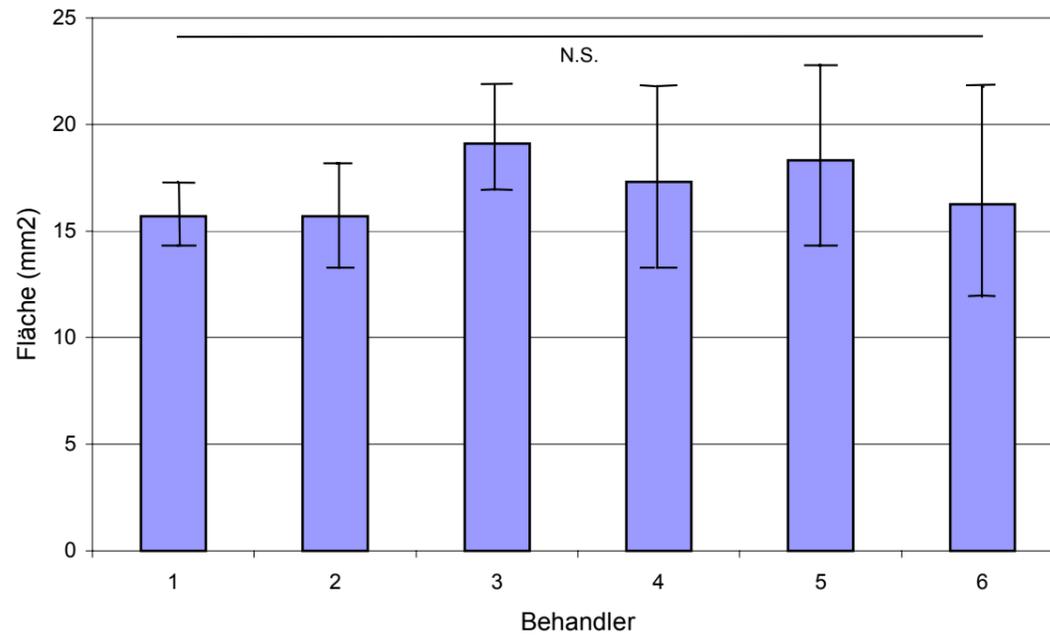


Abb. 16. Präparationsfläche in Abhängigkeit vom Behandler.

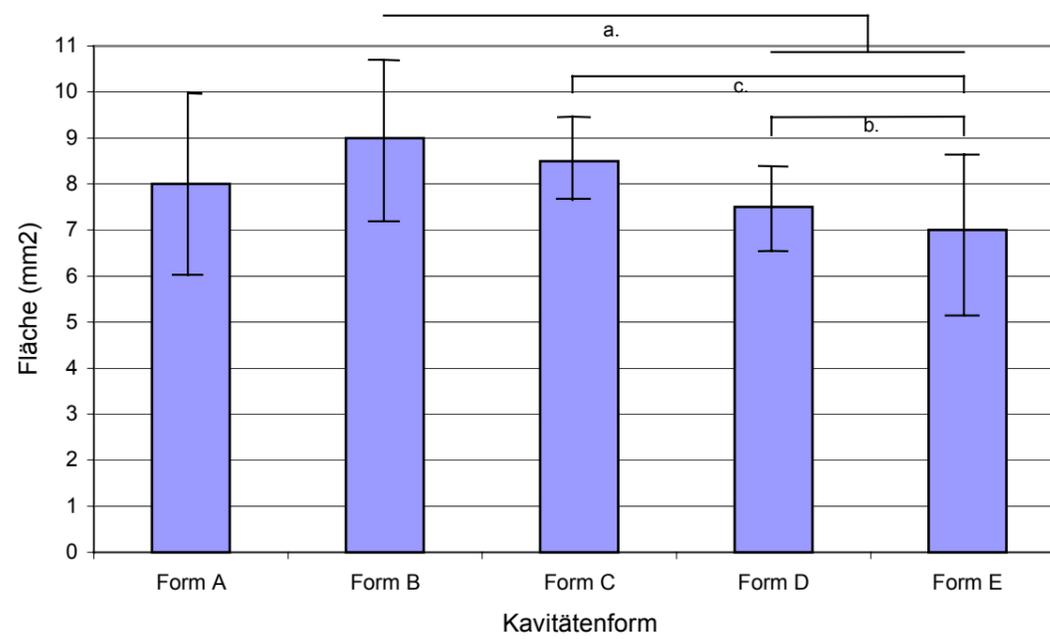


Abb. 17. Präparationsfläche (mm²) in Abhängigkeit von der Kavitätenform (n jeweils 20; statistisch signifikante Unterschiede ($p=0,044$; a); statistisch signifikante Unterschiede ($p=0,004$; b+c)).

4.5 Approximale Spalträume

4.5.1 Ausdehnung der approximalen Spalträume in Abhängigkeit vom Behandler

Zwischen den einzelnen Behandlern ließen sich keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Ausdehnung der approximalen Spalträume feststellen ($p > 0,05$). Jedoch tendierte der Behandler Nr. 6 zu größeren Ausdehnungen bei der Eröffnung in bukkaler Richtung (Abb. 18. a-c).

Bei allen Behandlern kam es bei der Kavitätereöffnung in zervikaler Richtung zu signifikant mehr Spalträumen, die größer als 1.0 mm waren.

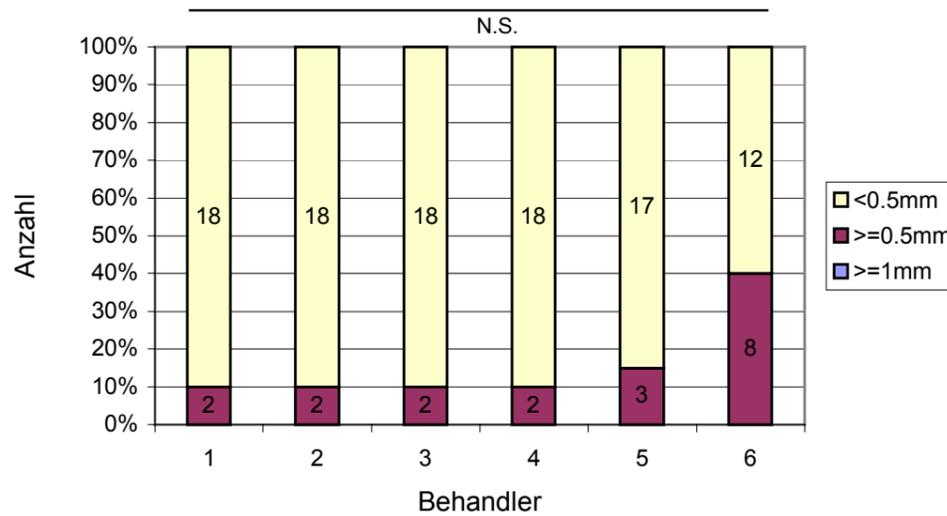


Abb. 18. a. Ausdehnung der approximalen Spalträume nach bukkal in Abhängigkeit vom Behandler.

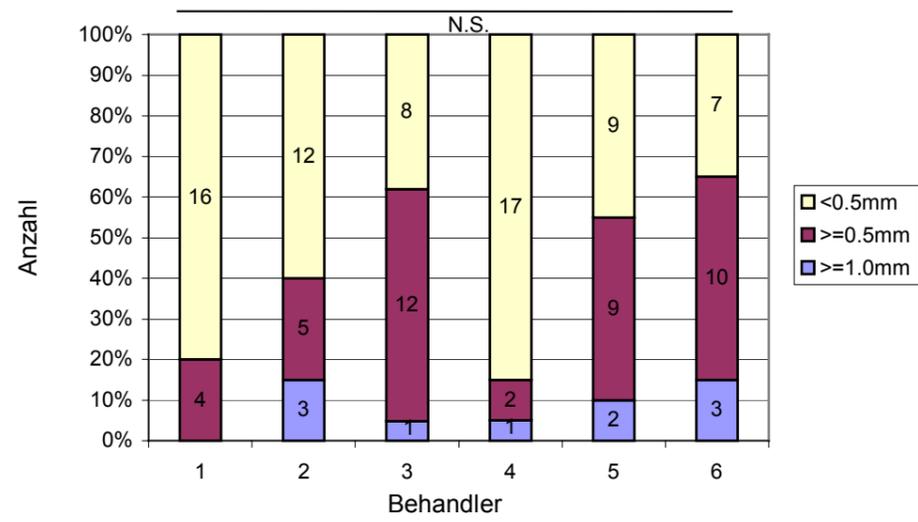


Abb. 18. b. Ausdehnung der approximalen Spalträume nach lingual/palatinal in Abhängigkeit vom Behandler.

