



Nachdem sich ein EbM-Splitter vor Kurzem mit der Kostenwirksamkeit verschiedener Exkavationsstrategien bei der Behandlung tiefer Karies beschäftigte [16], wird der thematische Faden in diesem Splitter aufgegriffen. In einem jüngst veröffentlichten Fachartikel [20] wurde die klinische Evidenz zu verschiedenen Exkavationskriterien und -methoden dargestellt. Die Ergebnisse dieser Studie werden im Folgenden zusammengefasst.

Jens C. Türp, Basel  
Gerd Antes, Freiburg im Breisgau

## Die Nutzung verschiedener Kriterien und Methoden bei der Exkavation kariöser Läsionen: Eine Netzwerk-Metaanalyse

*The use of different criteria and methods of excavation carious lesions: A network meta-analysis*

### Einleitung

Der Endpunkt der Kariesentfernung wird traditionell visuell-taktil beurteilt, wobei die große Mehrzahl der Zahnärzte eine harte, trockene Dentinoberfläche anstrebt [7, 18]. Da die Nutzung dieses visuell-taktilen, nur subjektiv beurteilten Kriteriums mit einer begrenzten Reliabilität des Exkavationsergebnisses einhergeht, wurde seit den 1970er Jahren des letzten Jahrhunderts zudem der Einsatz von Kariesdetektoren zur Beurteilung des Exkavationsergebnisses empfohlen; diese sollten die „vollständige“ Entfernung kariösen Dentins zuverlässiger machen [5, 15]. Neuere Studien zeigen jedoch, dass eine solche vollständige Exkavation möglicherweise nicht überall in der Kavität anzustreben ist, da ihre Anwendung in Pulpanähe gerade bei tiefen kariösen Läsionen zur Exposition der Pulpa führen kann. Hingegen scheint das Belassen bestimmter Mengen kariogener Mikroorganismen während der Exkavation nicht nur unausweichlich (unabhängig von der angestrebten „Vollständigkeit“), sondern auch unproblematisch, da unter einer Restauration eingeschlossene Mi-

kroorganismen von ihrer Kohlenhydratversorgung abgeschnitten sind und hierdurch inaktivieren [3, 10, 21, 23].

Daher ist vorgeschlagen worden, für pulpo-proximale Bereiche andere Exkavationskriterien oder -methoden als für die Kavitätenperipherie anzuwenden: Eine solche selektive Exkavation könnte beispielsweise unter taktiler Kontrolle erfolgen, wobei jegliches erweichte Dentin in der Peripherie, nicht aber in Pulpanähe entfernt wird [19]. Alternativ zur visuell-taktilen Beurteilung der Exkavation können auch selbstlimitierende Exkavationsmethoden angewendet werden: Eine chemomechanische Exkavation von pulpanahem Dentin erlaubt nur die Entfernung demineralisierten, enzymatisch degradierbaren Dentins [8, 9]. Polymerbohrer stumpfen während der Exkavation gesunden, nicht aber kariösen Dentins ab und sollen eine ausgedehnte Entfernung gesunden Dentins verhindern [1]. Fluoreszenzassistierte Verfahren detektieren im Dentin eingelagerte bakterielle Stoffwechselprodukte und können beispielsweise mit einem Er:YAG-Laser gekoppelt werden, um nur dieses, vermutlich infizierte Dentin zu entfernen [2, 6, 11, 12].



Dr. F. Schwendicke

Die meisten dieser Kriterien und Methoden zur Kariesexkavation sind unfänglich unter Verwendung von Surrogat-Endpunkten in vitro untersucht worden; eine Validierung gegen für Patienten oder Zahnärzte relevante Parameter ist je-

doch nur klinisch möglich: Nur hier können das Risiko von intra- oder postoperativen Komplikationen, etwaige Schmerzen, die für die Exkavation benötigte Zeitdauer oder assoziierte Kosten abgeschätzt werden. Das Ziel der vorgestellten Arbeit war es, einen systematischen Überblick über die klinische Evidenz zu verschiedenen Exkavationskriterien und -methoden zu geben und diese mittels Netzwerk-Metaanalyse zu vergleichen.

