

---

# Forschung · Wissenschaft Recherche · Science

**Editor-in-chief**  
**Chefredaktor**  
**Rédacteur en chef**  
Jürg Meyer, Basel

**Editors**  
**Redaktoren**  
**Rédacteurs**  
Urs Belser, Genève  
Rudolf Gmür, Zürich  
Peter Hotz, Bern

**Assistant Editor**  
**Redaktions-Assistent**  
**Rédacteur assistant**  
Tuomas Waltimo, Basel

## **Advisory board / Gutachtergremium / Comité de lecture**

P. Baehni, Genève  
J.-P. Bernard, Genève  
C.E. Besimo, Basel  
M. Bornstein, Bern  
S. Bouillaguet, Genève  
U. Brägger, Bern  
D. Buser, Bern  
M. Cattani, Genève  
B. Ciucchi, Genève  
K. Dula, Bern  
D. Ettl, Zürich  
G. Eyrich, Zürich  
A. Filippi, Basel  
J. Fischer, Bern  
L.M. Gallo, Zürich  
R. Glauser, Zürich  
W. Gnoinski, Zürich  
K.W. Grätz, Zürich  
Ch. Hämmerle, Zürich  
N. Hardt, Luzern  
T. Imfeld, Zürich

K.H. Jäger, Basel  
J.-P. Joho, Genève  
R. Jung, Zürich  
S. Kiliaridis, Genève  
I. Krejci, Genève  
J.Th. Lambrecht, Basel  
N.P. Lang, Bern  
T. Lombardi, Genève  
H.U. Luder, Zürich  
A. Lussi, Bern  
H. Lüthy, Basel  
C. Marinello, Basel  
G. Menghini, Zürich  
R. Mericske-Stern, Bern  
J.-M. Meyer, Genève  
A. Mombelli, Genève  
W. Mörmann, Zürich  
F. Müller, Genève  
G. Pajarola, Zürich  
S. Palla, Zürich  
S. Paul, Zürich

M. Perrier, Lausanne  
B. Pjetursson, Bern  
M. Ramseier, Bern  
M. Richter, Genève  
S. Ruf, Bern  
H.F. Sailer, Zürich  
J. Samson, Genève  
U.P. Saxer, Zürich  
J.-P. Schatz, Genève  
S. Scherrer, Genève  
P. Schüpbach, Horgen  
H. van Waes, Zürich  
P. Velvart, Zürich  
T. von Arx, Bern  
F. Weber, Zürich  
R. Weiger, Basel  
A. Wichelhaus, Basel  
A. Wiskott, Genève  
H.F. Zeilhofer, Basel  
N.U. Zitzmann, Basel

**Publisher**  
**Herausgeber**  
**Editeur**  
Schweizerische Zahnärzte-Gesellschaft SSO  
Société Suisse d'Odonto-Stomatologie  
CH-3000 Bern 7

**Adresse der wissenschaftlichen Redaktion**  
Prof. Jürg Meyer  
Universitätskliniken für Zahnmedizin  
Institut für Präventivzahnmedizin und Orale Mikrobiologie  
Hebelstr. 3  
4056 Basel

# Kavitätenmikromorphologie nach Kariesexkavation

## Zusammenfassung

Ziel der Studie war die Untersuchung der Auswirkung verschiedener Exkavationsarten auf die Kavitätenoberfläche. Dazu wurden 36 kariöse Zahnhälften mit sechs verschiedenen Exkavationsverfahren behandelt, in Epoxidharz repliziert und mithilfe eines Rasterelektronenmikroskopes vor und nach Smearlayerentfernung betrachtet. Bei niedrigen Vergrößerungen bis 200fach wurden die gesamten Kavitäten, bei 1000facher Vergrößerung Stichproben auf festgelegte Charakteristika untersucht.

Bei 200facher Vergrößerung betrachtet, fanden sich nach Exkavation mit oszillierenden Instrumenten häufiger wellige Oberflächenreliefs als bei den anderen Verfahren, welche mehr ebene Kavitätenoberflächen produzierten. Sowohl bei 200facher als auch bei 1000facher Vergrößerung betrachtet, führt die Exkavation mit Carisolv-Handinstrumenten zu einer deutlich weniger glatten, schuppigeren und rissigeren Oberflächentextur als bei den anderen Verfahren. Risse waren bei allen Verfahren nachzuweisen und fanden sich am häufigsten nach Carisolv-Handexkavation.

Da eine glatte, schuppige, rissige Oberflächentextur und auch Risse bei allen Exkavationsverfahren gefunden wurden, kann davon ausgegangen werden, dass diese Merkmale das Span- bzw. Bruchverhalten des Dentins widerspiegeln. Hingegen kann die relative Häufigkeit, in denen diese Oberflächenaspekte anzutreffen waren, kaum Auskunft über die Art und Weise geben, durch welche das Dentin bei der Kariesexkavation aus seinem Verbund gelöst wurde.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 115: 896–902 (2005)

Schlüsselwörter: Kariesexkavation, chemomechanische/rotierende/oszillierende Exkavation, Dentinoberfläche

Zur Veröffentlichung angenommen: 11. April 2005

HANS ZESEWITZ<sup>1</sup>, BERND KLAIBER<sup>3</sup>, PETER HOTZ<sup>1</sup> und BURKARD HUGO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Klinik für Zahnerhaltung, Universität Bern

<sup>2</sup> Poliklinik für Kieferorthopädie, Universität Würzburg

<sup>3</sup> Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Universität Würzburg

## Einleitung

Durch den Vorgang der Kariesexkavation werden sowohl die Zahnhartsubstanzen als auch das Pulpa-Dentinsystem in Mitleidenschaft gezogen. Das pulpale Präparationstrauma wird vor allem durch die entstehende Hitze, den intrapulpalen Druckanstieg sowie Vibration und Mikrotraumata der Odontoblastenfortsätze bestimmt. Insbesondere die Temperaturentwicklung ist sowohl für rotierende als auch für oszillierende Präparationsverfahren ausführlich beschrieben worden.

