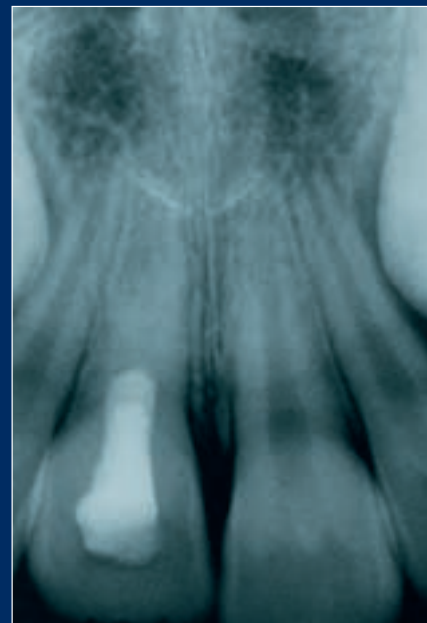
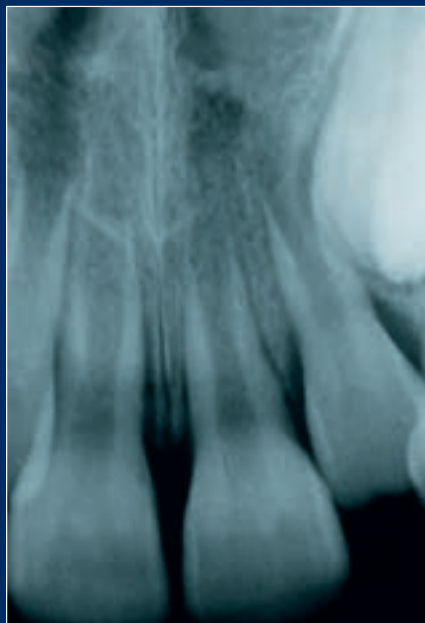


# DZZ

Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift  
German Dental Journal

Mitgliederzeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e. V.  
Journal of the German Society of Dentistry and Oral Medicine



## Schwerpunkt Schmelz- und Pulparegeneration

Möglichkeiten und Grenzen der Schmelzregeneration

Revaskularisation avitaler Zähne

Perspektiven in der Pulparegeneration



# waterpik®

## Mundduschen

mit dem GPZ-Qualitätssiegel und der Service-Garantie der intersanté.



€ 119,95\*  
PZN 06414599

Munddusche  
Ultra Professional WP-100E4



€ 130,00\*  
PZN 08800987

Munddusche  
Traveler WP-300E



€ 199,00\*  
PZN 09778646

Dental-Center  
Complete Care WP-900E



€ 109,95\*  
PZN 00729244

Munddusche  
Classic WP-70E

In Ergänzung zum täglichen Zähneputzen,  
unverzichtbar zur wirkungsvollen Vor- und Nachsorge  
bei Zahnfleiscentzündungen, Zahnfleischtaschen,  
Parodontitis und Periimplantitis.

**Waterpik® – die Nr. 1 unter den Mundduschen.**

Mehr vom deutschen Exklusiv-Vertriebspartner:

  
**intersanté GmbH**  
Wellness, Health & Beauty

Berliner Ring 163 B  
D-64625 Bensheim  
Tél. 06251 - 9328 - 10  
Fax 06251 - 9328 - 93  
E-mail info@intersante.de  
Internet www.intersante.de



\* unverb. Preisempfehlung



Prof. Dr. Matthias Hannig



Prof. Dr. Christian Hannig

„Erhalte Deinen Zahn“ – das war das Oberthema der 1. Gemeinschaftstagung der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltungskunde (DGZ) mit der Deutschen Gesellschaft für Endodontologie und zahnärztliche Traumatologie (DGET) unter Beteiligung der Deutschen Gesellschaft für Präventivzahnmedizin (DGPZM) und der Deutschen Gesellschaft für Restaurative und Regenerative Zahnerhaltung (DGR<sup>2</sup>Z) in Marburg. Ein weiteres Tagungsthema waren regenerative Strategien in der Zahnerhaltung, von der Schmelzregeneration bis zum Nachwachsen ganzer Zähne. Das vorliegende Schwerpunktheft der DZZ gibt einen Überblick über die Hauptvorträge zu diesem Thema.