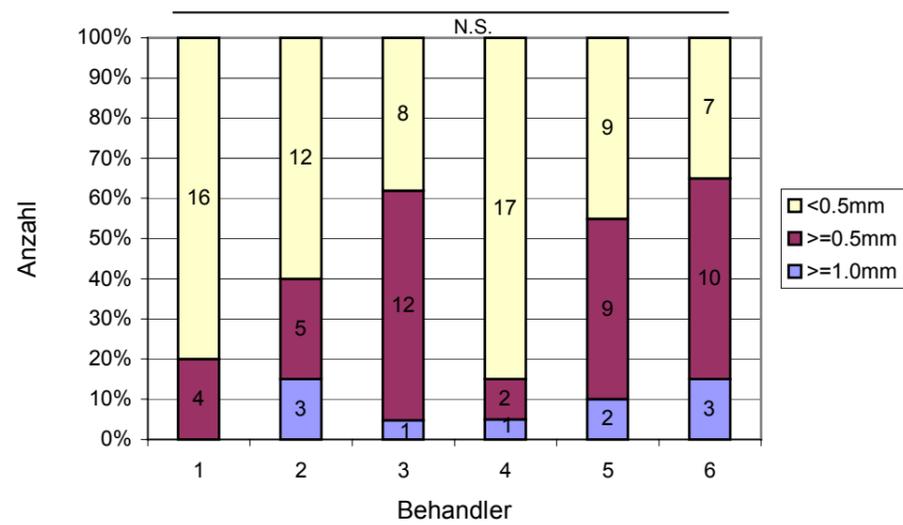


Abb. 18. c. Ausdehnung der approximalen Spalträume nach zervikal in Abhängigkeit vom Behandler.

4.5.2 Ausdehnung der approximalen Spalträume in Abhängigkeit von der Kavitätenform

Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Kavitätenformen traten nicht auf. Ausdehnungen der approximalen Spalträume unter 0,5 mm traten bei allen Kavitätenformen signifikant seltener auf als die größeren Ausdehnungen (Abb. 19.).

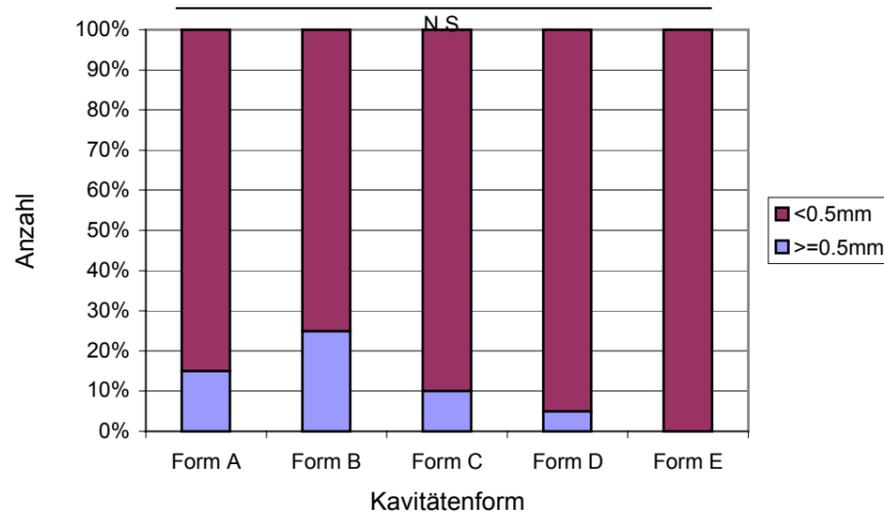


Abb. 19. Ausdehnung der approximalen Spalträume in Abhängigkeit von der Kavitätenform.

4.5.3 Ausdehnung der approximalen Spalträume in Abhängigkeit von Zahnart und Lage der Kavität

Es lagen weder statistisch signifikante Unterschiede zwischen den mesial und distal gelegenen Kavitäten, noch zwischen Molaren und Prämolaren vor (Abb. 20a-c).

Abb. 20a-c. Ausdehnung der approximalen Spalträume in Abhängigkeit von Zahnart und Lage der Kavität

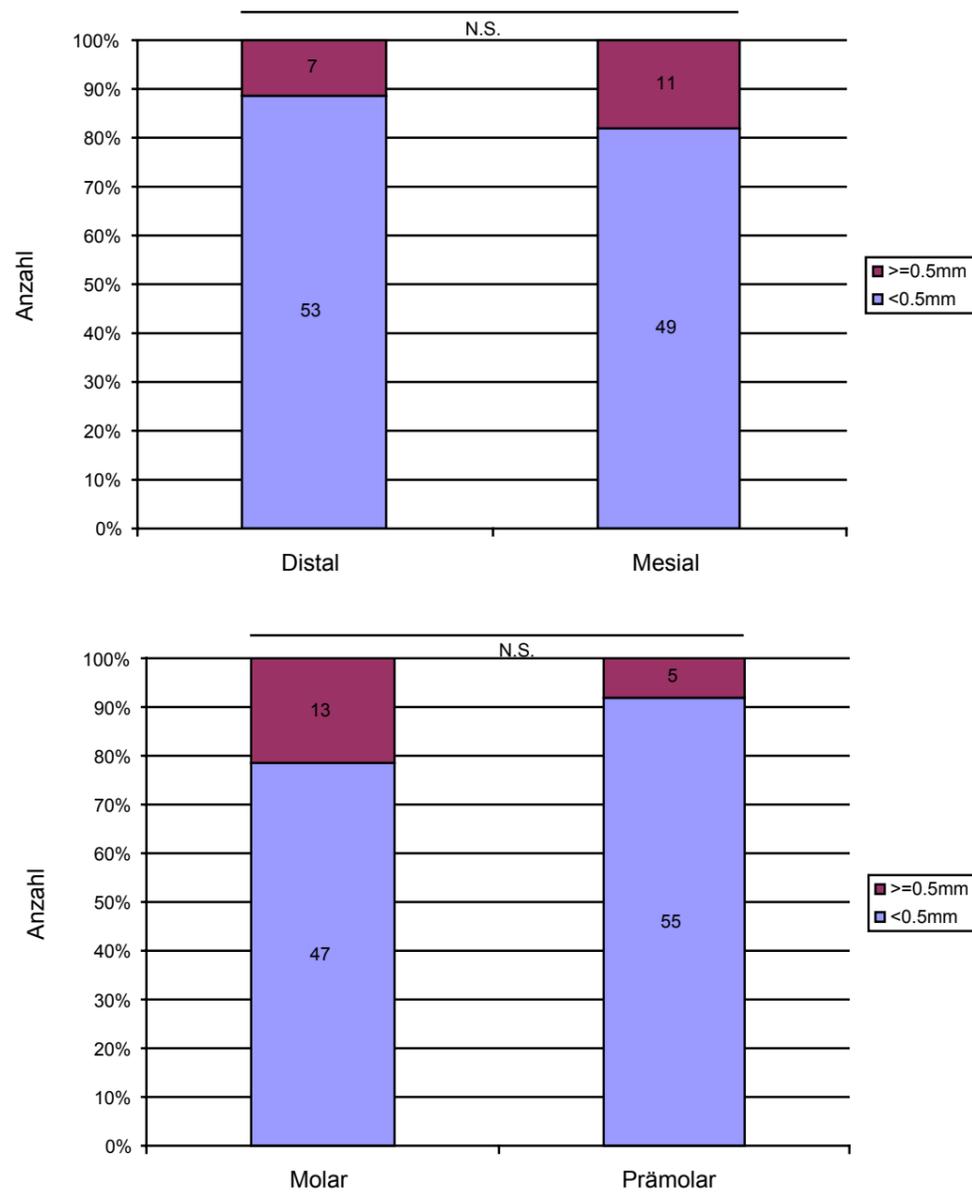


Abb. 20a. Ausdehnung der approximalen Spalträume nach apikal.