## Korrespondenzadresse:

Priv.-Doz. Dr. med. dent. Burkard Hugo  
Universität Würzburg, Poliklinik für Kieferorthopädie  
Pleicherwall 2, D-97070 Würzburg  
Tel. 0049/(0)931/20173350  
E-Mail: burkard.hugo@mail.uni-wuerzburg.de

Bezüglich der Qualität der verbleibenden Zahnhartsubstanz hingegen liegen vor allem Untersuchungen über chemomechanische Exkavationsverfahren vor (CEDERLUND et al. 1999, HANNIG 1999, ARVIDSSON et al. 2002, DAMMASCHKE et al. 2002, HOSSAIN et al. 2003). Vergleichende Oberflächenuntersuchungen, welche neben der Exkavation mit dem Rosenbohrer und der chemomechanischen Exkavation auch die Kariesentfernung mit oszillierenden Verfahren berücksichtigen, gibt es wenige (BANERJEE et al. 2000, YAZICI et al. 2002).

In den Studien von BANERJEE et al. (2000) und YAZICI et al. (2002) wurden halbkugelförmige diamantierte Ansätze des Sonicsys Micro Systems (HUGO et al. 1996) zur oszillierenden Kariesexkavation verwendet. Beide Autoren beobachteten eine von Rillen geprägte Oberflächenstruktur nach Verwendung dieser Exkavationsmethode. Bezüglich des Vorhandenseins eines Smearlayers kommen die Studien zu verschiedenen Ergebnissen. BANERJEE et al. (2000) beobachteten «microcracks» sowohl in den Kavitäten, welche mit Carisolv, als auch in denen, welche mit dem Sonicsys Micro System bearbeitet wurden, WENNERBERG et al. (1999) fanden nach Exkavation mit dem Rosenbohrer «tiefe Mikrorisse».

### Problemstellung

Zielsetzung der vorliegenden Arbeit war es, die Kavitätenoberfläche nach der konventionellen Rosenbohrerexkavation als auch nach Bearbeitung mit verschiedenen chemomechanisch und oszillierend arbeitenden Verfahren zu untersuchen. Neben der allgemeinen Beschreibung der Kavitätenmorphologien sollte besonderes Augenmerk auf das Vorhandensein von Mikrorissen gelegt werden.

An Exkavationsmethoden wurde ebenfalls eine Weiterentwicklung des Carisolv-Systems (Medi Team Dental AB, Sävedalen) – das Powerdrive-System (Medi Team Dental AB, Sävedalen) – getestet. Des Weiteren wurde mit dem Cariex TC (KaVo, Biberach) ein neu entwickelter Sonicsys-micro-Ansatz verwendet, welcher im Gegensatz zu den diamantierten Pendants besonders effektiv im kariös erweichten Dentin arbeiten soll.

## Material und Methode

### Beschreibung des Versuchsablaufes

Als Testzähne dienten kariöse Molaren mit okklusalen Kavitäten. Diese wurden unmittelbar nach der Extraktion in 0,1% T-Chloramin-Lösung bei Raumtemperatur gelagert. Die Lagerungszeit bis zur Exkavation betrug weniger als sechs Monate. Mittels wassergekühlter Diamantscheibe erfolgte eine Säugung entlang der Hauptfissur durchs Zentrum der kariösen Läsion. Somit standen am Ende der Vorbereitungen 36 Zahnhälften zur Verfügung, welche eine Dentinkaries ohne Einbruch ins Pulpenkavum aufwiesen.

Diese wurden in sechs Gruppen entsprechend den verschiedenen Exkavationsverfahren unterteilt. Die Kariesentfernung wurde gemäss den für das jeweilige Verfahren spezifischen Parametern von einem erfahrenen Behandler unter zweifacher Lupenvergrößerung durchgeführt. Die Exkavation wurde nach den üblichen klinischen Kriterien (HELLWIG et al. 2003) als vollständige Kariesentfernung durchgeführt. Zur Überprüfung der Härte des verbliebenen Dentins diente eine Sonde (Typ S24, A. Deppeler S.A., Rolle). Im Anschluss wurden die Proben in physiologischer NaCl-Lösung bei vier Grad Celsius gelagert.

Vor der Abformung wurden die Proben von eventuell vorhandenen Auflagerungen mittels Wasserspray gereinigt. Der Abdruck erfolgte dann mit einem dünnfliessenden additionsvernetzenden Silikon (President Plus, Coltène Whaledent, Cuyahoga Falls).

Nach Applikation von 16%iger EDTA-Lösung für 120 s wurde eine weitere Abformung vorgenommen. Mithilfe eines fließfähigen Epoxidharzes (Araldit, Ciba-Geigy, Basel) wurden daraufhin Replikas der Kavitäten hergestellt.

Diese wurden auf Aluminiumsockel montiert und in einem Sputtergerät (K550, Emitech, Kent) bei einem Strom von 20 mA für 2 min mit Gold beschichtet. Die angestrebte Schichtstärke betrug 20 nm. Daraufhin konnten die Proben unter dem Raster-Elektronen-Mikroskop (DSM 940, Zeiss) begutachtet werden. Die Beschleunigungsspannung betrug für alle Aufnahmen 5kV.

### Exkavationsparameter

Die Exkavation wurde bei den untersuchten Verfahren unter folgenden Rahmenbedingungen durchgeführt:

Rosenbohrer (Komet, Gebr. Brasseler, Lemgo): Zum Einsatz kamen Rosenbohrer (H1S.204.010 und H1S.204.014) der Grössen 10 und 14, welche bei 500 U/min in einem Reduzierwinkelstück (KaVo 29 LH 7,4:1) mit einem Reduzierkopf (KaVo 62 LDN 10:1) betrieben wurden.