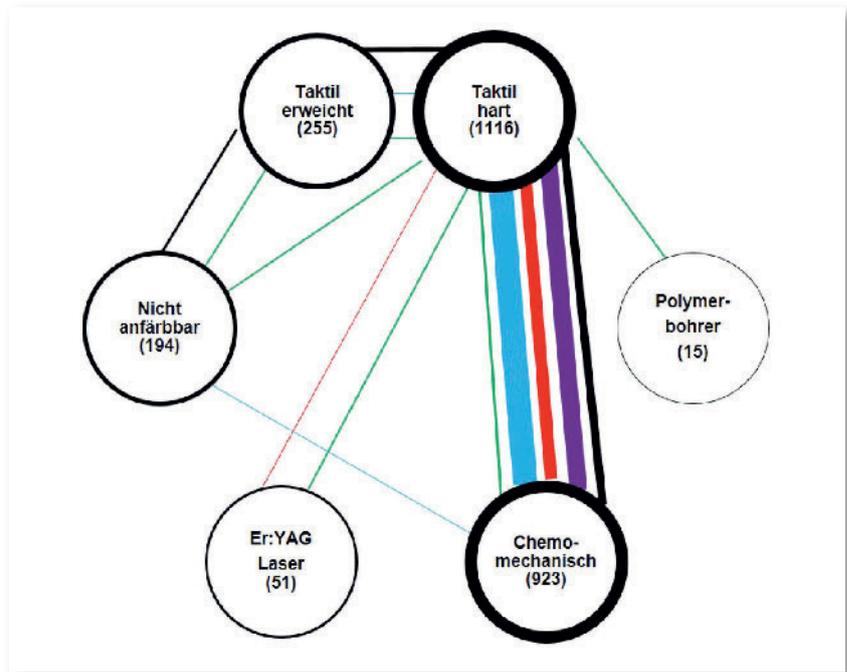
## Methoden

In die Analyse wurden randomisierte und nicht-randomisierte kontrollierte klinische Studienartikel eingeschlossen, welche die Exkavation natürlicher kariöser Läsionen in Milch- oder bleibenden Zähnen unter Nutzung von mindestens 2 Exkavationskriterien oder -methoden verglichen haben. Insgesamt wurden 4 Zielparameter untersucht:

- Komplikationsrisiko (Notwendigkeit von Nachbehandlungen, z.B. direkte Überkappung, Wurzelkanalbehandlung, Restaurationserneuerung etc.).
- Schmerzen während der Exkavation.
- Zeitdauer, die für die Exkavation benötigt wurde.
- Die auf dem Kavitätenboden oder in Pulpanähe verbleibende Bakterienzahl nach der Exkavation.

Die folgenden Gruppen (Kriterien, Methoden) wurden miteinander verglichen:

- Exkavation, bis nur hartes Dentin in Pulpanähe verbleibt („taktil hart“).
- Exkavation, bei der erweichtes (ledriges, „sticky“) Dentin in Pulpanähe verbleibt („taktil erweicht“).
- Exkavation, bis sämtliches Dentin in Pulpanähe nicht mit dem Kariesdetektor anzufärben ist („nicht anfärbbar“).
- Exkavation mittels chemomechanischer Methoden, z.B. Carisolv, Caridex oder Papacarie. Hierbei definiert die Exkavationsmethode den Endpunkt der Exkavation: Die Anwendung des enzymatischen Gels, das demineralisiertes Dentin auflöst und entfernbarmacht, wird so oft wiederholt, bis das Gel klar bleibt („chemomechanisch“).
- Exkavation mittels selbstlimitierender Polymerbohrer, z.B. Polybur oder Smartbur. Auch hier definiert die Methode den Exkavationsendpunkt: Die Exkavation wird beendet, wenn der ab-



