

F. Schwendicke¹

Exkavation – wie viel Kariesfreiheit muss sein?

Removing caries lesions – how much excavation is required?



OA Dr. Falk Schwendicke

Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten? / Why should you read this article?

Kariöses Dentin in Pulpanähe zu belassen, reduziert das Risiko einer Pulpaexposition und dient der langfristigen Vitalerhaltung der Pulpa. Periphere Kavitätenbereiche sollten konventionell exkaviert werden, um eine dichte Versiegelung zu erreichen.
Leaving carious dentin in proximity to the pulp reduces the risks of pulp exposure and pulpal complications. Peripherally, excavation should follow conventional criteria to allow a hermetic seal.

Einleitung: Basierend auf einem veränderten Verständnis der Erkrankung Karies hat sich in den letzten Jahrzehnten auch ein Wandel bei der Therapie vollzogen. Gerade für Schmelzläsionen wird eine rein symptomatische Entfernung kariöser Zahnhartsubstanz vermieden und stattdessen eine Kontrolle der Läsionsaktivität mittels non- oder mikro-invasiver Maßnahmen angestrebt. Für kavitierte Läsionen wird hingegen üblicherweise noch immer invasiv vorgegangen: Karies wird exkaviert und eine Restauration platziert. Die vorliegende Arbeit stellt die Frage, warum vor einer Restauration überhaupt exkaviert werden sollte und untersucht dann die Eignung verschiedener Kriterien und Methoden zur Beurteilung der Kariesexkavation. Anschließend werden unterschiedliche Strategien zur Entfernung kariösen Dentins vorgestellt und die klinische Evidenz für die Exkavation pulpanaher Läsionen dargelegt. Schlussendlich werden die möglichen Chancen, aber auch Risiken und praktischen Unsicherheiten, die mit den verschiedenen Exkavationsstrategien einhergehen, kritisch diskutiert.

Methode: Basierend auf einer Reihe durchgeführter Original- und Übersichtsarbeiten wird dargelegt, warum kariöses Dentin nicht zwingend „vollständig“ exkaviert werden muss. Die vorhandenen klinischen Studien zur Wirksamkeit verschiedener Exkavationskriterien und –methoden werden vorgestellt und bewertet. Die Risiken, die sich aus einer zu invasiven Exkavation in Pulpanähe ergeben, werden erläutert und alternative Strategien wie die schrittweise oder selektive Kariesentfernung dargestellt. Die Wirksamkeiten der Exkavationsstrategien werden vergleichend bewertet und in eine Langzeitperspektive gestellt. Schließlich werden die Unsicherheiten, die Zahnärzte in Deutschland mit den einzelnen Verfahren verbinden, beschrieben und bewertet.

Ergebnisse: Das primäre Ziel einer Kariestherapie sollte eine kausale, nicht rein symptomatische Behandlung der Erkan-

Objectives: Based on a changing understanding of the disease, caries therapy is changing as well. For non-cavitated lesions, mere removal of carious tissues is largely rejected. Instead, control of the lesion activity via non- or micro-invasive treatments is recommended. For cavitated lesions, caries excavation is usually performed, followed by restoration of the cavity. This study evaluates why carious tissues should be excavated at all, and analyses the suitability of different criteria and methods for assessing caries excavation. For deep lesions, different caries removal strategies are presented and compared. Both the chances and risks associated with these strategies are discussed.

Methods: Based on original studies and systematic reviews, it is shown that caries removal is not a goal by itself: the efficacy of different criteria and methods for assessing the excavation process and results are presented and risks associated with each criterion discussed. Viable alternatives to traditional criteria and strategies are summarized and evaluated based on systematic evidence. The long-term chances and hurdles for implementing less invasive caries removal strategies are demonstrated.

Results: The primary goal of caries therapy should be control, not mere removal of the lesion. Removing all carious tissue from a cavity does seem neither possible nor desirable. Excavating until only hard dentin remains even in proximity to the pulp risks pulpal exposure. Alternative criteria should thus be used for excavating deep dentin, but many of them are not fully validated so far, especially against clinically relevant parameters. Dentists could modify the traditional excavation criterion and leave soft deep dentin in a cavity followed by temporary (stepwise excavation) or permanent (selective excavation) restoration. Remaining microorganisms

¹ Abteilung für Zahnerhaltung und Präventivzahnmedizin, Charité – Universitätsmedizin Berlin

Peer-reviewed article: eingereicht: 16.02.2015, Fassung akzeptiert: 18.02.2015

DOI 10.3238/dzz.2015.0089-0097

kung sein. Verfahren zur Kariesentfernung sollten daher nicht am Grad der „Kariesfreiheit“ gemessen werden, sondern anhand ihrer klinischen Wirksamkeit. Das traditionelle Vorgehen, jegliches erweichte Dentin auch in Pulpanähe zu entfernen, birgt signifikante Risiken für die Vitalerhaltung der Pulpa. Exkavationskriterien, die auf ein solches „vollständiges“ Exkavieren abzielen, scheinen mit klinisch ungünstigeren Ergebnissen einherzugehen. Alternative Exkavationsmethoden (selbstlimitierende Bohrer, Fluoreszenz-assistierte Exkavation) sind vielversprechend, ihre Wirksamkeit ist bisher jedoch nicht ausreichend durch klinische Studien belegt. In Pulpanähe kariöses Dentin temporär (schrittweise Exkavation) oder dauerhaft (selektive Exkavation) zu belassen scheint geeignet, das Risiko einer Pulpaexposition drastisch zu reduzieren. Peripher sollte weiterhin traditionell exkaviert und anschließend suffizient restauriert werden. Etwaig belassene Mikroorganismen werden durch die aufgebrachte Diffusionsbarriere (in Form der Restauration) von Nahrungskohlenhydraten abgeschnitten und abgetötet bzw. inaktiviert.

Schlussfolgerungen: Durch Kariesexkavation alle Bakterien aus einer Kavität entfernen zu wollen, scheint weder möglich noch notwendig zu sein. In Pulpanähe sollte erwogen werden, die traditionellen Exkavationskriterien zu modifizieren und leicht erweichtes Dentin zu belassen, um eine Exposition der Pulpa zu verhindern. Die begrenzte Qualität und geringe Nachbeobachtungsdauer vieler Studien verbieten abschließende Empfehlungen.

(Dtsch Zahnärztl Z 2015; 70: 89–97)

Schlüsselwörter: partielle Exkavation; inkomplette Exkavation; selektive Exkavation, indirekte Überkappung; schrittweise Exkavation, Exkavationskriterien

Ein verändertes Verständnis – eine veränderte Therapie

Bei der restaurativen Therapie kariöser Läsionen wird klassischerweise eine vollständige Entfernung infizierten und demineralisierten Dentins angestrebt; anschließend erfolgt die Restauration des Zahnes. Das damit verbundene Ziel, alle kariogenen Mikroorganismen zu entfernen, basiert auf einem Verständnis von Karies als Infektionserkrankung, deren Erreger (z.B. *Streptococcus mutans*) vollständig entfernt werden muss, um eine „Heilung“ zu erwirken. Die zugrundeliegende „spezifische Plaquehypothese“ [17] ist jedoch in den letzten Jahrzehnten in Frage gestellt worden. Stattdessen wird Karies heute als Resultat eines ökologischen Ungleichgewichtes verstanden, bei dem ein aktiver kariogener Biofilm vor allem durch äußere Faktoren bedingt wird. So kann eine häufige Zufuhr fermentierbarer Kohlen-

hydrate dazu führen, dass azidogene (säurebildende) und azidurische (säuretolerierende) Bakterien innerhalb des Biofilms wettbewerbsfähiger werden und diesen schließlich dominieren. Basierend auf dieser „ökologischen Plaquehypothese“ [26] muss auch der beschriebene Ansatz bei der Kariesexkavation kritisch hinterfragt werden. So scheint eine vollständige Entfernung aller Mikroorganismen nicht nötig zu sein, da nicht die Anwesenheit und Zahl der Bakterien, sondern die Aktivität des Biofilms entscheidend für die Kariesentstehung und -progression ist, zudem ist durch eine rein mechanische Exkavation eine solche Bakterienfreiheit auch nur selten erreichbar [21, 23, 24, 51]. Eine Therapie, die ausschließlich auf die Entfernung kariösen Gewebes und dessen Ersatz zielt, nicht jedoch die Erkrankung „Karies“ behandelt, kann als rein symptomatisch (im Sinne einer „palliativen“ Therapie) angesehen werden.

beneath such restorations do not seem to pose harm, as they are inactivated due to nutritional deprivation by the placed diffusion barrier (i.e. the restoration).