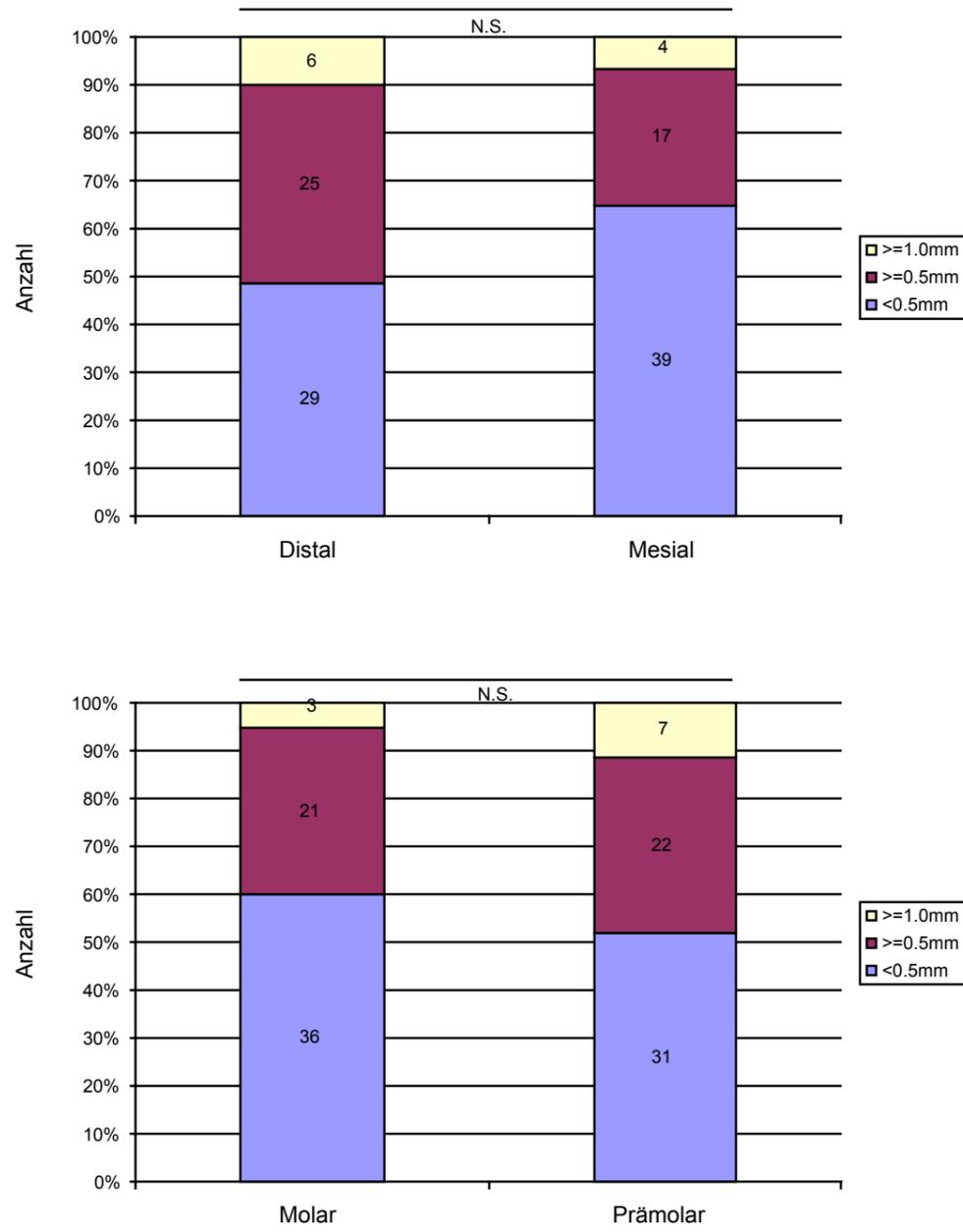


Abb. 20b. Ausdehnung der approximalen Spalträume (Anzahl) nach bukkal.

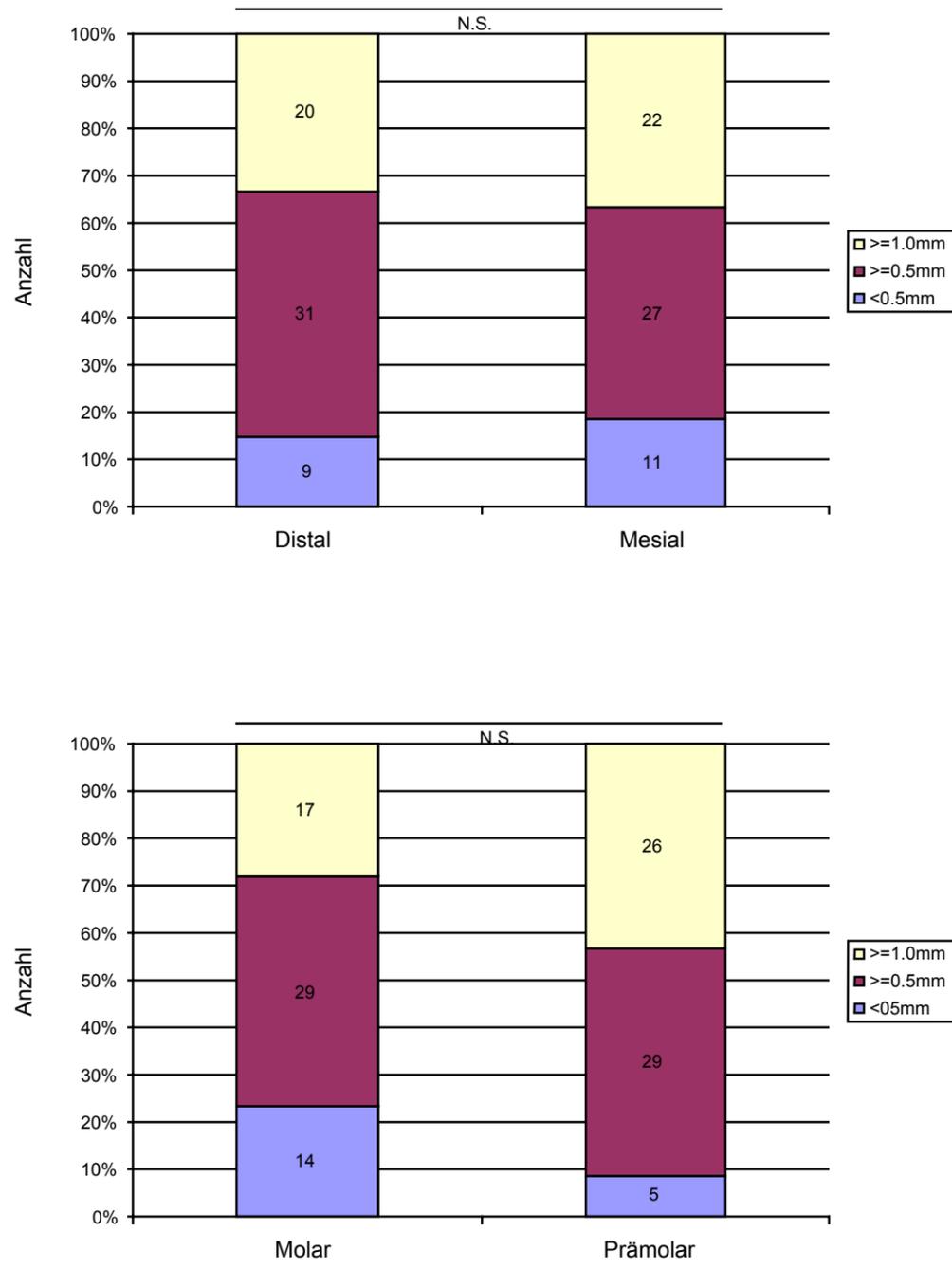


Abb. 20c. Ausdehnung der approximalen Spalträume nach lingual/ palatinal.

4.6 Präparations- und Exkavationszeit

4.6.1 Präparations- und Exkavationszeit in Abhängigkeit vom Behandler

Es traten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Behandlern auf (Abb. 21.).

4.6.2 Präparations- und Exkavationszeit in Abhängigkeit von der Kavitätenform

Die Präparationszeit für die Kavitätenformen C und D war signifikant niedriger als die der anderen Formen ($p \leq 0,05$). Ansonsten bestanden keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$).

Hingegen wiesen die Exkavationszeiten der Formen A-D keine signifikanten Unterschiede auf ($p > 0,05$). Die zur Kariesexkavation benötigte Zeit war bei der Form E signifikant höher als bei den anderen Formen ($p \leq 0,05$) (Abb. 22. u. 23.)

4.6.3 Präparationszeit in Abhängigkeit vom Zahntyp und Lage der Kavität

Es ließen sich keine statistisch signifikanten Unterschiede der Präparationszeiten in Abhängigkeit vom Zahntyp bzw. der mesialen/ distalen Position der Kavität nachweisen (Tabelle 3-4).