**Abbildung 1** Netzwerk für die Netzwerk-Metaanalyse. Jeder Ring entspricht einem Exkavationskriterium bzw. einer -methode, die Zahl der behandelten Läsionen (in Klammern) wird durch die Stärke des Ringes kodiert. Verschiedenfarbige Linien zeigen die Zahl der vergleichenden Studien (Linienstärke) an, die Farbe der Linie kodiert für den untersuchten Zielparameter (schwarz: Komplikationsrisiko, rot: Wahrscheinlichkeit von Schmerzen während der Exkavation, violett: Notwendigkeit von Lokalanästhesie, blau: für die Exkavation notwendige Zeit, grün: Zahl verbleibender Bakterien) [20].

radierte Bohrer in Pulpanähe kein Dentin mehr abträgt („Polymerbohrer“).

- Exkavation unter Nutzung fluoreszenzbasierter Systeme, z.B. mit Rückkopplung zum Exkavationsinstrument (u.a. Er:YAG Laser). Die Exkavation wird beendet, wenn das Fluoreszenzsignal im Dentin unter einen bestimmten Schwellenwert fällt („fluoreszenzbasiert“).
- Studien, die andere Kriterien untersuchten, z.B. Farbe (dunkelbraun versus gelblich) oder Feuchtigkeit (feucht versus trocken) des pulpanahen Dentins, wurden initial auch eingeschlossen, schließlich aber exkludiert, da diese Kriterien nur miteinander, nicht aber mit anderen Exkavationsmethoden verglichen wurden: Eine Netzwerkbildung (s.u.) war daher nicht möglich.

Nach einer systematischen Recherche in verschiedenen elektronischen Datenbanken, die durch eine Handsuche ergänzt wurde, erfolgte die Extraktion der Daten. Die Qualität der eingeschlossenen Studien wurde mittels des Risk-of-Bias-Instrumentes der Cochrane Col-

laboration bewertet [4]. Für eine Synthese der Daten der eingeschlossenen Studienartikel wurden dichotome und kontinuierliche Zielparameter verwendet. Bei Studien, in denen mehrere Subgruppen einzelner Exkavationskriterien oder -methoden (z.B. Carisolv und Papacarie) zum Einsatz kamen, wurde nur die üblichere Methode (z.B. Carisolv) in die Analyse einbezogen. Die konventionelle paarweise Metaanalyse nutzte ein sog. Random-Effects-Modell und kalkulierte Odds Ratios (OR) bzw. standardisierte Mittelwertdifferenzen (SMD) und die dazugehörigen 95%-Konfidenzintervalle. Die zusätzlich durchgeführte Netzwerk-Metaanalyse erlaubte auch den Vergleich von Gruppen, die nicht paarweise in Studien miteinander verglichen wurden (indirekter Vergleich); als Fehlerschätzer wurden hier Kreditabilitätsintervalle (Kri) berechnet [22]. Abschließend wurde für jeden Zielparameter ein Ranking der verschiedenen Kriterien und Methoden durchgeführt [14]. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Literatursuche und der Netzwerk-Metaanalyse dargestellt.

<b>Taktil hart</b>	0,42 (0,13/1,23)	0,79 (0,29/1,72)	3,84 (0,46/44,2)
	<b>Taktil erweicht</b>	1,92 (0,43/7,33)	<b>9,11 (1,52/87,0)</b>
		<b>Chemomechanisch</b>	4,94 (0,52/69,3)
			<b>Nicht anfärbbar</b>

**Abbildung 2** Relative Wirksamkeit verschiedener Exkavationskriterien bzw. -methoden zur Vermeidung postoperativer Komplikationen. Die jeweils in der Spalte angezeigte Testgruppe (z.B. taktil erweicht) wird mit der linksstehenden Referenz (z.B. taktil hart) verglichen. Als Schätzer werden Odds Ratios und Kredititätsintervalle angewendet. Signifikant erhöhte Risiken sind in Rot hervorgehoben: Zu exkavieren, bis alles anfärbbares Dentin entfernt ist, erhöht das Komplikationsrisiko signifikant im Vergleich mit einer Exkavation, bei der erweichtes Dentin in Pulpanähe belassen wird [20].