Discussion: Attempting to remove all bacteria from a cavity during caries excavation might be futile. Instead, pulpoproximal carious dentin might be left beneath a restoration to avoid pulpal exposure. The limited quality of available studies does not allow definitive conclusions.

Keywords: dental caries; partial excavation; incomplete excavation; selective excavation; indirect pulp treatment, excavation criteria

Gerade für die Behandlung nicht-kavitierter (früher) Läsionen stehen heute eine zunehmende Zahl von Behandlungsstrategien zur Verfügung, die auf eine Entfernung der Läsion (des kariösen Gewebes) verzichten [52] und stattdessen eine Kontrolle der Biofilmaktivität und des Gleichgewichtes zwischen De- und Remineralisierung bewirken sollen (Abb. 1). Non-invasive Therapieansätze nutzen beispielsweise die Steuerung der Kohlenhydratzufuhr (Ernährungsberatung), die Entfernung oder Maturationsbehinderung des Biofilms (Mundhygienemaßnahmen) oder die Förderung einer Remineralisation (z.B. mittels Fluoriden). Mikro-invasive Strategien konditionieren die Zahnhartsubstanz mittels Säuren und tragen dabei wenige Mikrometer Zahnhartsubstanz ab; anschließend werden Diffusionsbarrieren auf die Zahnoberfläche aufgebracht: Diese haben einerseits präventiven Charakter (Versiegelung gesunder Zahnhartsubstanz zur Umformung der

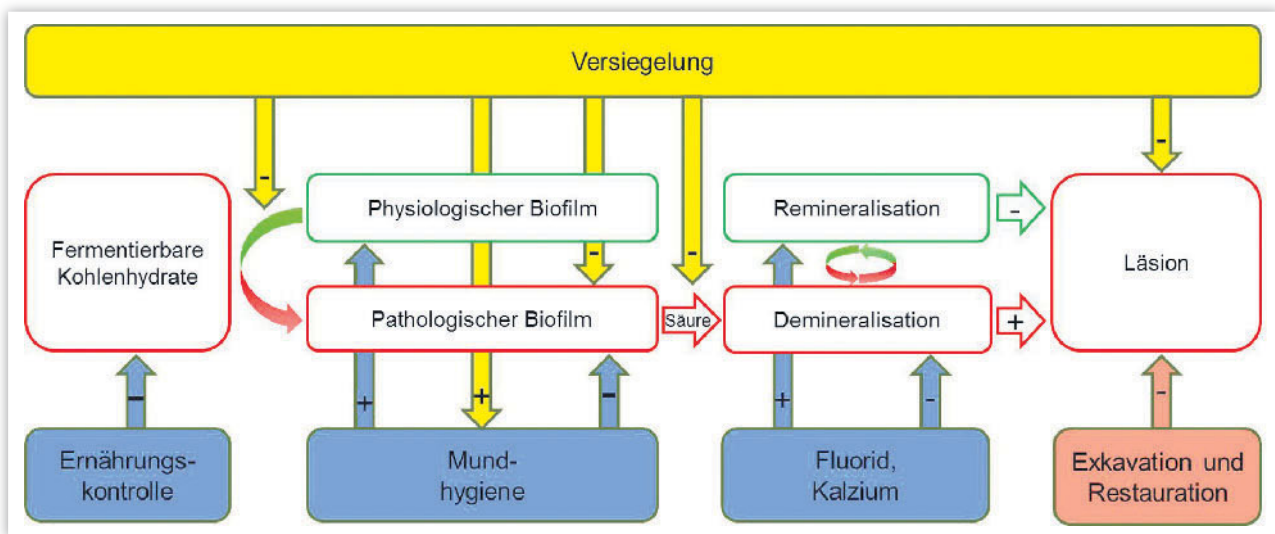


Abbildung 1 Entstehung einer kariösen Läsion und Therapieansätze. Eine häufige Zufuhr fermentierbarer Kohlenhydrate führt zur Umwandlung eines physiologischen in einen pathologischen Biofilm. Azidogene und azidurische Bakterien verstoffwechseln die Nahrungskohlenhydrate zu organischen Säuren (Laktat, Butyrat, Azetat), werden vermehrt wettbewerbsfähig und dominieren schließlich den Biofilm. Zugleich wird Zahnhartsubstanz demineralisiert; als Symptom dieser Demineralisation entsteht die kariöse Läsion. Non-invasive Therapieansätze (blau) kontrollieren die Kohlenhydratzufuhr (Ernährungsberatung, Zuckerersatzstoffe) oder die Maturation des Biofilms (Mundhygienemaßnahmen, antibakterielle Substanzen). Ebenso kann das Ungleichgewicht zwischen De- und Remineralisierung beeinflusst werden (z.B. mittels Fluoriden). Mikro-invasive Strategien (gelb) nutzen Diffusionsbarrieren und unterbinden so die Diffusion von Säuren in die Zahnhartsubstanz oder Mineralien aus der Zahnhartsubstanz heraus. Gleichzeitig kann auch die Kohlenhydratzufuhr von versiegelten Mikroorganismen unterbunden und somit die Läsionsaktivität kontrolliert werden. Für kavitierte Läsionen wird oftmals invasiv-restaurativ vorgegangen, um die Reinigungsfähigkeit und die Funktion des Zahnes wiederherzustellen (rot).

(Abb. 1: modifiziert nach Paris et al. [31])

Figure 1 Caries pathology and treatment options. Frequent consumption of carbohydrates alters the bacterial composition and activity of dental biofilms, with acidogenic and aciduric bacteria gaining competitiveness. The symptom of the subsequent demineralization is the caries lesion. Non-invasive treatments (blue) control carbohydrate availability and biofilm maturation and activity as well as the balance between de- and remineralization. Micro-invasive strategies (yellow) use diffusion barriers to protect dental hard tissues against acids, but also isolate remaining bacteria from carbohydrates. The latter effect can be used to control the activity of the lesion. For cavitated lesions, invasive treatments are often required to re-install cleansable conditions.

(Fig. 1: modified from Paris et al. [31])

Zahnoberfläche und zum Schutz des Zahnes gegen organische Säuren aus dem Biofilm), können aber andererseits auch zur Kariesbehandlung (Behandlung vorhandener kariöser Läsionen) eingesetzt werden. Für letzteres werden ebenfalls Versiegelungsmaterialien eingesetzt (Kariesversiegelung), alternativ dazu kann demineralisierter Schmelz auch mittels Kariesinfiltration (Diffusionsbarriere nicht auf, sondern innerhalb der Läsion) behandelt werden. Beide Therapien unterbinden die Diffusion von Säuren in die Zahnhartsubstanz und von Mineralien aus der Zahnhartsubstanz heraus.