Carisolv (Medi Team Dental AB, Sävedalen): Die beiden Gel-Komponenten des Carisolv-Systems wurden gekühlt aufbewahrt und erst unmittelbar vor der Exkavation gemischt. Nach Einbringen in die Kavität wurde die Flüssigkeit dort für 30 s belassen. Daraufhin wurde die Karies mithilfe der Carisolv-Handinstrumente Nr. 3 und Nr. 5 entfernt. Die Gel-Applikationen wurden so lange fortgesetzt, bis das Gel sich nicht mehr eintrübte und der Kavitätenboden sondenhart war. Die Anzahl der dazu nötigen Applikationen wurde notiert.

Powerdrive (Medi Team Dental AB, Sävedalen): Nach Durchmischung der gekühlt aufbewahrten Carisolv-Gel-Komponenten wurden diese in die Kavität eingebracht. Nach 30 s Einwirkzeit erfolgte die Exkavation mit dem Powerdrive-Winkelstück BF' (IEC) und dem dazugehörigen Powerdrive-Arbeitsende. Die pulpaferen Areale der Dentinkaries wurden mit dem effektiver abtragenden Rechtslauf-Modus mit 450 U/min des Arbeitskopfes entfernt, während die pulpanäheren Anteile der Dentinkaries im Linkslauf-Modus mit 350 U/min abgetragen wurden. Durch die eingebaute Drehmomentbegrenzung des Winkelstückes von 12 mN wurde die maximale Anpresskraft automatisch begrenzt. Das Carisol-Gel wurde so lange erneuert, bis es sich beim Exkavationsvorgang nicht mehr eintrübte und der Kavitätenboden sondenhart war. Die Anzahl der dazu nötigen Applikationen wurde notiert.

Cariex D (KaVo, Biberach): Hier kamen die diamantierten Aufsätze für das Sonicflex-System (2003LX) der Firma KaVo zum Einsatz. Diese wurden ausschliesslich unter Wasserkühlung (10 ml/min) betrieben. Verwendet wurden die Instrumentengrössen 10 und 14.

Cariex TC (KaVo, Biberach): Die Hartmetallansätze zur Kariesexkavation für das Sonicflex-Lux-2003LX-Handstück der Firma KaVo wurden ebenfalls nur unter Wasserkühlung (10 ml/min) angewendet. Die Instrumentengrössen 10 und 14 kamen je nach Kariesausdehnung zur Anwendung.

Cariex TC mit Carisolv-Lösung: In diesem Modus wurde der Cariex-TC-Ansatz im Sonicflex-Handstück (2003 LX) ohne Wasserkühlung betrieben. Analog zur Carisolv-Exkavation wurde das Carisolv-Gel (Medi Team Dental AB, Sävedalen) in die Kavität gebracht und der Exkavationsvorgang erst nach der Einwirkzeit von 30 s gestartet. Nach Eintrübung des Gels wurde dieses erneuert, bis keine Eintrübung mehr stattfand und der Kavitätenboden sondenhart war. Die Anzahl der nötigen Applikationen des Carisolv-Gels bis zur Kariesfreiheit wurden notiert.

### Probenbeurteilung bei unbehandelten Kavitäten

Die Musterung der unbehandelten Kavität erfolgte bei Übersichtsaufnahme, 50facher, 100facher sowie 200facher Vergrößerung und erfasste alle Bereiche der Kavität. Die Ergebnisse für Kavitätenwand und -bodenbereich wurden getrennt aufgezeichnet. Vermerkt wurden sowohl makromorphologische Strukturen als auch die Beschaffenheit des Kavitätenbodens, der Oberflächentextur (Tab. I). In den Abbildungen 1 und 2 sind typische rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen für die gewählten Beurteilungskriterien exemplarisch dargestellt. Die Kavitäten (n=36) wurden auf die Anwesenheit dieser festgelegten Merkmale geprüft und die Exkavationsverfahren mittels exaktem Test nach Fisher bei einem Signifikanzniveau  $p=0,05$  miteinander verglichen.

### Probenbeurteilung nach EDTA-Behandlung

Zusätzlich zu den Vergrößerungsstufen bei unbehandelten Kavitäten wurden die Proben nach EDTA-Behandlung auch noch

bei 1000facher Vergrößerung stichprobenartig untersucht. Dazu wurde zu Beginn eine bildfüllende Übersichtsaufnahme der Kavität erstellt. Daraufhin erfolgte eine Markierung von 16 Stichprobenpunkten in der Weise, dass acht im Kavitätenwandbereich und acht im Kavitätenbodenbereich zu liegen kamen. Die zufällige Verteilung erfolgte möglichst gleichmässig nach dem Schema einer Windrose. Anschliessend wurden diese Stichprobenpunkte bei 50facher Vergrößerung fokussiert. Ohne eine weitere Manipulation wurde die Vergrößerung auf 1000fach hochgefahren. Der so erhaltene Bildausschnitt von  $100 \times 84 \mu\text{m}$  entsprach einer Stichprobe. Die Beurteilung der Stichproben erfolgte auf dem Bildschirm des Mikroskopes bei 1000facher Vergrößerung und einem Arbeitsabstand der Proben von 14–17 mm. Von den Stichproben wurden digitale Aufnahmen erstellt.