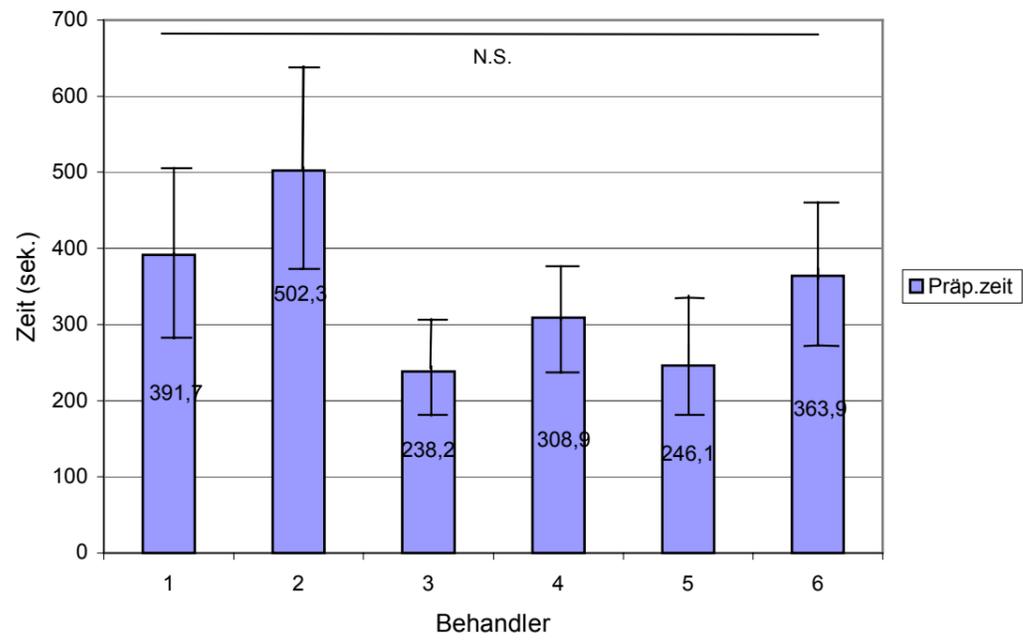
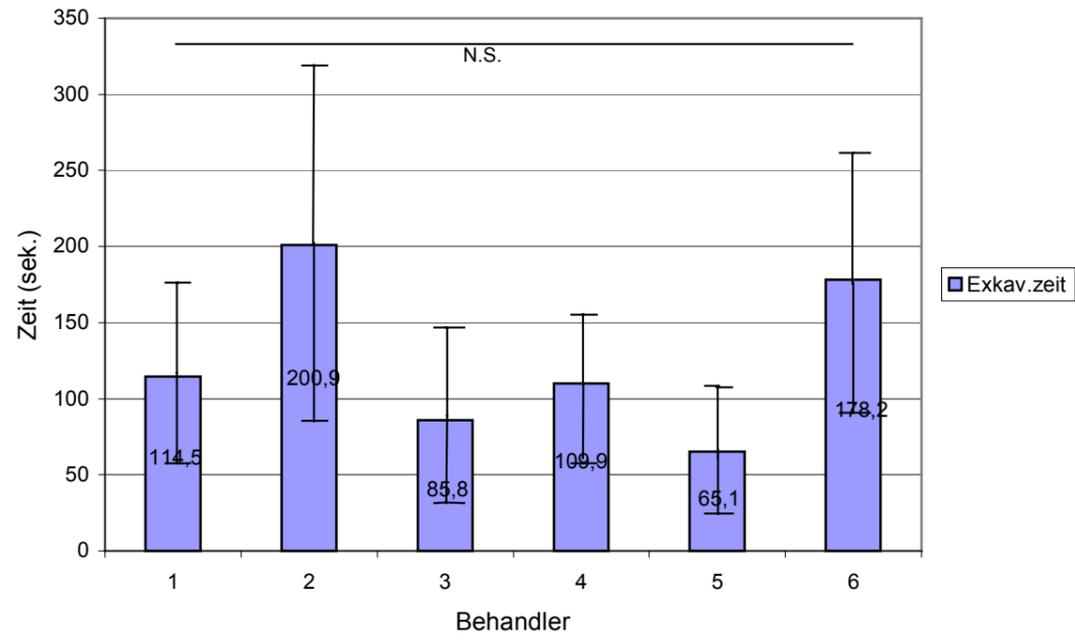


Abb. 21. Präparations- und Exkavationszeit in Abhängigkeit vom Behandler (n jeweils 20; $p > 0,05$)

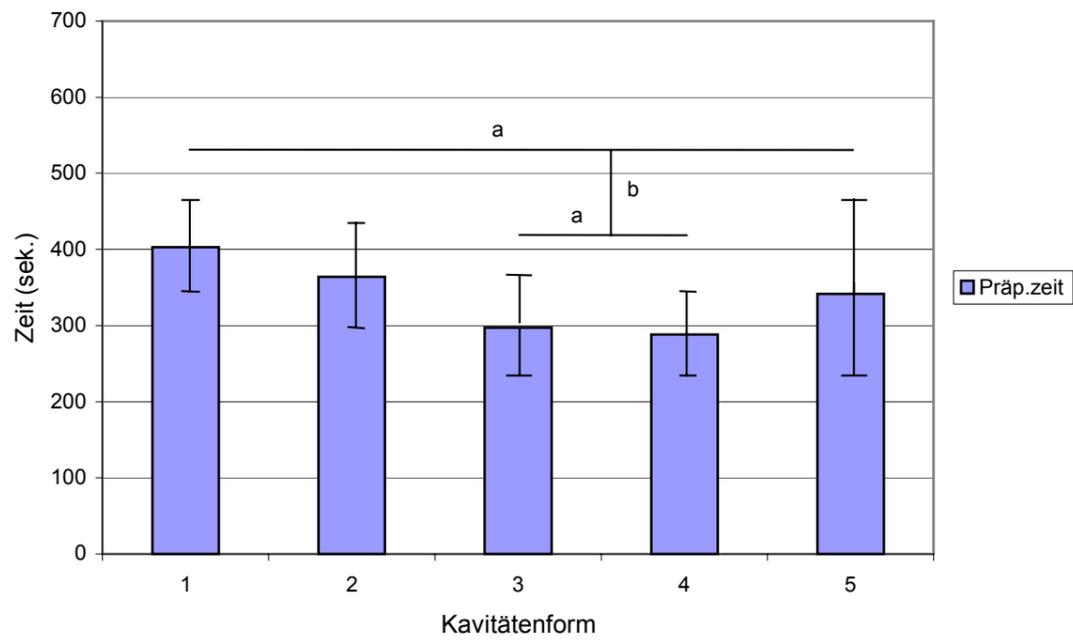


Abb. 22. Präparationszeiten der Kavitätenformen A-E in Sekunden (n jeweils 24; a: statistisch nicht signifikante Unterschiede ($p > 0,05$); b: statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$))

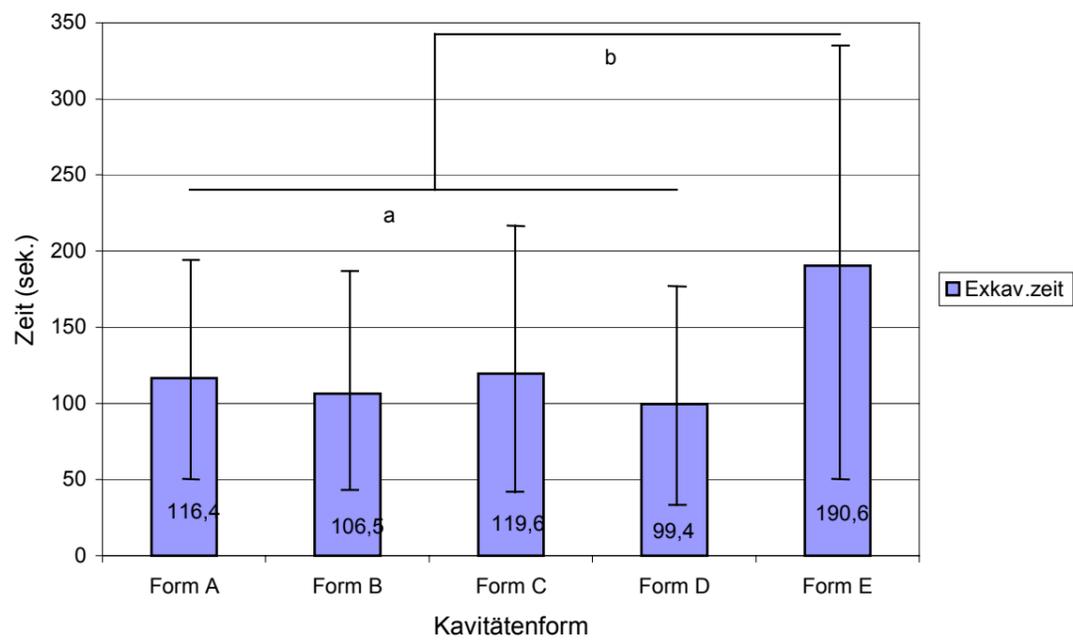


Abb.23. Exkavationszeiten der Kavitätenformen A-E in Sekunden (n jeweils 24; a: statistisch nicht signifikante Unterschiede ($p > 0,05$); b: statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$))

Tabelle 3. Untersuchungskriterien im Vergleich zwischen Prämolaren und Molaren. Mittelwerte (x), Standardabweichungen (\pm), Signifikanzen (p).
a: keine statistisch signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$); b: statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

	Prämolaren		Molaren		P
	x	\pm	x	\pm	
Extensionsfläche (mm)	7,73	1,86	8,35	2,00	b
Gewichtsverlust (Gramm)	0,032	0,012	0,04	0,013	b
Residualkaries (%)	40	-	18	-	b
Nachbarzahnverletzung (%)	13	-	22	-	a
Präparationszeit (sec)	328,9	136,9	348,9	133,9	a
Exkavationszeit (sec)	123,9	87,4	126,4	75,5	a

Tabelle 4. Untersuchungskriterien im Vergleich zwischen mesialen und distalen Kavitäten. Mittelwerte(x), Standardabweichungen (\pm), Signifikanzen (p)
a: keine statistisch signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$); b: statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

	Mesial		Distal		P
	x	\pm	x	\pm	
Extensionsfläche (mm)	8,53	2,03	8,54	2,18	a
Gewichtsverlust (Gramm)	0,034	0,011	0,038	0,015	a
Residualkaries (%)	32	-	27	-	a
Nachbarzahnverletzung (%)	27	-	8	-	b
Präparationszeit (sec)	311,4	118,1	365,8	146,3	b
Exkavationszeit (sec)	119,1	63,3	131,1	95,8	a

5 Diskussion

5.1 Problemstellung

Anders als bei „stereotypen Kastenpräparationen“ muß bei approximalen Adhäsivkavitäten die Präparationsform individuell geplant werden. Neben klassischen Klasse-II-Adhäsivkavitäten mit okklusalem Zugang (DOUVITSAS G. 1991, HUGO et al. 1992, LUESCHER et al. 1977, SUMMITT et al. 1994, WELBURY und MURRAY 1990) sind auch Kavitäten mit direktem oder lateralem Zugang (CHRISTENSEN 1990, MCLEAN 1980) in verschiedenen Formen möglich. Grundlegende Prinzipien für Klasse-II-Minikavitäten für Komposit sind neben Entfernung der Schmelz- und Dentinkaries unter Erhaltung von unterminiertem, aber intaktem Schmelz die Präparation einer definierten approximalen Abschrägung. Auf die Erhaltung gingivanaher Schmelzwandanteile und eine Präparationsplanung, die eine möglichst kurze Randlänge ermöglicht, sollte besonders geachtet werden.