Bei dieser Form der Kariesbehandlung wird demnach bewusst kariöses Gewebe belassen; die Erkrankung „Karies“ (das Ungleichgewicht in der Biofilmaktivität und das Ungleichgewicht zwischen De- und Remineralisierung der Zahnhartsubstanz) wird jedoch

trotzdem erfolgreich (kausal) therapiert. Eine zunehmende Zahl von Studien stützt ein solches Vorgehen bei der Behandlung nicht kavittierter (Schmelz-)Läsionen [38], da gerade hier mehrere Vorteile zum Tragen kommen. So ist die initiale Behandlung mittels Versiegelungen o.ä. weniger invasiv, schmerzhaft und teuer als restaurative Behandlungen; zudem wird die Möglichkeit einer invasiven Therapie zu einem späteren Zeitpunkt nicht ausgeschlossen: Sollte die Läsion voranschreiten oder die Versiegelung wiederholt verloren gehen, kann immer noch invasiv behandelt werden. Gerade diese Verzögerung invasiver Therapien scheint langfristig geeignet, Zähne länger (und bei geringeren Kosten) zu erhalten [7, 45].

Vielmals wird jedoch eingewendet, bei dieser Versiegelung würden auch ka-

riogene Mikroorganismen versiegelt und die Läsion somit inadäquat behandelt. Viele Studien zur Kariesversiegelung haben die Zahl kariogener Mikroorganismen vor der Behandlung und nach einer Versiegelungsperiode (einige Tage bis einige Monate) untersucht [30]. Nahezu alle Studien konnten dabei zeigen, dass versiegelte Bakterien absterben oder zumindest inaktivieren, wofür vor allem die Isolation der Mikroorganismen von den Kohlenhydraten aus der Nahrung verantwortlich gemacht wird (Abb. 2).

Zusammenfassend gibt es mittlerweile eine große Zahl an wissenschaftlich und klinisch erprobten Verfahren zur Kariesbehandlung, die auf eine vollständige Entfernung kariöser Gewebe verzichten. Diese werden jedoch vor allem für nicht kavitierte Läsionen angewendet. Für kavitierte Läsionen muss oftmals immer noch restaurativ behan-

delt werden, um einerseits eine Kontrolle des Biofilms zu ermöglichen (Reinigungsfähigkeit) und andererseits die Funktion des Zahnes wieder herzustellen. Im Folgenden soll diskutiert werden, welche Bedeutung der Kariesexkavation bei einer solchen restaurativen Therapie zukommt, welche Kriterien zur Beurteilung der Kariesexkavation möglicherweise (nicht) eingesetzt werden sollten, und wieviel kariöses Dentin entfernt bzw. belassen werden könnte oder sollte.

Wozu Kariesentfernung? Die Validität von Exkavationskriterien

Eine zentrale und bisher nur ungenügend beantwortete Frage ist die nach dem Zweck der Kariesexkavation. Ausgehend von diesem Zweck (Ziel) kann dann definiert werden, welche Exkavationskriterien oder –methoden dieses Ziel am besten erreichen bzw. welcher Endpunkt der Exkavation am ehesten zu diesem Ziel führt. Klassischerweise wurde dieser Endpunkt der Kariesentfernung visuell-taktil (Sonde, Exkavator, Rosenbohrer) beurteilt; üblicherweise wurde dabei eine harte, trockene Dentinoberfläche angestrebt [18, 43]. So sollte nur geringgradig infiziertes und demineralisiertes, also hartes und adhäsionsfreundliches Dentin verbleiben. Wie dargestellt, ist der Infektionsgrad des Dentins jedoch möglicherweise nicht der entscheidende Parameter, da belassene Mikroorganismen unter einer dichten Restauration absterben bzw. inaktivieren, weil sie von ihrer Kohlenhydratversorgung abgeschnitten werden. Sowohl klinische als auch laborexperimentelle Studien deuten zudem darauf hin, dass geringe Mengen weichen, kariösen Dentins nur beschränkten Einfluss auf die Integrität und Stabilität der darüber platzierten Restauration haben [39, 41, 42]. Visuell-taktile Exkavationskriterien sind außerdem nur subjektiv beurteilbar und daher möglicherweise wenig zuverlässig – je nach Behandler bleiben wahrscheinlich unterschiedliche Mengen kariösen Gewebes zurück.

Daher wurde beispielsweise vorgeschlagen, die Anfärbarkeit von infiziertem Dentin mittels Kariesdetektoren als Kriterium zur Beurteilung der Exkavation heranzuziehen [12, 36]. Auch die Anlösbarkeit von kariösem Dentin mit-

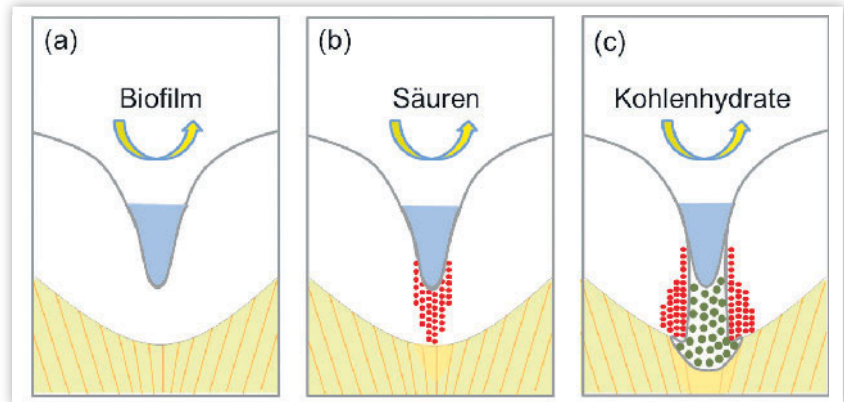


Abbildung 2 Versiegelungen können verschiedene Wirkmechanismen haben. **a)** Die prophylaktische Versiegelung soll plaqueretensive Areale in reinigungsfähige Bereiche umwandeln; gleichzeitig schützt sie aber auch die Zahnhartsubstanz vor Säuren aus dem bakteriellen Stoffwechsel. Letzterer Mechanismus ist möglicherweise therapeutisch entscheidender [6, 29, 53]. Das Prinzip der Versiegelung als Diffusionsbarriere gegen Säuren **b)** wird auch bei der Versiegelung von Schmelzkaries (rot) oder der Kariesinfiltration (nicht abgebildet) genutzt. **c)** Die Versiegelung von Mikroorganismen verhindert deren Versorgung durch Nahrungskohlenhydrate. Die Nährstoffzufuhr der versiegelten Bakterien (dunkelgrün) wird unterbrochen und die versiegelte Läsion inaktiviert. Die Trennung der verschiedenen Wirkmechanismen ist ein theoretisches Konstrukt; in der Praxis treten verschiedenen Mechanismen auch nebeneinander auf.

Figure 2 Sealing has various effects. **a)** Preventive sealing aims at hanging the surface anatomy, changing its cleansability. **b)** The installed barrier protects dental tissues against acids, which allows arrest of lesions (caries sealing and infiltration) **c)** Sealing of bacteria deprives them from carbohydrates and arrests the lesions. All mechanisms are likely to act simultaneously.

tels Peptiden, Enzymen und Natriumhypochlorit kann genutzt werden, um den Endpunkt der Exkavation zu definieren (sog. chemo-mechanische Exkavation) [19, 20]. Wieder andere Methoden greifen auf die Fluoreszenzeigenschaften des Dentins zurück oder nutzen die Fluoreszenz von bakteriellen Stoffwechselprodukten; auch hier steht wieder die Infektion des Gewebes mit Bakterien im Vordergrund [8, 16, 22, 24]. Die Exkavation mittels selbstlimitierenden Bohrern, deren Härte geringer als die von gesundem, aber größer als die von kariösem Dentin ist, und die somit während der Exkavation gesunden Dentins abstumpfen, soll die Härte des verbleibenden Dentins standardisieren [5].