Neben der Oberflächentextur des Dentins wurden bei 1000facher Vergrößerung vor allem dehiszente Strukturen genauer beschrieben. Die Anzahl, maximale Länge und Breite und Anordnung der Dehiszenzen zueinander wurden für jede Stich-

Tab. I Beschreibung der beobachteten Oberflächenmerkmale

Oberflächenstrukturen	Abbildung	Erläuterung	Untersuchte Vergrößerungsstufe
«Ebenen»	1a	Plane Areale im Kavitätenboden ohne Erhebungen oder Senkungen	Bis 200fach
«Wellen»	1b	Nebeneinander verlaufende konkave Einsenkungen im Kavitätenboden	Bis 200fach
«glatte» Textur	2a	Die Kavitätenoberfläche weist keine Inhomogenitäten auf	Alle Vergrößerungsstufen
«schuppige» Textur	2b	Die Kavitätenoberfläche weist halbinselförmig voneinander abgegrenzte Areale mit geringem Höhenversatz auf	Alle Vergrößerungsstufen
«rissige» Textur	2c	Die Kavitätenoberfläche ist durch multiple Kontinuitätsunterbrechungen geprägt, welche blind in homogenen Oberflächen enden	1000fach
«rissige» Textur mit Dehiszenzen	2d	Die Oberflächeninhomogenitäten weisen deutlich klaffende Spalten auf	1000fach
«erdige» Textur	2e	Die Kavitätenoberfläche ist durch korpuskuläre Strukturen bedeckt. Diese sind in Länge, Höhe und Breite von ähnlichem Ausmass. Eine Abgrenzung in die Tiefe ist nicht immer möglich	Bis 200fach
«geröllige» Textur	2f	Die Kavitätenoberfläche ist von korpuskulären Strukturen bedeckt. Von der «erdigen» Textur unterscheiden diese sich durch ihre grösseren und unregelmässigeren Ausmasse	Bis 200fach

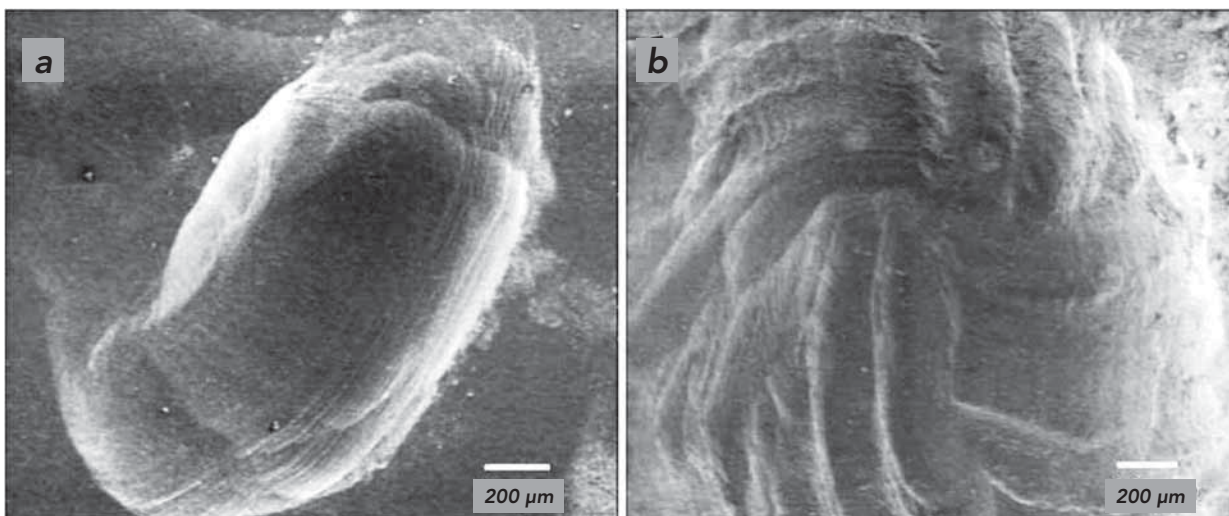


Abb. 1 Typische Beispiele einer «ebenen» Kavität (a) bei 54facher Vergrößerung sowie einer «welligen» Kavität (b) bei 50facher Vergrößerung in der Übersichtsaufnahme.