Vergleicht man die Adhäsivpräparation im Seitenzahnbereich mit einer konventionellen Kastenpräparation, so könnten dieser Kavitätenform verschiedene Argumente entgegengehalten werden. So könnte die Schmelzabschrägung die Grundkavität unnötig vergrößern, das Risiko der unvollständigen Kariesexkavation wäre größer als bei Kastenkavitäten und die präparationstechnische Umsetzung wäre schwierig und mit Nachbarzahnverletzung und erhöhtem Zeitaufwand verbunden.

Für die kürzlich vorgestellten sonoabrasiven Mikropräpationsinstrumente wurde gezeigt, daß proximale Kleinstkavitäten auch im direkten Kontakt zum Nachbarzahn bei guter Randqualität erstellt werden können (HUGO et al. 1996). In der vorliegenden Studie sollte die Umsetzbarkeit eines neuen Präparationskonzeptes mit diesen Instrumenten überprüft werden. Hierzu wendeten sechs mit diesem Verfahren vertraute Zahnärzte die sonoabrasive Mikropräparation im Vergleich zu anderen üblichen Techniken unter klinik-ähnlichen Bedingungen an.

5.2 Methodik

5.2.1 Präparation standardisierter kariöser Läsionen

Für die Entstehung kariöser Läsionen gibt es bestimmte Prädilektionsstellen. Hierbei handelt es sich um Bereiche, die der Selbstreinigung sowie der Reinigung durch Mundhygiene nur schwer oder überhaupt nicht zugänglich sind. Die Approximalräume der Zähne stellen einen solchen Bereich dar (GOHIL et al. 1973), wobei es primär direkt unterhalb des Kontaktpunktes zur Bildung kariöser Läsionen kommt (NEWMAN und MORGAN 1980). Dabei breitet sich die Karies nach Durchbrechen der Schmelzschicht unterminierend oder penetrierend im Dentin aus. Für die vorliegende Studie wurde die häufiger vorkommende unterminierende Kariesausbreitung simuliert, da diese „trichterförmige“ Ausbreitung der Karies bei der Gestaltung minimal invasiver Präparationen schwieriger zu therapieren ist (HOSODA 1984). Die Verwendung von speziell angefertigten Bohrern ermöglichte die Imitation der unterminierenden Defektform bei gleichzeitiger Standardisierung der Läsionsgröße.

Die künstlichen kariösen Läsionen mit einem Innendurchmesser von 2,3 mm, einem Außendurchmesser von 1,4 mm und einer Eindringtiefe von 1,8 mm entsprachen bei Annahme eines Oberflächeneinbruches versorgungswürdigen D 3-Läsionen (LUNDER UND VON DER FEHR 1996, MARTHALER und GERMANN 1970, PAPA et al. 1993).

Bei dem zur "Füllung" dieser Kavitäten verwendeten Material „Fermit N“ handelt es sich um einen lichthärtenden Kunststoff, der als provisorisches Füllungsmaterial dient. Nach vollständigem Aushärten behält dieser eine zähelastische Konsistenz, die mit kariöser Zahnschubstanz vergleichbar ist. Mittels Anfärbung der Kavität mit brauner Kompositmalfarbe war so eine realistische Nachahmung einer kariösen Läsion möglich. Die Vorbehandlung der Kavität mit einem Dentinadhäsiv und Bonding führte zu einem Verbund zwischen Malfarbe bzw. Kunststoff und Zahnschubstanz. Die „künstliche Karies“ mußte so mit dem Instrument aktiv von der Zahnschubstanz entfernt werden und konnte nicht komplett herausgesprengt werden.

Durch das Anfärben der Kavität mit Kompositmalfarbe wurde einerseits das Vorgehen mit Kariesdetektor, bei dem ebenfalls gezielt angefärbte Areale entfernt werden müssen, imitiert (KIDD et al. 1993, STÄHLE et al. 1992), andererseits erleichtert es die Beurteilung der präparierten Kavitäten bezüglich der Vollständigkeit der Kariesexkavation.

5.2.2 Verwendung von Kiefermodellen im Phantomkopf

Die verschiedenen Präparationsmethoden sollten in dieser Studie unter möglichst praxisnahen Bedingungen verglichen werden. Ein Problem stellt die notwendige Standardisierung einerseits, und der Vergleich unter möglichst klinikähnlichen Bedingungen andererseits dar. Die Verwendung von Kiefermodellen im Phantomkopf erlaubt eine verhältnismäßig realistische Simulation der Behandlungssituation am Patienten unter standardisierten Bedingungen für alle Behandler.

5.2.3 Substanzverlust

Bei der Kavitätenpräparation kommt es immer auch zu Verlusten von gesunder Zahnschubstanz (CROLL 1988). Dies gilt insbesondere bei der Verwendung von Füllungsmaterialien, die auf eine mechanische Retentionsform angewiesen sind (ELDERTON 1984 u. 1992). Im Gegensatz hierzu ermöglichen Materialien, die an der Zahnschubstanz haften, eine maximale Schonung der gesunden Zahnschubstanz. Dies erlaubt eine minimal invasive Therapie (FUSYAMA 1983).

In dieser Studie sollten die unterschiedlichen Ausmaße des Substanzverlustes bestimmt werden.

Hierzu wurde durch Wiegen der Zähne vor und nach der Präparation die Gewichtsdiiferenz bestimmt und die präparierte Fläche planimetrisch vermessen.

Beim Wiegen der Zähne wurde das Gewicht der „künstlichen Karies“ nicht von der Gesamtdiiferenz abgezogen, da es sich um einen genau definierten Betrag handelte. Des Weiteren lag das Gewicht dieser unterhalb der Meßgenauigkeit der verwendeten Waage, so daß eine genaue Bestimmung nicht möglich war.

5.2.4 Verletzung der Nachbarzähne

Die Verletzung der Zahnschubstanz der Nachbarzähne stellt eine der häufigen Gefahren bei der Präparation von Zähnen dar (LUSSI 1995). Dies gilt insbesondere für die minimal invasive Füllungstechnik, da die Gefahr einer möglichen Schädigung der angrenzenden Zahnflächen mit abnehmender Kavitätengröße zunimmt (LUSSI 1995). Bei mini-malinvasiver Füllungstechnik muß in direkter Nähe bzw. im Kontakt zum Nachbarzahn präpariert werden. Die Verwendung von oszillierenden teildiamantierten Instrumenten oder von Handinstrumenten ermöglicht eine weitgehende Vermeidung

iatrogener Schädigungen der Nachbarzähne (HUGO et al. 1995, HUGO et al. 1996, LUSSI und GYGAX 1996).

Um eine vergleichbare Morphologie der Nachbarzähne zu erhalten, wurden in dieser Untersuchung angrenzend an die zu präparierenden Zähne Kunststoffphantomzähne montiert.

Die Approximalflächen der Nachbarzähne wurden unter sechsfacher Vergrößerung beurteilt. Zur Verifizierung der Ergebnisse erfolgte eine erneute Beurteilung nach Anfärbung der Flächen mit Okklusionsfolie (Hanel-GHM-Medizinal, Nürtingen). Die Umrisse der verletzten Areale konnten so genauer dargestellt werden.

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Verletzung der Nachbarzähne

Da die Approximalflächen der Kunststoffzähne leichter beschädigt werden können als natürliche Schmelzoberflächen, wurden nur deutliche Nachbarzahnverletzungen mit Konturveränderung der Oberfläche in der Auswertung berücksichtigt.

Die große Anzahl markanter Beschädigungen der Nachbarzähne nach rotierender Abschrägung beim Kompositslot machen deutlich, daß diese Technik für mikroinvasive Kavitätenpräparationen nicht geeignet ist. Durch die Verletzungsmuster der Approximalflächen ist zu erkennen, daß die ebenfalls hohe Beschädigungsrate bei den Kastenkavitäten ausschließlich durch die rotierende Vorpräparation und nicht durch die Bearbeitung mit den Cavishape-Feilen verursacht wurde. Cavishape-Feilen können bei korrekter Anwendung Verletzungen der Nachbarzähne, wie Untersuchungen von Lussi (1995 und 1996) zeigen, minimieren. Die Feilen des EVA-Systems haben allerdings nur eine geringe Abtragungseffizienz und eignen sich hauptsächlich zur Finierpräparation (LUSSI et al. 1987, LUSSI et al. 1992, HUGO und LUSSI 1993, HUGO et al. 1995). Eine ausführliche rotierende Vorpräparation ist deswegen erforderlich und hat bei den kleinen Kastenkavitäten in dieser Untersuchung häufig zu Verletzungen der Nachbarzähne geführt. Durch die gute Abtragungseffizienz der sonoabrasiven Instrumente kann z.B. mit der Halbkugel der Approximaldefekt direkt von okklusal oder von lateral angegangen werden, ohne daß die proximale Schmelzwand zuvor rotierend eröffnet wird. Nur unsachgemäße Neigung und stärkere Verkantung der Instrumente führt hierbei zu iatrogenen Verletzungen der Nachbarzähne. Daß die sonoabrasiven Instrumente auf der Nachbarzahnfläche zur Führung abge-

stützt werden können, wird durch die fehlenden oder seltenen Verletzungen der Nachbarzähne dokumentiert. Das seltenere Auftreten von solcher Verletzungen bei Verwendung sonoabrasiver Instrumente wird in der Studie von Wicht et al. bestätigt (1998). Allerdings kam es in dieser Studie auch unter Verwendung sonoabrasiver Instrumente in 25% der Fälle zu geringfügigen Verletzungen der Nachbarzähne (Wicht et al. 1998).