<b>Taktil hart</b>	0,16 (0,06/0,31)	0,09 (0,01/0,56)
	<b>Chemomechanisch</b>	0,52 (0,01/4,92)
		<b>Er:YAG Laser</b>

**Abbildung 3** Wahrscheinlichkeit von Schmerzen während der Exkavation. Als Schätzer wurden auch hier Odds Ratios und Kredititätsintervalle genutzt. Signifikant reduzierte Risiken sind in Grün hervorgehoben: Chemomechanisch oder mittels Laser zu exkavieren, senkt die Schmerzwahrscheinlichkeit signifikant im Vergleich mit einer Exkavation bis nur hartes Dentin verbleibt.

<b>Taktil hart</b>	-10.1 (-15.2/-4.9)	3.5 (2.0/4.9)	-4.2 (-9.6/1.1)
	<b>Taktil erweicht</b>	14.2 (8.2/19.3)	5.9 (-1.6/13.2)
		<b>Chemomechanisch</b>	-7.7 (-13.2/-2.6)
			<b>Nicht anfärbbar</b>

**Abbildung 4** Standardisierte Mittelwertdifferenzen (SMD) und Kredititätsintervalle für die Zeitdauerunterschiede bei der Nutzung verschiedener Exkavationskriterien bzw. -methoden. Signifikante reduzierte bzw. verlängerte Exkavationszeiten sind in Grün bzw. Rot hervorgehoben: Chemomechanisch zu exkavieren ist zeitintensiver als zu exkavieren, bis erweichtes bzw. hartes Dentin zurückbleibt. Erweichtes Dentin in Pulpanähe zurückzulassen statt zu exkavieren, bis nur hartes Dentin verbleibt, ist ebenfalls zeitsparend.

(Abb. 1–4: F. Schwendicke)

## Ergebnisse

Von 375 identifizierten Studienartikeln wurden 51 im Volltext analysiert und schließlich 28 Studien (deren Ergebnisse in insgesamt 30 Publikationen veröffentlicht worden waren) berücksichtigt. Zusammengefasst wurden 1.782 Patienten mit 2.555 kariösen Läsionen

behandelt. In den meisten Studien wurden Kinder behandelt, in 10 Studien auch Erwachsene. Viele der Studien untersuchten nur die Exkavation und verfolgten die Patienten nicht nach. Die Studien, die zur Untersuchung des Komplikationsrisikos Patienten nachverfolgten, hatten im Median einen Nachverfolgungszeitraum von 12 Monaten

(min. 0 bis max. 24 Monate). Die Qualität der Studienartikel wurde durchweg als unklar oder gering eingestuft. Aus den angestellten Vergleichen wurde ein Netzwerk konstruiert, das indirekte Vergleiche erlaubte (Abb. 1).

Das Risiko postoperativer Komplikationen wurde in 11 Studien untersucht. Die Netzwerk-Metanaalyse zeigte, dass die Strategie, zu exkavieren, bis weiches anstatt hartes Dentin in Pulpanähe zurückbleibt, das Komplikationsrisiko zu senken scheint (OR [95%KrI] = 0,42 [0,13/1,23]). Ebenso ist es günstiger, nicht sämtliches mittels Kariesdetektor anfärbbares Dentin zu entfernen, sondern erweichtes Dentin in Pulpanähe zurückzulassen (Abb. 2). Die Wahrscheinlichkeit postoperativer Komplikationen war am geringsten, wenn erweichtes Dentin belassen wurde, und am höchsten, wenn sämtliches anfärbbares Dentin entfernt wurde.