Alle genannten Endpunkte (Härte, Infektionsgrad, Anfärbarkeit) haben keine direkte klinische Relevanz, sondern sind Surrogatparameter, also Ersatzgrößen, die stellvertretend für klinisch bedeutsame Behandlungsergebnisse stehen sollen. Während die Nutzung solcher Surrogatparameter in Studien üblich ist, sollten diese stets kritisch hinterfragt werden: Bakterienfreiheit ist nur dann ein relevanter Parameter, wenn diese auch positive Konsequenzen für

den Patienten (keine Schmerzen, längerer Zahnerhalt) oder den Zahn (Vitalitätserhalt der Pulpa) hat. Die Härte des Dentins wird für den Patienten nur bedeutsam, wenn sie sich auf die Stabilität und Langlebigkeit der Restauration oder des Zahnes auswirkt. Die Frage, welcher Surrogatparameter am ehesten mit welchem klinischen Parameter korreliert und welcher klinische Parameter schlussendlich wirklich für den Patienten, den Behandler oder das Gesundheitssystem relevant ist, kann nur durch klinische Studien beantwortet werden. Eine kürzlich veröffentlichte Studie hat die vorhandenen klinischen Daten zu dieser Thematik systematisch gesichtet und anschließend die verschiedenen Exkavationskriterien und –methoden verglichen [47]. Dabei konnte gezeigt werden, dass gerade das Kriterium der subjektiven Kariesfreiheit (Entfernung oder aktives Belassen weichen Dentins in Pulpanähe) entscheidend das Risiko von postoperativen Komplikationen oder Schmerzen während der Behandlung bestimmt, während Methoden wie Polymerbohrer oder Fluoreszenz-assistierte Exkavation bisher klinisch wenig validiert wurden. Solange also klinisch un-

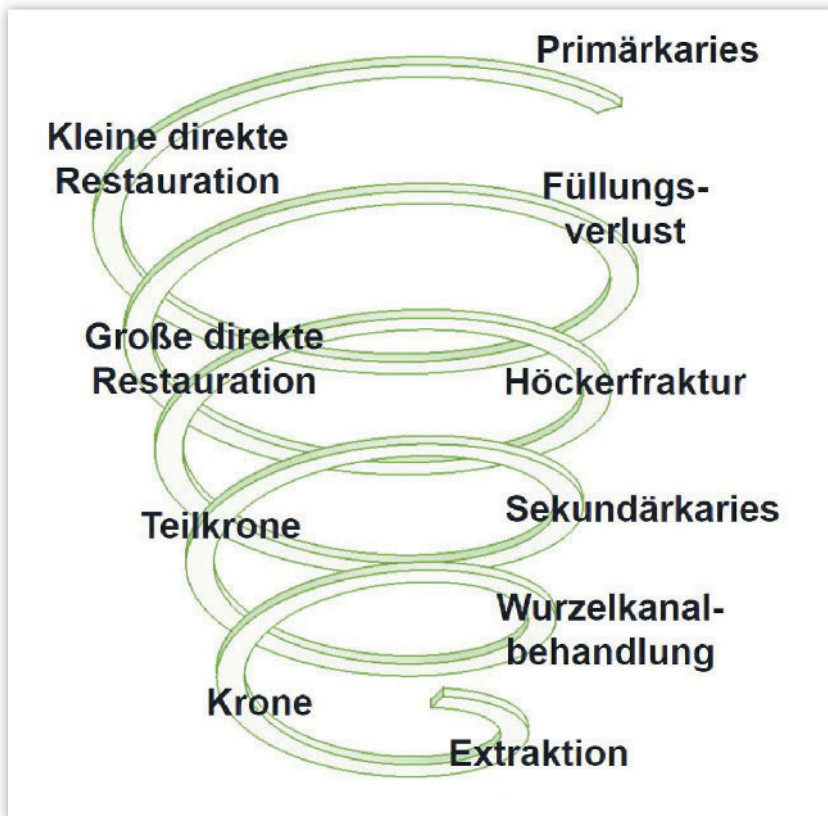


Abbildung 3 Die Todesspirale des Zahnes. Eine frühe, invasive (restaurative) Therapie beschleunigt den Zyklus der Re-Interventionen, die den Zahnverlust zwar verzögern, aber oft nicht verhindern können. Je früher die Spirale initiiert wird und je kürzer die Abstände zwischen den Interventionen sind (Behandlungsqualität), umso eher kommt es zum Zahnverlust. Mit jeder Re-Intervention sind zudem Kosten und Behandlungsaufwand verbunden. (Abb. 2 u. 3: F. Schwendicke)

Figure 3 The death spiral of the tooth. An early invasive treatment initiates the cycle of re-interventions. Short times between interventions (i.e. low treatment qualities) decrease the time until tooth loss. (Fig. 2 and. 3: F. Schwendicke)

klar bleibt, welcher Surrogatparameter wirklich relevant für den Patienten ist, muss zum Vergleich der verschiedenen Exkavationsstrategien auf Studien zurückgegriffen werden, die direkt die klinische Wirksamkeit gemessen haben.

Exkavationsstrategien

Gerade für tiefe kariöse Läsionen hat die gewählte Exkavationsstrategie (und das damit verbundene, genutzte Exkavationskriterium) entscheidende Bedeutung. In Zähnen mit vitalen, asymptomatischen Pulpen und tiefen, pulpanahen Läsionen ist ein entscheidendes Risiko bei der Kariesexkavation die Pulpaexposition [32]; weitere Risiken sind postoperative Komplikationen sowie restauratives Versagen und Zahnfrakturen. Eine angestrebte „vollständige“ Kariesexkavation führt bei tiefer Karies oftmals zu einer

Schädigung und/oder einer Exposition der Pulpa. Solche „pulpalen Komplikationen“ ziehen dann nicht selten die Notwendigkeit einer Wurzelkanalbehandlung und damit verbundene Kosten nach sich [50]. Auch wird durch eine Wurzelkanalbehandlung die Überlebenswahrscheinlichkeit eines Zahnes reduziert, wodurch schlussendlich prothetische Behandlungsbedarfe wahrscheinlicher werden, die wieder mit Kosten und etwaigen Einschränkungen für den Patienten einhergehen. Dieser Zyklus aus Intervention und Re-Intervention ist auch als „Todesspirale des Zahnes“ bezeichnet worden (Abb. 3). Gerade bei tiefer Karies in Pulpanähe wird daher zunehmend diskutiert, bewusst erweichtes und infiziertes Dentin zu belassen, um eine Schädigung und Exposition der Pulpa zu vermeiden. Diesem Behandlungsansatz stehen viele praktische Kollegen skeptisch gegenüber [43], da eine solche Therapie oft als

„Pfuscher“ angesehen [9] und befürchtet wird, belassene Bakterien könnten die Pulpa schädigen oder weiches Dentin die Restauration destabilisieren [43]. Daher sollen hier die belegten Vor- und Nachteile der verschiedenen Exkavationsstrategien dargestellt werden.