Die häufigen Beschädigungen der Nachbarzahnflächen bei der Präparation mesialer Kavitäten ist durch die schlechtere visuelle Kontrolle der Instrumentenposition in diesem Bereich zu erklären. Im Gegensatz dazu können während der Randbearbeitung distaler Kavitäten Präparationsinstrumente und Nachbarzahnflächen häufig direkt eingesehen und iatrogene Schäden vermieden werden.

5.3.2 Verbleibende kariöse Areale

Die hohe Anzahl an Zähnen mit "Residualkaries" (29.17%) wird durch eine weitere Unterteilung in Kavitäten mit deutlicher "Residualkaries" (5%) und solcher mit geringfügiger "Residualkaries" relativiert.

Die fehlenden Unterschiede zwischen den Kavitätenformen zeigen, daß eine kastenförmige Kavität nicht signifikant einfacher kariesfrei zu exkavieren ist als eine unterminierte Adhäsivkavität.

Bei den Adhäsivkavitäten befand sich die Residualkaries meist im Zugangsbereich der Kavität. Dies galt sowohl für die Kavitäten mit okklusalem als auch für die mit lateralem Zugang. Als Folge der schlechteren visuellen Kontrollmöglichkeit wiesen letztere tendenziell mehr restkariöse Areale auf.

Daraus folgt, daß bei minimalinvasiver Präparationstechnik der Kariesexkavation besondere Sorgfalt gewidmet werden muß, und gegebenenfalls die Erweiterung des Kavitätenzuganges zur Verbesserung der Übersicht notwendig ist.

Literaturstellen zur Effektivität der Kariesentfernung in Klasse-II-Kavitäten sind selten und hauptsächlich im Zusammenhang mit Tunnelpräparationen zu finden. Im Einklang mit den Ergebnissen dieser Untersuchung zeigen diese die Problematik der Kariesentfernung in Bereichen mit schlechter visueller Kontrollmöglichkeit auf (PAPA et al. 1993, STRAND und TVEIT 1993, STRAND et al. 1994).

5.3.3 Invasivität der Verfahren: Substanzverluste

Ein wichtiges Kriterium für die Auswahl einer Präparationsmethode ist die mit ihr einhergehende iatrogene Schädigung gesunder Zahnschubstanz. Da die in dieser Studie zu exkavierenden „kariösen“ Läsionen eine definierte Größe und ein identisches Gewicht hatten, stellt der Gewichtsverlust nach Präparation einen zuverlässigen Maßstab für das Ausmaß des Verlustes an Zahnschubstanz dar.

Die geringen Gewichtsverluste nach Präparation mit der sonoabrasiven Halbkugel, die um ca. 25% geringer waren als bei den anderen Präparationsformen, zeigen den besonders schonenden Umgang mit gesunder Zahnhartsubstanz.

Dies läßt sich einerseits aus der Kongruenz zwischen Arbeitsansatz, Instrumentenform und Form der kariösen Läsion erklären, andererseits durch den Ablauf der Präparation selbst. Das Instrument ermöglicht die vollständige Präparation der approximalen Umrißform ohne vorherige „Ausdünnung“ bzw. Eröffnung der Schmelzwand durch rotierende Instrumente unter weitgehender Beibehaltung der durch die kariöse Läsion vorgegebenen Form.

Im Gegensatz hierzu ist bei den anderen Präparationsverfahren die vorherige Ausdünnung und Entfernung der approximalen Schmelzwand notwendig. Erst danach kann die abschließende Bearbeitung der Randbereiche erfolgen, wobei zuvor die Kavität ausreichend eröffnet werden mußte, um den Zugang mit den rotierenden Schleifkörpern zu ermöglichen.

Diese Ergebnisse zeigen sich tendenziell auch in der Studie von Wicht (1998). Ein statistisch signifikanter Unterschied wurde jedoch nicht nachgewiesen.

Anders als in der Studie von Jokstad (1989) bestanden in dieser Studie keine Unterschiede zwischen mesialen und distalen Flächen hinsichtlich des Substanzverlustes. Der Gewichtsverlust durch die Präparation fiel an den Molaren um ca. 20% größer aus als an den Prämolaren. Dies dürfte mit der geringeren Grundgröße der Prämolaren zusammenhängen, die den Behandler von vornherein zu weniger weit extendierten Präparationen zwingt. Des Weiteren ermöglicht die kleinere Kontaktfläche zwischen den Prämolaren eine bessere Übersicht während der Präparation.

5.3.4 Invasivität der Verfahren: Präparationsfläche

Unter dem Aspekt der Flächenausdehnung ließen sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen konventionellen Amalgam-Kastenkavitäten und mit rotierenden bzw. mit torpedoförmigen sonoabrasiven Instrumenten präparierten Komposit-slots nachweisen. Dies wird durch die Ergebnisse der Studie von Wicht (1998) bestätigt.

Im Gegensatz zu Amalgam-Kastenkavitäten werden bei den Adhäsivkavitäten die unterminierten Schmelzareale nicht entfernt, sondern deren Randbereiche lediglich angeschrägt. So kommt es bei den Komposit-slots trotz der Anschrägung zu keiner signifikant größeren Gesamtausdehnung der Kavitäten.

Alle sonoabrasiven Verfahren wiesen eine signifikant geringere Kavitätenausdehnung auf als die mit rotierenden Instrumenten präparierten Adhäsivkavitäten.

Die sonoabrasiven Halbkugeln ermöglichten die geringste Kavitätenausdehnung.

Hierbei fielen Kavitäten mit lateralem Zugang tendenziell kleiner aus.

Unabhängig von der Kavitätenform kommt es zur größten Ausdehnung in Richtung der Kavitätenöffnung. Kavitäten mit lateralem Zugang zeigen somit ihre größte Ausdehnung in bucco-lingualer, Kavitäten mit okklusalem Zugang in zervikal-okklusaler Richtung.

Bei den invasiveren Verfahren kommt es zu einer gleichmäßigen Vergrößerung der Präparationsfläche ohne bevorzugte Richtung.

Das Fehlen von Unterschieden in der Flächenausdehnung zwischen mesialen und distalen Kavitäten zeigt, daß eine Minimierung der Kavitätenausdehnung unabhängig von deren Lage möglich ist.

Die höhere Grundgröße der Molaren und deren größeres Kontaktareal sowie die bessere Übersicht im Approximalbereich bei Prämolaren sind vermutlich die Ursachen für die signifikant größere Flächenausdehnung der Kavitäten der Molaren.

5.4 Ausdehnung der approximalen Spalträume (Clearance)

Minimalinvasive Präparationen sollten eine defektbezogene Kavitätenform aufweisen. Im Gegensatz zu dem Postulat Blacks, Kavitätenränder in den Bereich der Selbstreinigung zu legen, gehört hierzu eine möglichst geringfügige Ausdehnung der Kavität im Bereich des approximalen Kontaktareals (BLACK 1908, SIGURJONS und HALLA 1983).

Ziel der Kavitätenerweiterung im approximalen Bereich sollte die Kontrollierbarkeit der Kavitätenränder sein. Eine Erweiterung um 0,2 bis 0,3 mm ist hierbei ausreichend, um diese mit einer Sonde überprüfen zu können (WELK und LASWELL 1976).

Für eine Erweiterung des approximalen Spaltraumes auf 0.5 mm gibt es keine wissenschaftlich fundierte Begründung. Ein Einfluss auf den Langzeit Erfolg der Füllungstherapie konnte nicht nachgewiesen werden (SUMMIT 2002).

Ziel ist der weitgehende Erhalt der Zahnkontur zur Schonung gesunder Zahnschubstanz und zur Erleichterung der Füllungsgestaltung. Hierbei erspart der Erhalt eines Kontaktes die Rekonstruktion des Kontaktareales und erleichtert so die Konturierung der Füllung deutlich.

5.4.1 Ausdehnung der approximalen Spalträume in Abhängigkeit vom Behandler

Es ließen sich zwischen den einzelnen Zahnärzten nur tendenziell unterschiedliche Ergebnisse nachweisen. Die Ausdehnung der approximalen Spalträume ist somit in erster Linie von der verwendeten Präparationsmethode abhängig und nur in geringem Maße vom Behandler.