Das subjektive Schmerzempfinden von Patienten während der Exkavation wurde in 9 Studien untersucht. Die Nutzung chemomechanischer oder fluoreszenzgekoppelter Laser-Exkavation war signifikant weniger schmerzhaft als die mechanische Exkavation, bis nur noch hartes Dentin zurückblieb (OR [95%KrI] = 0,16 [0,06/0,31] und 0,09 [0,01/0,56]). Letztere Option hatte die höchste Wahrscheinlichkeit, Schmerzen zu provozieren (Abb. 3). Ebenso war bei der Nutzung des letzteren Exkavationskriteriums auch die Notwendigkeit einer Lokalanästhesie am höchsten.

Die notwendige Zeit für die Exkavation wurde in 14 Studien gemessen. Nicht alles erweichte Dentin zu entfernen war signifikant schneller, als eine vermeintlich vollständige Exkavation anzustreben (SMD [95%KrI] = -10,2 [-15,2/-4,9]). Chemomechanisch zu exkavieren benötigte am meisten Zeit (Abb. 4).

Die Zahl der am Kavitätenboden oder in Pulpanähe verbleibenden Bakterien wurde in 10 Studien untersucht. Erweichtes Dentin zurückzulassen führte zur größten Zahl verbleibender Bakterien, die Unterschiede zwischen den Gruppen waren jedoch statistisch nicht signifikant.

## Diskussion

Die Ergebnisse der Studie demonstrieren, dass Kriterien oder Methoden der

Kariesexkavation, die laborexperimentell vorteilhaft erscheinen, nicht zwingend auch durch klinische Daten in ihrer Wirksamkeit validiert wurden. Die eingeschlossenen Untersuchungen belegen, dass die Entfernung jeglichen erweichten Dentins das Risiko von Komplikationen bzw. Schmerzen wahrscheinlich erhöht und auch nicht zeitsparend ist. Keine der Studienartikel konnte Vorteile eines „vollständigen“ Exkavationsvorgehens belegen [13, 17]. Die Bestimmung der nach der Exkavation am Kavitätenboden verbleibenden Bakterienzahl scheint keinen engen Zusammenhang mit klinisch relevanten Parametern zu haben. Die zusammengetragenen Daten zeigen, dass das konventionelle Vorgehen bei der Beurteilung der Kariesexkavation auf keinem hohen Evidenzniveau steht. Ebenso sind Richtlinien, die ein solches Vorgehen zwingend fordern oder empfehlen nicht durch klinische Studien gestützt.

Bei der Bewertung der vorhandenen Daten muss einschränkend hinzugefügt werden, dass die eingeschlossenen Studienartikel von begrenzter Qualität waren. Viele der Studien waren nicht randomisiert, eine Verblindung fand fast nie statt. Auch wenn Subgruppenanalysen zur Überprüfung des Einflusses der

Studienqualität auf die Studienergebnisse durchgeführt wurden, kann eine Verzerrung dieser Ergebnisse durch die geringe Qualität der einzelnen Untersuchungen nicht ausgeschlossen werden. Ebenso muss verdeutlicht werden, dass in der Mehrzahl der Studien Milchzähne untersucht wurden; eine Übertragung der Ergebnisse auf bleibende Zähne sollte daher mit Vorsicht vorgenommen werden. Insgesamt war die Zahl der Studien und der eingeschlossenen Patienten und Läsionen gering – ein besorgniserregendes Ergebnis, wenn bedacht wird, dass die Entfernung kariösen Dentins zur täglichen Routine in zahnärztlichen Praxis gehört.