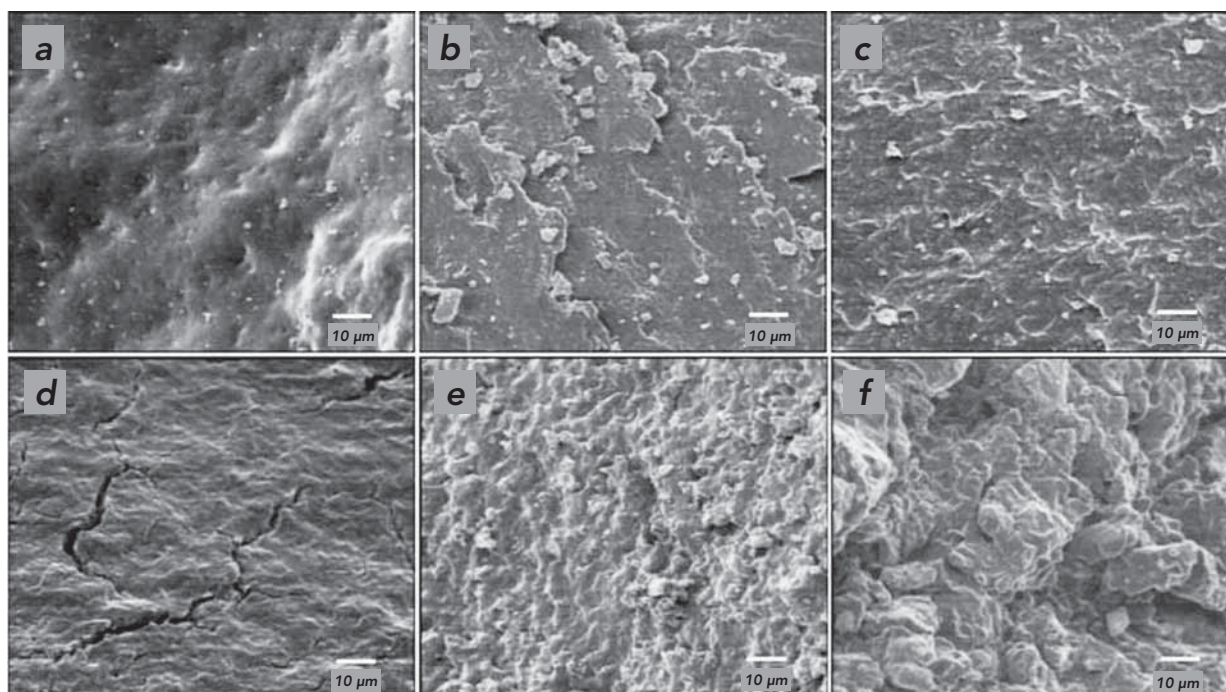


Abb. 2 Typische Beispiele für die Oberflächentextur bei 1000facher Vergrößerung nach EDTA-Behandlung. a) glatte Textur, b) schuppige Textur, c) rissige Textur, d) dehiszente Risse, e) erdige Textur, f) geröllige Textur.

probe festgehalten. Aufgrund der Regelmässigkeit ihres Verlaufes, ihrer geometrischen Abmessungen und ihrer Anordnung zueinander wurden die zunächst ohne Wertung beobachteten dehiszenten Oberflächenstrukturen in dehiszente Risse und Dentintubuli unterteilt.

Bei 1000facher Vergrößerung wurden pro Kavität 16 Stichproben auf das Vorhandensein festgelegter Charakteristika (Tab. I) hin untersucht. Für jedes Exkavationsverfahren und jedes untersuchte Merkmal wurde die Anzahl positiver Stichproben in Relation zur Gesamtzahl der untersuchten Stichproben ( $n=96$ ) gesetzt und ein Mittelwert pro Kavität gebildet. Mittels One-Way-ANOVA und anschliessendem Tukey-HSD-Test wurden die Mittelwerte miteinander verglichen. Als Signifikanzniveau wurde  $p=0,05$  gewählt.

## Resultate

### Morphologie un behandelter Kavitäten bei niedriger Vergrößerung (bis 200fach)

Vergleich der Methoden bezüglich makrostruktureller Merkmale: Bei Betrachtung der makrostrukturellen Merkmale fiel auf, dass bei 200facher Vergrößerung vor allem Unterschiede bezüglich des Charakteristikums «Wellen» vorlagen. So wiesen die Kavitäten oszillierender Instrumente signifikant mehr ( $p<0,001$ ) wellenförmige Strukturen auf als die der rotierenden Instrumente und der mit Carisolv behandelten Kavitäten.

Bezüglich des Charakteristikums «Ebenen» hingegen waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Verfahren zu verzeichnen. Ebene Areale waren in der Mehrzahl der Kavitäten aller Exkavationsmethoden vorhanden.

Vergleich der Methoden bezüglich der Oberflächentexturen: Bei allen Exkavationsmethoden erscheinen die Dentinoberflächen bei 50facher Vergrößerung «glatt». Mit 200facher Vergrößerung steigt bei sämtlichen Exkavationsmethoden die Anzahl an Kavi-

täten mit «schuppigen» Oberflächentexturen. Während bei allen maschinell betriebenen Exkavationsverfahren dann immer noch «glatte» Areale zu sehen sind, ist dies nach Carisolv-Handexkavation nicht mehr der Fall. Die Exkavation mit Carisolv führt zu signifikant ( $p=0,017$ ) weniger «glatten» Dentinoberflächen.

### Morphologie EDTA-behandelter Kavitäten bei 1000facher Vergrößerung

Vergleich der Methoden bezüglich der Oberflächentexturen: Die typische Morphologie EDTA-behandelter Kavitäten bei 1000facher Vergrößerung ist in der Abbildung 3 für die verschiedenen Verfahren dargestellt. In Tabelle II sind die Häufigkeiten aufgeführt, mit der die beobachteten Merkmale gefunden wurden. Da eine Stichprobe mehrere Texturen beinhalten kann, ist die Summe der Häufigkeiten pro Methode nicht notwendigerweise 100%. Signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren in Bezug auf die Oberflächentexturen und dehiszenter Risse sind in Tabelle III dargestellt.

Tab. II Häufigkeit der beobachteten Oberflächentexturen bei 1000facher Vergrößerung nach EDTA-Behandlung. Angabe in Prozent und in Relation zur Gesamtheit aller Stichproben ( $n=96$ ).

Verfahren	Glatte Oberfläche	Schuppige Oberfläche	Rissige Oberfläche	Dehiszente Risse pro $\text{mm}^2$
Rosenbohrer	91,7	30,2	70,8	191,0
Powerdrive	78,1	64,6	81,3	143,8
Carisolv	61,5	72,9	89,6	188,5
Cariex D	90,6	34,4	49,0	142,6
Cariex TC	82,3	46,9	55,2	416,7
Cariex TC +	91,7	37,5	47,9	217,0
Carisolv Gel				