Man unterscheidet heute vier Ansätze zur Kariesexkavation. Die traditionelle („einzeitige“) vollständige Kariesexkavation strebt die vollständige Entfernung aller bakteriell infizierten Zahnhartsubstanzen an (Abb. 4a). Wie beschrieben birgt diese Methode vor allem Risiken für die Pulpa. Bei der schrittweisen („zweizeitigen“) Kariesexkavation wird, um diese Risiken zu minimieren, nur der periphere Bereich einer Kavität klassisch „vollständig“ (genauer: unter Nutzung der konventionellen Exkavationskriterien) exkaviert. In pulpanahen Bereichen (dort, wo eine Exposition der Pulpa droht) wird bewusst erweichtes (kariöses) Dentin belassen; die Kavität wird anschließend temporär versorgt. In einem zweiten Schritt (nach 3–6 Monaten) wird die provisorische Restauration entfernt („re-entry“) und anschließend auch in Pulpanähe unter Nutzung der konventionellen Kriterien („vollständig“) exkaviert (Abb. 4b). In der Zeit zwischen den beiden Exkavationsschritten soll die Bildung von Reizdentin angeregt und eine Remineralisation des verbliebenen kariösen Dentins ermöglicht werden. Somit soll das Risiko pulpalen Expositionen im zweiten Exkavationsschritt gesenkt werden, auch weil weniger Dentin entfernt werden muss als ursprünglich notwendig gewesen wäre, da das initial weiche und feuchte Dentin nun härter und trockener ist [2, 3]. Auch zeigen viele Studien, dass das versiegelte kariöse Dentin nur noch in geringem Maße bakteriell infiziert ist; die Versiegelung bewirkt also auch (wie dargestellt) eine Desinfektion der Kavität [2, 4], und zwar in einem deutlich größeren Maße als es sowohl die mechanische Exkavation [2] als auch beispielsweise eine spätere Ätzung mit Phosphorsäure vermögen [10]. Gerade weil das ursprünglich erweichte Dentin während des zweiten Exkavationsschrittes oftmals hart, trocken und nicht mehr infiziert ist, wird an der Notwendigkeit eines solchen schrittweisen Vorgehens gezweifelt. Stattdessen wird vorgeschlagen, erweichtes und eventuell infiziertes Dentin in Pulpanähe dauerhaft zurückzulassen und zu versiegeln – wobei auch hier wie-

der eine peripher „vollständige“ Exkavation nötig ist, um eine suffiziente Versiegelung zu gewährleisten. Bei dieser selektiven („partiellen“, „unvollständigen“) Kariesexkavation werden demnach im selben Behandlungsschritt verschiedene Exkavationskriterien genutzt (Abb. 4c): peripher werden die konventionellen Kriterien eingesetzt, während in Pulpanähe weniger strikte Kriterien angelegt werden. Auf einen zweiten Exkavationsschritt wird komplett verzichtet und das zurückbleibende Dentin unter einer definitiven Restauration versiegelt. Der Begriff der selektiven Exkavation ist möglicherweise besser gewählt als der einer „unvollständigen“ Exkavation, da auch unter Nutzung der üblichen Kriterien Bakterien zurückbleiben – auch die traditionelle Exkavation ist demnach „unvollständig“ [21]. Zudem kann in Ermangelung eines guten Messsystems auch kaum festgelegt werden, anhand welcher Parameter „vollständig“ oder „unvollständig“ entfernt werden sollte: Härte, Feuchtigkeit, bakterielle Infektion? Der entscheidende Vorteil eines selektiven Vorgehens soll das geringere Risiko einer Pulpaexposition sein. Die radikalste Umsetzung des Konzeptes einer Kariesbehandlung durch den Aufbau von Diffusionsbarrieren ist die Kariesversiegelung, bei der keinerlei Exkavation, sondern nur eine Versiegelung erfolgt. Diese ist für initiale (nicht kavitierte) Läsionen gut untersucht und belegt worden. Für tiefere, kavitierte Läsionen wird neuerdings auch eine solche Versiegelung propagiert. Im Milchgebiss (Behandlung vitaler kariöser Milchmolaren) gibt es bereits mehrere Studien, die kariöses Dentin nur versiegeln [14, 35]. Dabei steht erneut die Abschottung der verbleibenden Bakterien von Nahrungskohlenhydraten im Vordergrund; durch dieses „Aushungern“ soll die verbleibende Läsion arretiert werden [30]. Problematisch ist hierbei möglicherweise die Restaurationsstabilität, weshalb für Milchmolaren oftmals Stahlkronen zur Kariesversiegelung eingesetzt werden (Abb. 4d). Diese Technik ist in Schottland entwickelt worden und wird (nach ihrer Erstbeschreiberin) als Hall-Technik bezeichnet [14].

Die verschiedenen Exkavationsstrategien sind in zahlreichen klinischen Studien untersucht und verglichen worden; die Ergebnisse dieser Studien sind in zwei kürzlich erschienen Übersichtsarbeiten

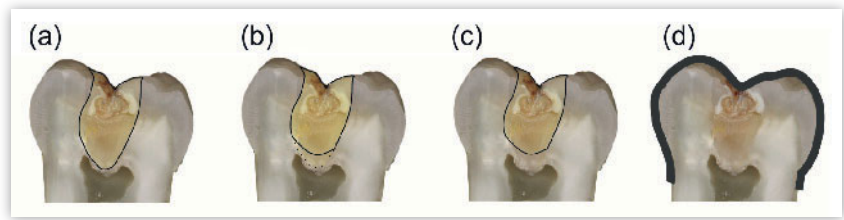


Abbildung 4 Exkavationsstrategien für kavitierte kariöse Läsionen [46]. **a)** Bei der einzeitig-vollständigen Exkavation (Nutzung konventioneller Exkavationskriterien) wird versucht, jegliches infizierte und demineralisierte Dentin auszuräumen. **b)** Beim schrittweisen („zweizeitigen“) Verfahren wird zunächst nur peripher konventionell exkaviert und in pulpanahen Bereichen kariöses Dentin belassen (durchgezogene Linie). Dieses wird erst in einem späteren Schritt entfernt (gestrichelte Linie). Oftmals ist das belassene erweichte Dentin jedoch in diesem zweiten Exkavationsschritt hart und trocken und muss nur in geringem Maße oder gar nicht mehr exkaviert werden. Ausgehend von diesen Erkenntnissen wird heute teilweise empfohlen, auf den zweiten Exkavationsschritt zu verzichten und belassenes pulpanahes Dentin direkt definitiv zu versiegeln (selektive oder „einzeitig-unvollständige“) Exkavation. **c)** Bei der Kariesversiegelung **d)** wird kariöses Dentin nicht entfernt, sondern ausschließlich versiegelt, z.B. mittels präformierter Stahlkronen. Für kavitierte Läsionen ist diese Therapie bisher nur im Milchgebiss ausreichend untersucht worden.

(Abb. 4: aus Schwendicke und Paris, 2014 [46])

Figure 4 Strategies for excavation deep caries lesions [46]. **a)** One-step complete excavation (using traditional criteria) aims at removing all infected and demineralized dentin, risking pulpal exposure. **b)** Two-step, i.e. stepwise excavation removes peripheral dentin using traditional criteria, but pulpo-proximal dentin is left in a first and only removed in a second step. **c)** Selective (partial, one-step incomplete) excavation omits this second step and seals carious dentin beneath a restoration. **d)** For caries sealing, no excavation is performed. Sealing is established in deciduous teeth and oftentimes uses stainless steel crowns.