---

### Was geschehen ist, solange die Welt steht, braucht deshalb nicht zu geschehen, solange sie noch stehen wird.

Marie Freifrau von Ebner-Eschenbach (1830 – 1916), österreichische Erzählerin, Novellistin und Aphoristikerin,  
von Ebner-Eschenbach M: Aphorismen,  
Reclam, Ditzingen 1988

---

## Schlussfolgerungen

Auf der Basis der vorhandenen, begrenzten klinischen Daten scheint das Bestreben, alles erweichte oder anfärbare Dentin bei der Exkavation tiefer Karies zu entfernen, nicht mit besseren Behandlungsergebnissen verbunden zu sein. Zudem scheint die Nutzung weniger strikter Kriterien bei der Exkavation in Pulpanähe oder der Einsatz alternativer (selbstlimitierender) Exkavationsmethoden mit weniger Schmerzen für den Patienten verbunden zu sein. Auch unter der Beachtung der für die Exkavation benötigten Zeit scheint das übliche, als Standard geltende Bestreben, alles erweichte oder gar anfärbare Dentin zu entfernen, als nicht vorteilhaft.

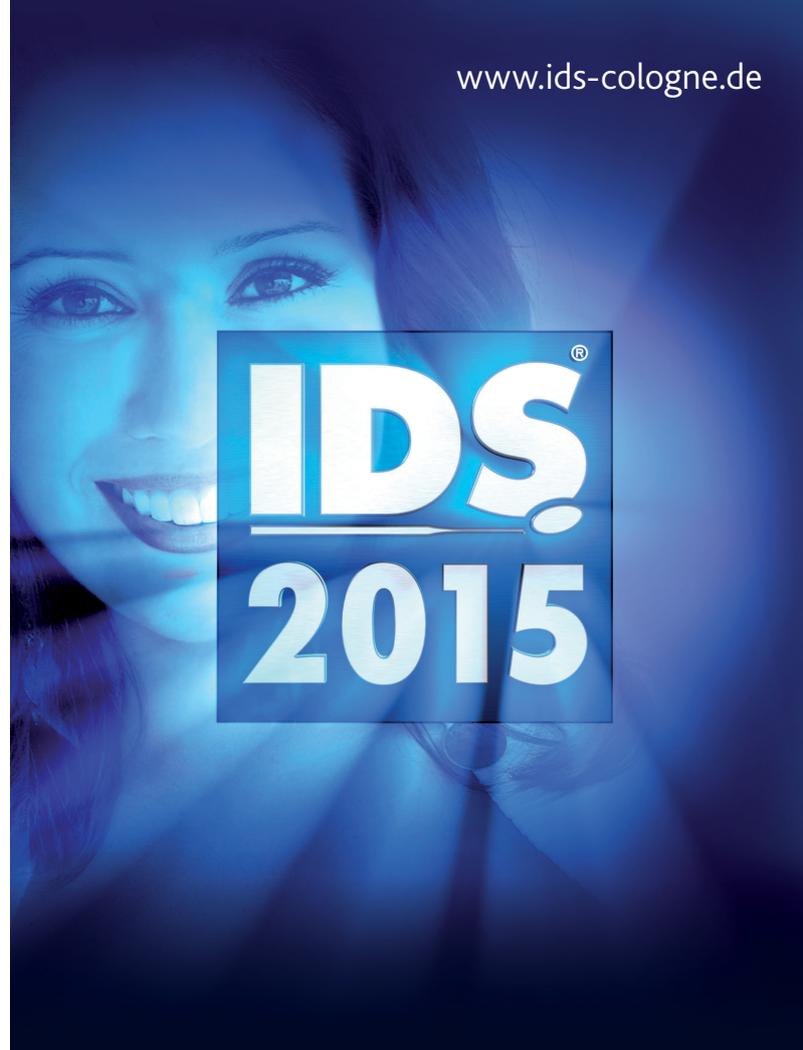
Zukünftig sollten Exkavationskriterien und -methoden gegen relevante klinische Parameter geprüft werden. Eine ausschließliche Validierung in laborexperimentellen Studien unter Einsatz von ebenfalls nicht validierten Surrogatparametern erscheint nicht ausreichend. Etablierte Behandlungsempfehlungen für die zahnärztliche Praxis sollten unter Beachtung der aktuellen Ergebnisse überprüft werden. 