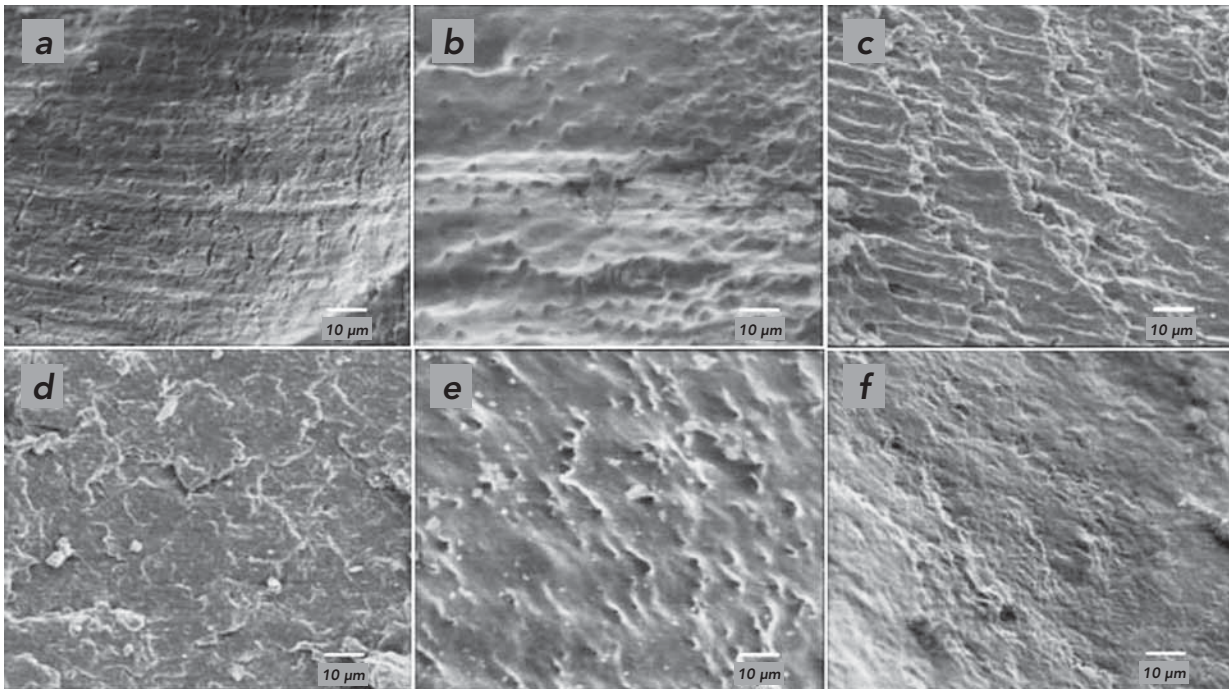


Abb.3 Beispiele für die Kavitätenoberflächen bei 1000facher Vergrößerung nach EDTA-Behandlung. a) Rosenbohrer, b) Cariex D, c) Cariex TC, d) Carisolv, e) Cariex TC mit Carisolv Gel, f) Powerdrive

Tab.III Signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Verfahren bezüglich der Oberflächentextur bei 1000facher Vergrößerung nach EDTA-Behandlung. Signifikanzniveau  $p < 0,05$ .

Merkmal	Bezugsverfahren	Signifikant häufigeres Auftreten als im Bezugsverfahren
Glatt	Carisolv	Cariex D Rosenbohrer Cariex TCG
Schuppig	Rosenbohrer	Carisolv
Rissig	Cariex D Cariex TC Cariex TCG	Carisolv
Dehiszente Risse	Cariex D Cariex TC	Carisolv

Die Anzahldichte dehiszenter Risse war deutlich niedriger als die der dehiszenten Oberflächenstrukturen. Sie war minimal bei Cariex D mit 142,63 Rissen pro  $\text{mm}^2$  und maximal nach der Behandlung mit Carisolv-Handinstrumenten mit 416,67 Rissen pro  $\text{mm}^2$ . Die Dentinoberflächen weisen nach Behandlung mit Carisolv signifikant mehr dehiszente Risse auf als die Oberflächen nach Behandlung mit Cariex D ( $p=0,03$ ) und Cariex TC ( $p=0,031$ ).

## Diskussion

### Diskussion der Methoden

Durch die Verwendung von relativ frischen kariösen Molaren als Ausgangsmaterial für die Exkavation wurde sichergestellt, dass die Exkavationsmethoden vergleichbar mit der klinischen Situation angewendet werden konnten. Durch die unterschiedliche

Tiefe der kariösen Läsionen allerdings war keine absolut gleiche Ausgangssituation möglich. Zudem führt die Dentinkaries – je nachdem, ob es sich um eine eher akute oder eher chronische Form handelt – zu einer verschieden starken reaktiven Sklerose und somit auch Härte des betroffenen Dentins (FUSAYAMA et al. 1966). Um diese Unterschiede auszugleichen, wurden die von einem Zahn gewonnenen Hälften immer mit unterschiedlichen Methoden bearbeitet.

Das indirekte Verfahren zur Begutachtung der Kavitätenoberfläche mittels Abdrucktechnik hat den Vorteil, dass der Testzahn nicht mehr dehydriert wurde. Dadurch war das Risiko der Entstehung von artifiziellen Rissen, wie es bei der direkten Methode durch die nötige totale Dehydratation in hohem Ausmass besteht, minimiert (JANDA 1995).

### Diskussion der Ergebnisse

Unbehandelte Kavitäten: Die makrostrukturellen Hauptmerkmale nicht EDTA-behandelter Oberflächen sind bei 200facher Vergrößerung Ebenen und wellenartige Reliefs. Die deutlichen Unterschiede zwischen den rotierenden und oszillierenden Verfahren sind durch deren unterschiedliche Antriebsmechanismen erklärbar. Bei den rotierenden Methoden findet der Materialabtrag durch axiale Rotation der Schneiden auf einer imaginären kugelförmigen Oberfläche mit dem Durchmesser des Instrumentenkopfes statt. Die damit bearbeiteten Dentinoberflächen weisen somit Impressionen auf, welche in ihrer Ausdehnung der Instrumentenkopfgrösse entsprechen. Bei den oszillierenden Instrumenten hingegen ist deren Schwingungsamplitude für die Form des Materialabtrages massgebend. Da die Schwingungsamplitude mit maximal 0,15 mm wesentlich kleiner ist als der Durchmesser des verwendeten Instrumentenkopfes von 1 mm bzw. 1,4 mm, sind auch deren Spuren auf dem bearbeiteten Dentin entsprechend kleiner, die Oberfläche ist welliger (Abb. 1).