(Fig 4: from Schwendicke and Paris, 2014 [46])

systematisch zusammengefasst worden [32, 37]. Insgesamt wurden dabei über 1.000 behandelte und nachuntersuchte Zähne miteinbezogen. Die Autoren definierten 3 Zielparameter, anhand derer die vollständige, schrittweise und selektive Exkavation miteinander verglichen wurden: das Risiko von Pulpaexpositionen, von post-operativen Pulpakomplikationen (Schmerzen, Vitalitätsverlust) und von weiteren (restaurativen) Komplikationen. Insbesondere zur Vermeidung von Pulpaexpositionen waren eine schrittweise oder selektive Exkavation einer vollständigen Kariesentfernung überlegen, wobei das Verhältnis der Expositionswahrscheinlichkeiten (Odds Ratio [OR] und 95%-Konfidenzintervall [KI]) 0,31 (0,19–0,49) betrug. Selektiv oder schrittweise zu exkavieren reduziert das Risiko einer Pulpaexposition somit um ca. 70 % [37]. Wenn nur selektiv statt unselektiv-vollständig exkaviert wurde, sank die Wahrscheinlichkeit, die Pulpa zu exponieren nochmals deutlich (OR = 0,20). Die selektive Exkavation scheint demnach Vorteile gegenüber einem vollständigen, aber auch einem schrittweisen Vorgehen zu bieten, da hier

der zweite Exkavationsschritt und das damit einhergehende Expositionsrisiko entfällt [37]. Daneben sank auch das Risiko postoperativer Komplikationen, wenn selektiv oder schrittweise statt vollständig exkaviert wurde (OR 0,53 [0,34–0,83]). Demgegenüber war die Wahrscheinlichkeit restaurativer Komplikationen nicht signifikant verschieden für unterschiedlich exkavierte Zähne.

Solche restaurativen Komplikationen werden teilweise auf die geringere Härte und den reduzierten Elastizitätsmodul des belassenen kariösen Dentins zurückgeführt; zudem sind die Haftkräfte dentaler Adhäsive an kariösem Dentin eingeschränkt [27, 54]. Die Auswirkungen dieser Eigenschaften auf die Frakturresistenz von Zahn und Restauration sind in laborexperimentellen Studien untersucht, jedoch nicht eindeutig belegt worden [11, 41]. Ein negativer Einfluss belassenen kariösen Dentins auf die Restaurationsintegrität konnte im Labor nicht reproduziert werden [39]. Unsicherheit herrscht auch bei der Frage, ob selektiv exkavierte Zähne anders restauriert werden sollten als konventionell exkavierte Zähne; neuere Da-

ten deuten jedoch darauf hin, dass die Restauration selektiv exkavierter Zähne prinzipiell keine anderen Anforderungen an die Adhäsivsysteme stellt [40]. Generell sollten die Aussagen solcher laborexperimenteller Untersuchungen kritisch gesehen und klinisch geprüft werden, bevor weitergehende Empfehlungen abgegeben werden. Schließlich konnte ein erhöhtes Risiko von Restaura-tionsversagen von selektiv statt konventionell exkavierten Zähnen nur in wenigen klinischen Studien gezeigt werden, in denen oftmals sehr große Mengen kariöses Dentin zurückgelassen worden waren [28]. Diese großen Mengen weichen Gewebes sind möglicherweise nicht ausreichend in der Lage, die Restauration zu stabilisieren. Daher werden bei der reinen Kariesversiegelung in Milchzähnen wie beschrieben oftmals Stahlkronen eingesetzt, die unempfindlicher gegen die mechanischen Effekte des belassenen weichen Dentins sind. Gerade diese Art der Versorgung erzielt gute Ergebnisse und wird zudem von Patienten und Behandlern gegenüber einem konventionellen Vorgehen (vollständige Exkavation, plastische Restauration) bevorzugt [13, 15]. Bisher liegen jedoch zu wenige Studien vor, um diese Therapie abschließend bewerten zu können.

Insgesamt muss einschränkend hinzugefügt werden, dass die Zahl der Studien zwar wachsend, aber noch immer begrenzt ist; zudem sind die meisten dieser Studien von eingeschränkter Qualität. Auch die relativ kurze Nachbeobachtungsdauer vieler Studien wird als Einschränkung hervorgehoben. Dabei sollte betont werden, dass immerhin 2 Studien selektiv exkavierte Zähne über einen Zeitraum von 10 Jahren nachverfolgten [25, 28]. Für die vollständige Exkavation tiefer Läsionen in Zähnen mit vitalen Pulpen kann hingegen keine einzige Studie einen eindeutigen Vorteil gegenüber alternativen (weniger invasiven) Exkavationsstrategien aufzeigen – unabhängig von der Nachbeobachtungsdauer.

Kariesexkavation: Chancen und Hürden

Ein weniger invasives Vorgehen bei der Kariesbehandlung scheint geeignet, die Notwendigkeit von Wurzelkanalbe-

handlungen oder Zahnersatz zu verhindern oder zu verzögern [7, 45]. Für die Therapie tiefer Läsionen hat das Risiko der Pulpaexposition einen entscheidenden Einfluss auf das Überleben des Zahnes. Zähne mit exponierten Pulpen werden oftmals mittels direkter Überkappung behandelt. Diese hat jedoch stark begrenzte Erfolgswahrscheinlichkeiten und führt nicht selten letztlich doch zu der Notwendigkeit einer Wurzelkanalbehandlung, da der Zahn Schmerzen verursacht oder Zeichen des Vitalitätsverlustes zeigt [1]. Um diesem zuvorzukommen und unter klinisch günstigeren Bedingungen zu arbeiten (vitale Pulpa, keine Schmerzen), leiten ca. 5 % der Zahnärzte in Deutschland bei einer kariösen Pulpaexposition sofort eine Wurzelkanalbehandlung ein [43]. Dieses Vorgehen scheint jedoch insgesamt keine deutlichen Vorteile hinsichtlich des Zahnüberlebens zu bieten und ist vor allem weniger effizient, also kostenwirksam, da die eingeleitete Vitalexstirpation deutlich teurer als eine direkte Überkappung ist [49]. Es gilt daher, eine Pulpaexposition in solchen Zähnen möglichst gänzlich zu vermeiden: Stark invasiv vorzugehen, um vermeintlich „vollständig“ exkaviert zu haben, ist demnach nicht nur kurzfristig nachteilig (Pulpaexposition) im Vergleich mit einem schrittweisen oder, mehr noch, selektivem Vorgehen, sondern verkürzt auch die Überlebenszeit des Zahnes bei gleichzeitig erhöhtem Behandlungsbedarf und höheren Kosten. Vor dem Hintergrund der weiterhin hohen Prävalenz tiefer kariöser Läsionen [33], gerade in Bevölkerungsgruppen mit niedrigem sozioökonomischen Status [34], kommt der Wahl der Exkavationsstrategie demnach auch eine volkswirtschaftliche und soziale Komponente zu [48].