5.4.2 Ausdehnung der approximalen Spalträume in Abhängigkeit von der Kavitätenform

Unabhängig von der Kavitätenform kamen Eröffnungen im Bereich des Approximalkontaktes unter 0,5 mm signifikant seltener vor.

Es ließen sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Kavitätenformen nachweisen. Jedoch zeigten die mit sonoabrasiven Halbkugeln prä-

parierten Kavitäten tendenziell die geringsten Eröffnungen des approximalen Bereiches, die Kavitäten mit lateralem Zugang die größten. Dies beruht auf der weiten Eröffnung im Bereich des bukkal gelegenen Kavitätenzuganges. Im Gegensatz dazu kam es nur zu einer relativ kleinen Eröffnung im lingualen/ palatinalen Bereich.

5.4.3 Ausdehnung der approximalen Spalträume in Abhängigkeit von Zahnart und Lage der Kavität

Zwischen mesialen und distalen Flächen und zwischen Prämolaren und Molaren lagen keine Unterschiede vor, was mit den Beobachtungen bezüglich der Kavitätenausdehnung einhergeht.

Die Ausdehnung der Kavität scheint somit sowohl bei Prämolaren als auch bei Molaren unabhängig von der mesialen/ distalen Position der Kavität zu sein.

5.5 Präparationszeit

Im Gegensatz zu der Studie von Wicht (1998) bestanden keine statistisch signifikanten Unterschiede der Exkavationszeiten zwischen konservativen Amalgamslots und minimal invasiven Kavitäten mit okklusalem Zugang.

Bei den Kavitäten mit lateralem Zugang hingegen stieg die Präparationszeit auf fast das Doppelte an.

Hierin spiegelt sich möglicherweise die mangelnde Vertrautheit der Behandler mit der Präparation von Kavitäten mit lateralem Zugang wider.

Die Präparationszeiten der mit sonoabrasiven Instrumenten präparierten Kavitäten mit okklusalem Zugang waren signifikant niedriger als die der anderen Methoden.

Ursache hierfür dürfte die niedrige Gefahr der Nachbarzahnverletzung sein, die dem Behandler eine Präparation unter Nachbarzahnführung ermöglicht.

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurden verschiedene Präparationsmethoden zur Erstversorgung approximaler kariöser Läsionen verglichen. Bei diesen handelte es sich um die Präparation von konventionellen Amalgamslots und Kompositlots mit rotierenden Instrumenten, der Präparation von Kompositlots mit sonoabrasiven halb- bzw. torpedoförmigen Instrumenten sowie der Präparation von Kompositlots mit lateralem Zugang.

Je Präparationsart wurden von sechs verschiedenen Behandlern je zwei Kavitäten an natürlichen Prämolaren und Molaren mit standardisierten künstlichen kariösen Läsionen im Phantomkopf erstellt.

Die verschiedenen Methoden wurden hinsichtlich des Substanzverlustes, der Kavitätenausdehnung, der Beschädigung der Nachbarzähne, der Vollständigkeit der Kariesexkavation und der Präparationszeit verglichen.

Die Bestimmung der Kavitätenausdehnung erfolgte mittels planimetrischer Vermessung und der Vermessung der Eröffnung des Approximalkontaktes („Clearance“).

Zur Überprüfung der Verletzung der Nachbarzähne und verbliebener Karies wurden Kavitäten und Nachbarzähne unter dem Auflichtmikroskop betrachtet.

Weiterhin wurde der Substanzverlust durch Wiegen vor und nach der Präparation bestimmt.

Folgende Ergebnisse wurden beobachtet:

I.) Die sonoabrasiven Halbkugelpräparationen mit okklusalem bzw. lateralem Zugang wiesen signifikant geringere Substanzverluste auf als die anderen Kavitätenformen. Zwischen mesialen und distalen Präparationen wurden keine unterschiedlichen Substanzverluste festgestellt.

Hingegen kam es bei der Präparation an Molaren zu signifikant größeren Gewichtsverlusten als bei der Präparation an Prämolaren.

II.) Die durchschnittliche Extensionsfläche der sonoabrasiven Präparationen mit lateralem Zugang war signifikant kleiner als die der abgeschrägten Kompositlots mit okklusalem Zugang. Hingegen bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Amalgam Kastenkaavitäten und den sonoabrasiven Halbkugelpräparationen mit okklusalem bzw. lateralem Zugang.

III.) Entsprechend den Ergebnissen des Substanzverlustes ließen sich keine Unterschiede zwischen mesialen und distalen Präparationen, jedoch eine größere Kavitätenextension bei den Molaren als bei den Prämolaren feststellen.

IV.) Unabhängig von der Präparationsmethode kam es bei 70% der Präparationen zu einer vollständigen Exkavation der Karies. 25% der Kavitäten wiesen eine geringfügige, 5% eine deutliche Residualkaries auf. Tendenziell erlaubten die Kavitäten mit lateralem Zugang seltener eine vollständige Entfernung der kariösen Zahnschicht, wobei sich hauptsächlich im Bereich des lingualen Kavitätenzuganges belassene „Karies“ befand.

V.) Prämolaren zeigten ein signifikant häufigeres Auftreten von unvollständig exkavierten kariösen Arealen als Molaren. Ein Unterschied zwischen mesialen und distalen Flächen trat nicht auf.

VI.) Bei der Präparation mit sonoabrasiven halbkugel- und torpedoförmigen Instrumenten kam es zu signifikant weniger Verletzungen der Nachbarzähne als bei der Verwendung von rotierenden Instrumenten.

VII.) Unterschiede zwischen Molaren und Prämolaren im Ausmaß der Nachbarzahnverletzung traten nicht auf, hingegen waren deutlich mehr Beschädigungen von Nachbarzähnen nach der Präparation mesialer Kavitäten als nach der distaler vorzufinden.

VIII.) Die Präparationszeit der mit sonoabrasiven Instrumenten präparierten Kompositlots mit okklusalem Zugang war signifikant niedriger als die der anderen Methoden.

IX.) Zur Kariesexkavation von Kavitäten mit lateralem Zugang wurde signifikant mehr Zeit benötigt als bei den anderen Methoden.

X.) Zur Präparation mesialer Kavitäten wurde weniger Zeit benötigt als für die Präparation distaler Kavitäten.

XI.) Bei allen untersuchten Aspekten kam es zu keinen signifikanten Unterschieden zwischen den einzelnen Behandlern.

Literatur

Axelsson, P. A. T.: Apparatus for cleaning or polishing teeth. United States Patent Office Nr. 3552022 (1971)

Bille, Jette, Thylstrup A.: Radiographic Diagnosis and Clinical Tissue Changes in Relation to Treatment of Approximal Carious Lesions. *Caries Research* 16, 1-6 (1982)

Black, G. V.: *Operative Dentistry*; Vol. 1 Medico Dental Publishing Co., Chicago 1908

Cheung Gary S. P.: A scanning electron microscopic investigation on the acid-etched cervical margin of Class II cavities. *Quintessence Int* Volume 21, Number 4, 299-302 (1990)

Christensen, G. J.: Preventive restorative dentistry. *International Dental Journal* 40, 259-266 (1990)

Douvitsas, G.: Effect of cavity design on gap formation in Class II composite resin restorations. *J Prosthet Dent* 65, 475 (1991)

Elderton R. J.: New Approaches to Cavity Design. *British Dental Journal* 157, 421-427 (1984)

Elderton, R. J.: Iatrogenesis in the treatment of dental caries. *Proc Finn Dent Soc* 88, 25-31 (1992).

Fusayama, Takao: Cavity Preparation for a New Adhesive Restorative Resin. *Quintessence Int* 4, 397-409 (1983)

Gohil, K. S.; Talim S. T.; Singh, Iqbal: Proximal contacts in posterior teeth and factors influencing interproximal caries. *Journal of Prosthetic Dentistry* Volume 30, Number 3 (September 1973)

Gygax, Markus; Lussi, Adrian; Hugo, Burkhard: Anwendung des EVA-Systems. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 101, 1429-1434 (1991)

Hannig, M.: Schmelzprismenverlauf und Ätzmuster im approximalen Bereich von Klasse-II-Kavitäten. Wiss. Beitr. Jahrestagung DGZ, Heidelberg 1994.

Hartley, Jack L.: Comparative evaluation of newer devices and techniques for the removal of tooth structure. J Pros Den 1, 170-182 (1958)

Hosoda, H.; Fusyama, T.: A tooth substance saving restorative technique. Int Dent J 34, 1-12 (1984)

Hoyer, I., Gängler, P., Wucherpfennig, G.: Klinische Erfolgsbewertung der modifizierten Kavitätenpräparation bei grazen Amalgamfüllungen. Dtsch Zahnärztl Z 47, 439-443 (1992)

Hugo, B.: Neue Präparations- und Restaurationsmethoden zur defektbezogenen Versorgung approximaler Karies (I). Quintessenz 47, 911-923 (1996)

Hugo, B.: Neue Präparations- und Restaurationsmethode zur defektbezogenen Versorgung approximaler Karies (II). Quintessenz 47, 1051-1069 (1996)

Hugo, B., Lussi, A.: Moderne Präparations- und Restaurationstechnologie- Verschiedene Anwendungsmöglichkeiten des EVA-Systems in der zahnärztlichen Praxis (II). Quintessenz 44, 207 (1993)

Hugo, B., Lussi, A., Hotz, P.: Die Präparation der Schmelzrandabschrägung bei approximalen Kavitäten. Schweiz Monatsschr Zahnmed 102, 1181 (1992)

Hugo, B., Stassinakis, A., Hotz, P.: Die Randqualität der Schmelzabschrägung bei adhäsiven Klasse-II-Minikavitäten in vivo. Dtsch Zahnärztl Z 50, 832 (1995).