Ob dadurch bedingt eine Steigerung der Haftwerte im Rahmen der Adhäsivtechnik erreicht wird, lässt sich nicht beurteilen. Für die Scherfestigkeit adhäsiver Restaurationen nach Rosenbohrer und Carisolv-Exkavation konnten HAAK et al. (2000) keine signifikanten Unterschiede feststellen. Dies geht mit unseren Beobachtungen konform, bei welchen Rosenbohrer und Carisolv bezüglich der Oberflächenstrukturen bei 200facher Vergrößerung ein ähnliches Muster aufwiesen.

Bei den Oberflächentexturen nicht EDTA-behandelter Kavitäten sind nur geringe Unterschiede zwischen den Exkavationsarten feststellbar. So überwiegt bei 50facher Vergrößerung eine glatte Oberfläche, welche dann bei 200facher Vergrößerung zum Teil schuppige Aspekte annimmt. Lediglich Carisolv und klassischer Rosenbohrer hinterlassen von diesem Schema etwas abweichende Oberflächen. So sind die schuppigen Oberflächentexturen nach Rosenbohrerexkavation – in Übereinstimmung mit den von BANERJEE et al. (2000) gemachten Untersuchungen – feiner und daher erst bei höherer Auflösung zu sehen. Das andere Extrem findet sich nach Behandlung der Oberfläche mit Carisolv. Die Auflagerungen sind zum Teil dermassen gröber strukturiert, dass für diesen Oberflächenaspekt der Begriff «geröllig» benutzt wurde, welcher aber bei keinem weiteren Verfahren wieder derart beobachtet werden konnte. GWINNETT et al. (1988) beschrieben solche Areale als «unregelmässige Dentinoberflächen mit rauen, porösen Regionen». BANERJEE et al. (2000) erwähnten Oberflächenpartikel mit einem Durchmesser von bis zu 60 µm. Eine Verbesserung der Adhäsion durch Oberflächenaufrauung, wie sie von BANERJEE et al. (2000) für die Carisolvexkavation postuliert wurde, kann aufgrund der hier beobachteten Morphologien in Frage gestellt werden. Ebenso wie WENNERBERG et al. (1999) konnte zwar auch in unserer Untersuchung eine rauere Oberfläche gegenüber anderen Verfahren beobachtet werden. Vermutlich handelt es sich zum Teil nur um lose gebundene Partikel. Ob die beobachteten Oberflächenveränderungen daher tatsächlich Vorteile für die Adhäsivtechnik bringen, bedarf anderer Untersuchungsmethoden. Für die Rosenbohrer- und Carisolv-Handexkavation jedenfalls haben ARVIDSSON et al. (2002) keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Rauigkeit feststellen können und stimmen auch mit den Erkenntnissen von HAAK et al. (2000) überein.

EDTA-behandelte Kavitäten: Nach Behandlung der Kavitäten mit EDTA sind bei 1000facher Vergrößerung nur geringe Unterschiede zwischen den Exkavationsarten feststellbar. Ebenso wie schuppige und glatte sind auch rissige Oberflächentexturen bei allen Verfahren anzutreffen. Am deutlich häufigsten sind sie bei Carisolv zu finden, gefolgt von Powerdrive, Rosenbohrer und dann immerhin noch in durchschnittlich jeder zweiten Stichprobe bei den oszillierenden Verfahren. Die Korrelation zwischen der Häufigkeit schuppiger und rissiger Oberflächen, welche besonders bei den Verfahren Carisolv, Powerdrive und Cariex D auffällt, spricht dafür, dass diese beiden Aspekte Folgen eines Materialabtrages durch Bruch und nicht durch Schneiden sind. Das ist durch die in der Reihenfolge Cariex, Rosenbohrer, Powerdrive, Carisolv zunehmende mögliche bzw. nötige Anpresskraft des Instrumentes bei der Exkavation zurückzuführen. Während die stumpfen, nicht schneidenden Handinstrumente des Carisolvsystems in der Endphase der Exkavation mitunter hohe Anpresskräfte benötigen, sinkt die Effizienz der oszillierenden Ansätze mit steigendem Anpressdruck.

Neben den typischen Oberflächentexturen sind nach EDTA-Behandlung zwei Arten von dehiszenten Oberflächenstrukturen in den Kavitäten sichtbar: Dentintubuli und dehiszente Risse. Im Gegensatz zu den Tubuli muss ein dehiszenter Riss als poten-

zielle Beeinträchtigung der mechanischen Stabilität und der biologischen Integrität des Dentins angesehen werden. Zwischen den verschiedenen Exkavationsmethoden liegen keine signifikanten, verfahrensspezifischen Unterschiede bezüglich der Anzahldichte der Dentintubuli vor. Im Gegensatz dazu finden sich bei der Anzahldichte der Risse deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Exkavationsarten. So führt die Carisolv-Handexkavation zu signifikant mehr dehiszenten Rissen als die Exkavation mit Cariex D und Cariex TC. Es kann daher vermutet werden, dass die Stabilität zumindest des oberflächlich belassenen Dentins nach Kariesexkavation am ehesten nach einer Carisolv-Behandlung gefährdet ist.

In Übereinstimmung mit unseren Ergebnissen konnten in ähnlichen Untersuchungen nach der Exkavation mit Carisolv (BANERJEE et al. 2000, YAZICI et al. 2002), Sonicsys micro (BANERJEE et al. 2000) und Rosenbohrer (WENNERBERG et al. 1999) rissige Oberflächen und «microcracks» beobachtet werden. Daher ist davon auszugehen, dass dieses Oberflächencharakteristikum typisch für eine derartige Bearbeitung des Dentins ist. Ob allerdings die Häufigkeit rissiger Oberflächen als Hinweis für die mechanische Stabilität des verbliebenen Dentins und das Ausmass der Traumatisierung als eine Art «Stressfaktor» der Kariesexkavation angesehen werden kann, bedarf weiterer Untersuchungen.