Der Umsetzung einer weniger invasiven Kariesexkavationsstrategie stehen in der Praxis noch immer Hürden gegenüber. Erstens sind qualitativ hochwertigere Studien mit längeren Nachuntersuchungszeiträumen nötig, bevor abschließende Empfehlungen gegeben werden können. Zweitens steht das Belassen kariöser Läsionen im Konflikt mit den in Deutschland existierenden Richtlinien der Gesetzlichen Krankenversicherer, die eine „Kariesfreiheit“ der Kavität vor einer Restauration fordern. Diese Forderung ist problematisch, da einerseits bisher ja nicht ausreichend

definiert ist, was „kariesfrei“ bedeutet, und andererseits auch kein klinisch validiertes Messinstrument zur Beurteilung dieser Kariesfreiheit zur Verfügung steht. Drittens bleibt belassenes kariöses Dentin röntgenologisch detektierbar, und Zahnärzte, die nicht mit der Technik der selektiven Exkavation oder der speziellen Anamnese des Zahnes vertraut sind, werden das Belassen von Karies möglicherweise als Behandlungsfehler des Vorbehandlers werten [43]. Patienten sollten demnach darüber aufgeklärt werden, welche Behandlungsoptionen zur Verfügung stehen, und sollten in einem partizipatorischen Prozess mitentscheiden, ob sie das Zurückbleiben von kariösem Dentin akzeptieren oder nicht. Weiterhin ist es entscheidend, eine Akzeptanz eines weniger invasiven Vorgehens bei der Exkavation auch in der breiten Zahnärzteschaft zu schaffen, und diese auch über etwaige radiologische „Nebenwirkungen“ aufzuklären. Auf der Basis der vorgestellten Daten scheint ein weniger invasives Vorgehen geeignet, die Prognose des Zahnes zu verbessern und auch tief kariöse, aber vitale Zähne langfristig zu erhalten.

Schlussfolgerung

Ein verändertes Verständnis der Erkrankung „Karies“ spiegelt sich auch in einem veränderten Therapiekonzept wider. Statt kariöse Läsionen ausschließlich symptomatisch-restaurativ zu therapieren, wird heute versucht, die Ursachen der Erkrankung zu kontrollieren und so eine kausale Behandlung zu ermöglichen. Die vorhandenen non- oder mikro-invasiven Therapien sind jedoch oftmals für tiefe kariöse Läsionen nicht indiziert, vielfach wird hier ein restauratives Vorgehen auch weiterhin notwendig sein. Bei diesem Vorgehen wird klassischerweise mittels Hand- oder rotierenden Instrumenten kariöses Dentin entfernt (exkaviert). Das klassische Ziel dieser Kariesexkavation, alle Bakterien aus der Kavität zu entfernen, ist womöglich auch unter Einsatz von Hilfsmitteln nur schwerlich zu erreichen, zudem weist eine wachsende Zahl von Studien darauf hin, dass eine solche vollständige Exkavation auch nicht notwendig ist. Während peripher der Einsatz der konventionellen Exkavationskriterien not-

wendig ist, um eine dicht versiegelnde Restauration zu ermöglichen, können in Pulpanähe womöglich auch weniger strikte Kriterien angelegt und kariöses Dentin belassen werden. Die etwaig zurückbleibenden Bakterien werden durch die platzierte Restauration von ihrer Kohlenhydratzufuhr abgeschnitten und die Läsion somit inaktiviert. Der klassischen vollständigen (unselektiven) Exkavation werden daher heute Konzepte gegenübergestellt, die bewusst kariöses Dentin zeitweise (schrittweise Exkavation) oder dauerhaft unter einer Restauration belassen. Da bei letzterer Behandlung in der Peripherie der Kavität andere Exkavationskriterien als in Pulpanähe genutzt werden, wird diese Technik u.a. als selektive („unvollständige“, „partiell“) Exkavation bezeichnet.

Die meisten Studien zu diesen Exkavationsstrategien nutzten bisher vor allem subjektive Kriterien zur Beurteilung

des Exkavationsergebnisses. Während andere, möglicherweise zuverlässigere Kriterien (Kariesdetektor, Fluoreszenz-assistierte bzw. selbstlimitierende Exkavation) umfänglich in laborexperimentellen Studien untersucht wurden, liegen nur wenige klinische Studien vor, die mögliche Vorteile dieser vermeintlich objektiveren Kriterien für den Patienten belegen. Gerade für tiefe kariöse Läsionen in Zähnen mit vitalen asymptomatischen Pulpen scheint der Verzicht auf die Entfernung jeglichen erweichten Dentins in Pulpanähe vorteilhaft, da weniger Pulpen exponiert und somit weniger Nachbehandlungen erforderlich werden. Hierbei scheint eine selektive Exkavation möglicherweise nochmals Vorteile gegenüber dem traditionellen vollständigen, aber auch dem schrittweisen Exkavationsvorgehen zu haben. Zurzeit stehen einer breiten Umsetzung eines weniger invasiven Vor-

gehens bei der Exkavation pulpanäher Läsionen die begrenzte Qualität der vorhandenen Daten und praktische Hürden im Weg. Sowohl vorhandene als auch neue Exkavationsstrategien und –methoden sollten kritisch und unter Verweis auf die vorhandene Evidenz geprüft und die klinische Praxis bei Bedarf angepasst werden. DZZ

Interessenkonflikte: Der Autor erklärt, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

Korrespondenzadresse

OA Dr. Falk Schwendicke
 Abteilung für Zahnerhaltung und Präventivzahnmedizin
 Charité – Universitätsmedizin Berlin
 Campus Benjamin Franklin
 Alßmannshäuser Str. 4–6
 14197 Berlin
 falk.schwendicke@charite.de

Literatur

- Aguilar P, Linsuwanont P: Vital pulp therapy in vital permanent teeth with cariously exposed pulp: A systematic review. *J Endodont* 2011;37:581–587
- Bjorndal L, Larsen T: Changes in the cultivable flora in deep carious lesions following a stepwise excavation procedure. *Caries Res* 2000;34:502–508
- Bjorndal L, Larsen T, Thylstrup A: A clinical and microbiological study of deep carious lesions during stepwise excavation using long treatment intervals. *Caries Res* 1997;31:411–417
- Bjorndal L, Larsen T, Thylstrup A: A clinical and microbiological study of deep carious lesions during stepwise excavation using long treatment intervals. *Caries Res* 1997;31:411–417
- Boston DW: New device for selective dentin caries removal. *Quintessence Int* 2003;34:678–685
- Carvalho JC: Caries process on occlusal surfaces: Evolving evidence and understanding. *Caries Res* 2014;48:339–346
- Dorri M, Dunn S, Sabbah W, Schwendicke F: Proximal sealing for managing dental decay in primary and permanent teeth. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2015
- Eberhard J, Eisenbeiss AK, Braun A, Hedderich J, Jepsen S: Evaluation of selective caries removal by a fluorescence feedback-controlled Er:YAG laser in vitro. *Caries Res* 2005;39:496–504
- FVDZ-SH (2013): IfW: Pfsuchen, um Geld zu sparen? http://www.fvdz-sh.de/freifax/Freifax_Screen_31.pdf.
- Gu F, Bresciani E, Barata TJ et al.: In vivo acid etching effect on bacteria within caries-affected dentin. *Caries Res* 2010;44:472–477
- Hevinga MA, Opdam NJ, Frencken JE, Truin GJ, Huysmans MC: Does incomplete caries removal reduce strength of restored teeth? *J Dent Res* 2010;89:1270–1275
- Hosoya Y, Taguchi T, Tay FR: Evaluation of a new caries detecting dye for primary and permanent carious dentin. *J Dent* 2007;35:137–143
- Innes N, Evans D, Stirrups D: The Hall Technique; a randomized controlled clinical trial of a novel method of managing carious primary molars in general dental practice: acceptability of the technique and outcomes at 23 months. *BMC Oral Health* 2007;7:18
- Innes NP, Evans DJ, Stirrups DR: Sealing caries in primary molars: randomized control trial, 5-year results. *J Dent Res* 2011;90:1405–1410
- Innes NPT, Evans DJP, Stirrups DR: Sealing caries in primary molars. *J Dent Res* 2011;90:1405–1410
- Iwami Y, Yamamoto H, Hayashi M, Ebisu S: Relationship between laser fluorescence and bacterial invasion in arrested dentinal carious lesions. *Lasers Med Sci* 2011;26:439–444
- Keyes PH: The infectious and transmissible nature of experimental dental caries. Findings and implications. *Arch Oral Biol* 1960;1:304–320
- Kidd EA: How 'clean' must a cavity be before restoration? *Caries Res* 2004;38:305–313
- Kronman JH, Goldman M, Habib CM, Mengel L: Electron microscopic evaluation of altered collagen structure induced by N-monochloroglycine (GK-101). *J Dent Res* 1977;56:1539–1545
- Kronman JH, Goldman M, Habib CM, Mengel L: Electron microscopic study of altered collagen structure after treatment with N-monochloro-DL-2-aminobutyrate (GK-101 E). *J Dent Res* 1979;58:1914
- Lager A, Thornqvist E, Ericson D: Cultivable bacteria in dentine after caries excavation using rose-bur or carisolv. *Caries Res* 2003;37:206–211
- Lennon AM: Fluorescence-aided caries excavation (FACE) compared to conventional method. *Oper Dent* 2003;28:341–345
- Lennon AM, Attin T, Buchalla W: Quantity of remaining bacteria and cavity size after excavation with FACE, caries detector dye and conventional excavation in vitro. *Oper Dent* 2007;32:236–241
- Lennon AM, Attin T, Martens S, Buchalla W: Fluorescence-aided caries excavation (FACE), caries detector, and conventional caries excavation in primary teeth. *Pediatr Dent* 2009;31:316–319