Falk Schwendicke, Berlin

## Literatur

1. Boston DW: New device for selective dentin caries removal. *Quintessence Int* 2003;34:678–685
2. 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
3. Griffin SO, Oong E, Kohn W et al.: The effectiveness of sealants in managing caries lesions. *J Dent Res* 2008;87:169–174
4. Higgins JPT, Green S (Hrsg): *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Version 5.10 (updated March 2011): The Cochrane Collaboration, 2011
5. 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
6. 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
7. Kidd EA: How 'clean' must a cavity be before restoration? *Caries Res* 2004;38:305–313
8. 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
9. 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
10. Lager A, Thornqvist E, Ericson D: Cultivable bacteria in dentine after caries excavation using rose-bur or carisolv. *Caries Res* 2003;37:206–211
11. Lennon AM: Fluorescence-aided caries excavation (FACE) compared to conventional method. *Oper Dent* 2003;28:341–345
12. 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
13. Ricketts D, Lamont T, Innes NP, Kidd E, Clarkson JE: Operative caries management in adults and children. *Cochrane Database Syst Rev* 2013;28:
14. Salanti G, Ades AE, Ioannidis JP: Graphical methods and numerical summaries for presenting results from multiple-treatment meta-analysis: an overview and tutorial. *J Clin Epidemiol* 2011;64:163–171
15. Sato Y, Fusayama T: Removal of dentin by fuchsin staining. *J Dent Res* 1976;55:678–683
16. Schwendicke F: Kosteneffektivität verschiedener Exkavationsstrategien für Karies. *Dtsch Zahnärztl Z* 2014;69:379–382

17. Schwendicke F, Dörfer CE, Paris S: Incomplete caries removal: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res* 2013;92:306–314
18. 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
19. Schwendicke F, Paris S: Kariesexkavation: Ein systematischer Überblick. *Dtsch Zahnärztl Z* 2014;69:456–466
20. 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; in press: doi: 10.1016/j.jdent.2014.10.004
21. Shovelton DS: Studies of dentine and pulp in deep caries. *Int Dent J* 1970; 20:283–296
22. Tu YK, Needleman I, Chambrone L, Lu HK, Faggion CM, Jr.: A Bayesian network meta-analysis on comparisons of enamel matrix derivatives, guided tissue regeneration and their combination therapies. *J Clin Periodontol* 2012;39:303–314
23. van Amerongen JP, van Amerongen WE, Watson TF, Opdam NJM, Roeters FJM, Bittermann D, Kidd EAM: Restoring the tooth: 'the seal is the deal'. In: Fejerskov O, Kidd EAM (Hrsg) *Dental Caries. The disease and its clinical management*. Blackwell Munksgaard, Oxford 2008, 386–426



**36. Internationale Dental-Schau  
Köln, 10. - 14. März 2015**  
Fachhändlertag: 10. März 2015

## **Frische Impulse für das Dental Business**

Willkommen auf der IDS 2015 – der weltweit führenden Leitmesse der Dentalbranche. Entdecken Sie schon heute die Trends der Zukunft: Über 2.000 Aussteller aus rund 60 Ländern präsentieren Top-Innovationen und verfahrenstechnische Neuheiten. Tauschen Sie sich mit Experten aus und gewinnen Sie neue Perspektiven. Für Ihren strahlenden Erfolg!

## **Zeit sparen, Geld sparen!**

Jetzt online registrieren und Karten kaufen. [www.ids-cologne.de](http://www.ids-cologne.de)



Koelnmesse GmbH · Messeplatz 1 · 50679 Köln  
Telefon +49 180 677 3577\* · [ids@visitor.koelnmesse.de](mailto:ids@visitor.koelnmesse.de)

\* (0,20 EUR/Anruf aus dem dt. Festnetz; max. 0,60 EUR/Anruf aus dem Mobilfunknetz)