## Summary

ZESEWITZ H, KLAIBER B, HOTZ P, HUGO B: **Microscopic dentin surface topography following caries removal with different methods** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 115: 896–902 (2005)

The objective of this research was to observe the effect of different caries removal techniques on human dentin topography. Thirty-six dentin samples of bisected carious human molars were treated with six different caries removal techniques, replicated and then examined by using a scanning electron microscope. The surfaces were observed before and after the smear layer removal at a magnification of 200- and 1000-fold.

At a magnification of 200 the sono-abraded samples showed a significantly more undulated dentin topography than samples treated with other techniques. Using Carisolv hand instruments for caries removal resulted both at a magnification of 200 and 1000 in a significantly rougher, flakier and more fissured dentin surface texture compared to other techniques. Microcracks were observed in samples from all excavation methods but most frequently when treated with Carisolv hand instruments.

The excavation process results in a dentin topography marked by smooth, flaky and fissured surface textures as well as by microcracks. The relative incidence in which these textures occur may indicate whether the removed dentin was rather cut or fractured.

## Résumé

Le but de l'étude était d'évaluer l'effet de différentes techniques d'élimination de carie sur la topographie de la surface dentinaire concernée. Trente-six échantillons de dentine, provenant de molaires humaines carieuses sectionnées en deux parties, ont été traités par six différentes techniques d'élimination de carie, puis examinés au microscope électronique à balayage (MEB) selon une technique de répliques. Les surfaces dentinaires ont été étudiées à un grossissement de 200 et 1000 fois, avant et après élimination du «smear layer». A un grossissement de 200 fois, les

échantillons résultant d'une élimination de carie par «sonabrasion» à l'aide d'instruments oscillants, montraient plus fréquemment un relief de surface irrégulier par rapport aux autres techniques qui, elles, produisaient des surfaces plus lisses. En utilisant des instruments à main du type «Carisolv» pour éliminer la carie, ceci résultait, à des grossissements de 200 ou de 1000 fois, en une surface dentinaire significativement plus rugueuse, avec un aspect écaillé et présence de fissures, comparativement à d'autres techniques. Des microfractures ont été observées chez des échantillons de toutes les techniques étudiées, quoique clairement plus souvent lorsque la dentine avait été traitée avec des instruments à main du type «Carisolv». Etant donné que le processus d'excavation de carie résulte en une topographie dentinaire caractérisée à la fois par des zones de surface lisse, fissurée, rugueuse avec un aspect écaillé, ainsi que des microfractures, on peut conclure que cela représente le comportement de la dentine en général vis-à-vis d'un processus de «coupe» ou de fracture. Par conséquent, l'incidence relative selon laquelle ces différentes textures de surface apparaissent pourrait indiquer si la dentine éliminée a été plutôt coupée ou fracturée.

### Literaturverzeichnis

- ARVIDSSON A, LIEBERG B, MÖLLER K, LYVEN B, SELLEN A, WENNERBERG A: Chemical and topographical analyses of dentine surfaces after Carisolv treatment. *J Dent* 30: 67–75 (2002)
- BANERJEE A, KIDD E A, WATSON T F: In vitro evaluation of five alternative methods of carious dentine excavation. *Caries Res* 34: 144–150 (2000)
- CEDERLUND A, LINDSKOG S, BLOMLÖF J: Effect of a chemo-mechanical caries removal system (Carisolv) on dentin topography of non-carious dentin. *Acta Odontol Scand* 57: 183–189 (1999)
- DAMMASCHKE T, STRATMANN U, MOKRYS K, KAUP M, REINER OTT K H: Reaction of sound and demineralised dentine to Carisolv in vivo and in vitro. *J Dent* 30: 59–65 (2002)
- FUSAYAMA T, OKUSE K, HOSODA H: Relationship between hardness, discoloration, and microbial invasion in carious dentin. *J Dent Res* 45: 1033–1046 (1966)
- GWINNETT A J, BARKMEIER W W: Morphology of dentin surfaces in chemo-mechanically prepared cavities. *Am J Dent* 1: 101–104 (1988)
- HAAK R, WICHT M J, NOACK M J: Does chemomechanical caries removal affect dentine adhesion? *Eur J Oral Sci* 108: 449–455 (2000)
- HANNIG M: Effect of Carisolv solution on sound, demineralized and denatured dentin – an ultrastructural investigation. *Clin Oral Investig* 3: 155–159 (1999)
- HELLWIG E, KLIMEK J, ATTIN T: Einführung in die Zahnerhaltung. Urban & Fischer, München und Jena, p 76 (2003)
- HOSSAIN M, NAKAMURA Y, TAMAKI Y, YAMADE Y, JAYAWARDENA J A, MATSUMOTO K: Dentinal composition and Knoop hardness measurements of cavity floor following carious dentin removal with Carisolv. *Oper Dent* 28: 346–351 (2003)
- HUGO B, STASSINAKIS A, HOTZ P, KLAIBER B: Die Entwicklung einer neuen Präparationsmethode zur defektbezogenen Erstversorgung approximaler Karies. *Dtsch Zahnärztl Z* 51: 518–523 (1996)
- JANDA R: Preparation of extracted natural human teeth for SEM investigations. *Biomaterials* 16: 209–217 (1995)
- WENNERBERG A, SAWASE T, KULTJE D: The influence of Carisolv on enamel and dentine surface topography. *Eur J Oral Sci* 107: 297–306 (1999)
- YAZICI A R, ÖZGÜNALTAY G, DAYANGAC B: A scanning microscopy study of different caries removal techniques on human dentin. *Oper Dent* 27: 360–366 (2002)