25. Maltz M, Alves L, Jardim J, S MM, de Oliveira E: Incomplete caries removal in deep lesions: a 10-year prospective study. *Am J Dent* 2011;24:211–214
26. Marsh PD: Dental plaque as a biofilm and a microbial community – implications for health and disease. *BMC Oral Health* 2006;6:S14
27. Marshall GW, Habelitz S, Gallagher R, Balooch M, Balooch G, Marshall SJ: Nanomechanical properties of hydrated carious human dentin. *J Dent Res* 2001; 80:1768–1771
28. Mertz-Fairhurst EJ, Curtis JW, Ertle JW, Rueggeberg FA, Adair SM: Ultraconservative and cariostatic sealed restorations: Results at year 10. *J Am Dent Assoc* 1998;129:55–66
29. Mickenautsch S, Yengopal V: Validity of sealant retention as surrogate for caries prevention – a systematic review. *PLoS ONE* 2013;8:e77103
30. Oong EM, Griffin SO, Kohn WG, Gooch BF, Caulfield PW: The effect of dental sealants on bacteria levels in caries lesions. *J Am Dent Assoc* 2008;139: 271–278
31. Paris S, Ekstrand K, Meyer-Lückel H: Von der Diagnose zu Therapie. In: Paris S, Ekstrand K, Meyer-Lückel H (Hrsg): *Karies, Wissenschaft und klinische Praxis*. Thieme, Stuttgart 2012
32. Ricketts D, Lamont T, Innes NP, Kidd E, Clarkson JE: Operative caries management in adults and children. *Cochrane Database Syst Rev* 2013;28: CD003808
33. Ridell K: Endodontic treatment in young permanent teeth. Prevalence, quality and potential risk factors. *Swed Dent J Suppl* 2008;9–58
34. Ridell K, Olsson H, Mejare I: Unrestored dentin caries and deep dentin restorations in Swedish adolescents. *Caries Res* 2008;42:164–170
35. Santamaria RM, Innes NP, Machiulskiene V, Evans DJ, Splieth CH: Caries management strategies for primary molars: 1-yr randomized control trial results. *J Dent Res* 2014;93:1062–1069
36. Sato Y, Fusayama T: Removal of dentin by fuchsin staining. *J Dent Res* 1976; 55:678–683
37. Schwendicke F, Dörfer CE, Paris S: Incomplete caries removal: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res* 2013;92:306–314
38. Schwendicke F, Jäger AM, Paris S, Hsu L-Y, Tu Y-K: Treating pit-and-fissure caries: a systematic review and network meta-analysis. *J Dent Res* 2015
39. Schwendicke F, Kern M, Blunck U, Dorfer C, Drenck J, Paris S: Marginal integrity and secondary caries of selectively excavated teeth in vitro. *J Dent* 2014;42:1261–1268
40. Schwendicke F, Kern M, Kleemann-Lüpkes J, Paris S, Blunck U: Influence of using different bonding systems and composites on the margin integrity and the mechanical properties of selectively excavated teeth in vitro. *J Dent* 2014; 10.1016/j.jdent.2014.1012.1014
41. Schwendicke F, Kern M, Meyer-Lueckel H, Boels A, Doerfer C, Paris S: Fracture resistance and cuspal deflection of incompletely excavated teeth *J Dent* 2013;42:107–113
42. Schwendicke F, Meyer-Lückel H, Dorfer C, Paris S: Failure of incompletely excavated teeth – a systematic review. *J Dent* 2013;41:569–580
43. Schwendicke F, Meyer-Lueckel H, Dörfer CE, Paris S: Attitudes and behaviour regarding deep dentin caries removal – a survey among German dentists. *Caries Res* 2013;47:566–573
44. Schwendicke F, Meyer-Lueckel H, Schulz M, Dörfer CE, Paris S: Radiopaque tagging masks caries lesions following incomplete excavation in vitro. *J Dent Res* 2014
45. Schwendicke F, Meyer-Lueckel H, Stolpe M, Dörfer CE, Paris S: Costs and effectiveness of treatment alternatives for proximal caries lesions. *PLoS ONE* 2014;9:e86992
46. Schwendicke F, Paris S: Kariesexkavation: Ein systematischer Überblick. *Dtsch Zahnärztl Z* 2014;69:456–466
47. Schwendicke F, Paris S, Tu Y: Effects of using different criteria and methods for caries removal: A systematic review and network meta-analysis. *J Dent* 2014; <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2014.10.004>
48. Schwendicke F, Stolpe M: Cost-effectiveness of caries excavations in different risk groups – a micro-simulation study. *BMC Oral Health* 2014; 14:doi:10.1186/1472-6831-1114-1153
49. Schwendicke F, Stolpe M: Direct pulp capping after a carious exposure versus root canal treatment: A cost-effectiveness analysis. *J Endod* 2014;40: 1764–1770
50. Schwendicke F, Stolpe M, Meyer-Lueckel H, Paris S, Dörfer CE: Cost-effectiveness of one- and two-step incomplete and complete excavations. *J Dent Res* 2013;90:880–887
51. Shovelton DS: Studies of dentine and pulp in deep caries. *Int Dent J* 1970;20: 283–296
52. Tellez M, Gomez J, Kaur S, Pretty IA, Ellwood R, Ismail AI: Non-surgical management methods of non-cavitated carious lesions. *Community Dent Oral Epidemiol* 2013;41:79–96
53. Yengopal V, Mickenautsch S, Bezerra AC, Leal SC: Caries-preventive effect of glass ionomer and resin-based fissure sealants on permanent teeth: a meta analysis. *J Oral Sci* 2009;51:373–382
54. Yoshiyama M, Tay FR, Doi J et al.: Bonding of self-etch and total-etch adhesives to carious dentin. *J Dent Res* 2002;81:556–560

BEAUTIFIL-Bulk

Ein Bulk – zwei Viskositäten



- Stopfbar und fließfähig
- Niedrige Polymerisations schrumpfung und Schrumpfungsspannung
- Für Inkrementstärken bis 4 mm



www.shofu.de

Official Partner



Minimally Invasive
Cosmetic Dentistry