Hugo, B., Stassinakis, A., Hotz, P.: A new method for reproducible and standardized cavity preparation of class II lesions. J Dent Res 74 , 560 (1995).

Hugo, B., Stassinakis, A., Hotz, P., Klaiiber, B.: Die Entwicklung einer neuen Präparationsmethode zur defektbezogenen Erstversorgung approximaler kariöser Defekte. Dtsch Zahnärztl Z 51, 518 (1996)

Hunt, Peter R.: A Modified Class II Cavity Preparation for Glass Ionomer Restorative Materials. Quintessence International 10, 1011-1018 (1984)

Hunt, Peter R.: Microconservative restorations for approximal carious lesions. JADA 20, 37-40 (1990)

Jokstad, A.: The dimensions of everyday class-II cavity preparations for amalgam. Acta Odontol Scand 47, 89 (1989)

Kidd, E. A. M., Joyston-Bechal, S., Beighton, D.: The use of a caries detector dye during cavity preparation: a microbiological assessment. Br Dent J 174, 245 (1993)

Luescher, B., Lutz, F., Ochsenbein, H., Mühlemann, H.R.: Microleakage and marginal adaption in conventional and adhesive Class II restorations. J Prosthet Dent 37, 300 (1977)

Lundner, N., von der Fehr, F.R.: Approximal cavitation related to bite-wing image and caries activity in adolescents. Caries Res 30, 143 (1996)

Lussi, A.: Verletzungen der Nachbarzähne bei der Präparation approximaler Kavitäten. Schweizer Monatsschr Zahnmed 105, 1259-1264 (1995)

Lussi, A., Gygax, M.: Präparationstechnik zur signifikanten Minimierung von Nachbarzahnverletzungen. Acta Med Dent Helv 1, 3-6 (1996)

Lussi, A., Gygax, M., Hotz, P.: Die Mini-Präparation approximaler Kavitäten. Schweiz Monatsschr Zahnmed 97, 186 (1987)

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)

Lussi, A., Gygax, M., Hotz, P., Lüthi, D.: A new method for finishing minicavities. Scanning Microscopy 2, 1553-1557 (1988)

Lefkowitz, W.: Ultrasonic in dentistry. J Pros Den , 135-136 January(1958)

Marthaler, T. M.; Germann, M.: Radiographic and Visual Appearance of Small Smooth Surface Caries Lesions Studied on Extracted Teeth. Caries Research 4, 224-242 (1970)

McLean, J. W.: Aesthetics in restorative dentistry: the challenge for the future. *Br Dent J* 149, 368 (1980).

Newman, H. N.; Morgan, W. J.: Topographical Relationship between Plaque and Approximal Caries. *Caries Research* 14, 428- 433 (1980)

Nordbo, Hakon; Leirskar, Jakob; von der Fehr, Frithjof R.: Saucer-shaped cavity preparation for composite resin restorations in class II carious lesions: Three-year results. *Journal of Prosthetic Dentistry* 69, 155-159 (1993)

O'Hara, Jr., James W.; Lawrence L. Clark: The evolution of contemporary cavity preparation. *JADA* 108, 993-997 (1984)

Oilo, G., Jorgensen, K. D.: Effect of bevelling on the occurrence of fractures in the enamel surrounding composite resin fillings. *Journal of Oral Rehabilitation* 4, 305-309 (1977)

Oman, C. R., Applebaum, E.: Ultrasonic cavity preparation II. Progress report. *JADA* 50, 414-418 (1955)

Papa, J., Cain, Ch., Messer H.H.: Efficacy of tunnel restorations in the removal of caries. *Quintessence Int* 24, 715 (1993)

Postle, H. H.: Ultrasonic cavity preparation. *J Pros Den*, 153-160, Januar (1958)

Quist, V., Johannessen, L., Bruun, M.: Progression of approximal caries in relation to iatrogenic preparation damage. *J Dent Res* 71, 1370-1373 (1992)

Reller, U., Geiger F., Lutz, F.: Quantitative investigation of different finishing methods in conventional cavity preparations. *Quintessence Int* 20, 453-460 (1989)

Roggenkamp, L. Clyde, Cochran Michael A., Lund Melvin R.: The Facial Slot Preparation: A Nonocclusal Option for Class 2 Carious Lesions. *Operative Dentistry* 7, 102-106 (1982)

Rugg-Gunn, A. J.: Approximal Carious Lesions. *British Dental Journal* 133, 481-484, (1972)

Sigurjons, Halla: "Extension for prevention". Historical development and current status of G. V. Black's concept. *Operative Dentistry* 8, 57-63 (1983)

Staehele, H.-J., Mues, B., Pioch, Th.: In-vitro Studie über den Zusammenhang zwischen Färbbarkeit und Mikrostruktur der Dentinoberfläche. *Dtsch Zahnärztl Z* 47, 832 (1992)

Strand, Gunhild Vesterhus, Tveit Anne Björg; Eide, Egil Geier: Cavity design and dimensions of tunnel preparations versus composite resin class-II preparations. *Acta Odontol Scand* 53, 217-221, (1995)

Summit, J.B.: Conservative cavity preparations. *Dent Clin N Am* 46, 171-184 (2002)

Summit, J.B., Della Bona, A., Burgess, J.O.: The strength of Class II composite resin restorations affected by preparation design. *Quintessence Int* 25, 251 (1994)

Wicht, M. J., Haak, R., Fritz, U. B., Noack, M. J.: Primary preparation of Class II cavities with oscillating systems. *JDR* 58, (1999)

Welbury, R.R., Murray, J.J.: A clinical trial of the glass-ionomer-cement-composite resin "sandwich" technique in Class II cavities in permanent premolar and molar teeth. *Quintessence Int* 21, 507 (1990)

Welk, D.A., Laswell, H.R.: Rationale for designing cavity preparations in light of current knowledge and technology. *Dent Clin N Am* 20, 231-239 (1976)

Zander, H. A.: Effects of ultrasonic cavity preparation upon the pulp. *J Pros Den*, 136-137, Januar (1958)

Herstellerverzeichnis

Coltene	D-78462 Konstanz
Espe	D-82229 Seefeld
Heraeus Kulzer	D-63450 Hanau
KaVo EWL	D-88299 Leutkirch
KaVo (Kaltenbach & Voigt GmbH)	D-88400 Bieberach/ Riß
Kerr	D-76185 Karlsruhe
Krups	D-42719 Solingen
Komet/ Brassler (Brassler GmbH)	D-32657 Lemgo
Sartorius	D-37075 Göttingen
Vision engineering	D-82275 Emmering
Vivadent	Schaan, Liechtenstein
Zeiss	D-73446 Oberkochen

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Geburtstag: 29.08.1968

Geburtsort: Kassel

Schulbildung:

Grundschule Edertal: 1975-1979

Gymnasium in Bad Wildungen: 1979-1988 (Abitur im Juni 1988)

Wehrdienst:

Sanitätsdienst im 1. Pz. Btl. 64 in Wolfhagen: 01.01.1989-31.03.1990

Studium der Humanmedizin an der Universität Würzburg: 01.05.1990-01.10.1992

Physikum 14.9.1992

Studium der Zahnmedizin an der Universität Würzburg: 01.11.1992-...1997

Zahnärztliche Vorprüfung 13.10.1994

Zahnärztliche Prüfung 02.06.1997

Approbation 30.06.1997

Berufspraxis:

01.08.1997-31.10.1997: Assistentszahnarzt (Teilzeit) in allgemein-zahntlicher Praxis/ Dr. Brisko, Würzburg

01.11.1997-31.10.1998 Assistentszahnarzt in allgemein-zahnärztlicher Praxis/ Dr. Redelberger, Schweinfurt

01.04.1998-01.07.2000 Ausbildungsassistent in kieferorthopädischer Praxis/ Dr. Berthold, Wiesloch

Seit 01.07.2000: Postgraduierten Ausbildung in Parodontologie, Loma Linda University, Loma Linda, USA

Loma Linda, den 21.01.2003

Oliver Hoffmann

Danksagung

Herrn Priv.-Doz. Dr. B. Hugo gilt mein besonderer Dank für die Überlassung des Themas und die Übernahme des Referates. Er hat mich während der Durchführung der Arbeit stets engagiert unterstützt, gefördert und freundlich beraten. Ich danke ihm herzlich dafür.

Mein Dank gilt Herrn Dr. A. Stassinakis für die freundliche Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Daten.

Herrn Prof. Dr. E. J. Richter danke ich für die Übernahme des Koreferates.

Von ganzem Herzen möchte ich mich bei meinen Eltern für deren fortwährende Unterstützung bedanken.