Ein Höhepunkt der Tagung war sicher der Beitrag von Prof. *Sharpe* aus London. Der renommierte Wissenschaftler lässt seit Jahren im Tiermodell Zähne wachsen, die klinische Anwendung am Menschen scheint nach seiner Aussage jedoch noch in weiter Ferne zu liegen. Das gilt auch für regenerative Endodontie bei Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum. Wesentlich vielversprechender sind die Möglichkeiten regenerativer Therapien bei endodontischen Maßnahmen an Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum. Eine Vielzahl von Kasuistiken dokumentiert erfolgreiche Behandlungsmaßnahmen. Evidenzbasierte Leitlinien und Therapieprotokolle liegen jedoch noch nicht vor, es handelt sich nach wie vor um einen Heilversuch. Sehr zu begrüßen ist daher der Ansatz, auf nationaler Ebene Falldokumentationen zusammenzutragen, um die Behandlungsstrategien mit breiten klinischen Daten zu untersetzen. Es besteht zudem noch erheblicher Forschungsbedarf zu pulpalen Zellen und ihren Eigenschaften, um das Potenzial dieser Zellen für regenerative Strategien in Zahnmedizin und Medizin abzuschätzen.


Auch die vermeintlich einfachste Aufgabe, die Regeneration von Zahnschmelz zum Auffüllen initialer Defekte, ist nach wie vor eine nur ansatzweise beherrschte Herausforderung. Bisher können lediglich dünne Schichten schmelzähnlicher Strukturen generiert werden.

Bei allen regenerativen Ansätzen müssen zudem die Besonderheiten der Mundhöhle berücksichtigt werden. Es handelt sich um ein offenes System mit ausgeprägter mikrobieller Besiedelung, die Bioadhäsionsprozesse auf den sich nicht erneuernden Zahnhartsubstanzen haben einen erheblichen Einfluss.

## Liebe Kolleginnen und Kollegen,

Der Zahn, der zumindest in Teilen regeneriert werden soll, ist eine physiologischerweise sehr langsam wachsende Struktur; die strukturbildenden Zellen gehen z.T. verloren.

Der erhebliche Forschungsbedarf wurde auch in den Diskussionen der wissenschaftlichen Kurzvorträge zum Thema Regeneration deutlich. Vernetzte Forschung mit Medizinern und Naturwissenschaftlern ist für eine erfolgreiche Translation in die Praxis erforderlich. Dabei kann gerade die Zahnmedizin eine besondere Expertise einbringen, die in anderen Bereichen der Medizin weiterhilft. Weisheitszähne sind eine relevante Quelle für autologe pluripotente Zellen mit regenerativem Potenzial, unsere Erfahrungen im offenen System Mund können auch auf andere Strukturen übertragen werden.

Bis auf Weiteres sollte allerdings in der Klinik die Maxime „Erhalte Deinen Zahn“ unsere Behandlungsstrategie bestimmen. Durch die konsequente Umsetzung etablierter Therapieverfahren in Prävention, minimalinvasiver restaurativer Therapie, Endodontie und Parodontologie kann die Zahnärzteschaft sehr viel (nicht nur) zur Mundgesundheit einer immer älter werdenden Bevölkerung beitragen. 

Prof. Dr. Matthias Hannig, Homburg

Prof. Dr. Christian Hannig, Dresden



Prof. Dr. Bärbel Kahl-Nieke

# Qualität aus Ihren Händen

Sehr geehrte Mitglieder, liebe Kolleginnen und Kollegen, Sie gehören zu den über 20.000 freiwilligen Mitgliedern der DGZMK und profitieren durch Ihre Mitgliedschaft täglich in Ihrer Praxis und in den Kliniken von unseren zahlreichen Angeboten für Qualität und Sicherheit im Sinne der Patienten. Bei der DGZMK und ihren mehr als 30 wissenschaftlichen Fachgesellschaften und Arbeitskreisen partizipieren Sie am aktuellen fachlichen Wissensstand für jedes Teilgebiet der Zahnmedizin und nutzen diesen in der Praxis.

Da wir für Sie die Verbindung zwischen Wissenschaft und Praxis herstellen, sind Sie in der Lage auf aktuellstem wissenschaftlichen Niveau zu befunden, zu diagnostizieren und zu behandeln. Dies geschieht durch intensives Engagement in der Fortbildung und durch Informationsquellen, die ad hoc fachliche Fragen aus der Praxis beantworten helfen. Die DGZMK unterstützt Ihre Arbeit in den Praxen durch die Bereitstellung von aktuellen Behandlungsempfehlungen und wissenschaftlichen Leitlinien (in Kooperation mit BZÄK und KZBV), in denen Handlungskorridore auf Basis evidenzbasierter Wissens aufgezeigt werden. Mittels der hieraus abgeleiteten Patienteninformationen unterstützen wir Sie in Ihrer Kommunikation und Aufklärung gegenüber dem Patienten und stellen den Patienten von Experten formulierte Hilfen zur Verfügung.

In der Akademie Praxis und Wissenschaft (APW), der größten unabhängigen Fortbildungseinrichtung der Zahnmedizin, können Sie Ihr fachliches Wissen immer wieder (seit 40 Jahren) aktualisieren (s.a. das Interview mit dem APW-Vorsitzenden Dr. Norbert Grosse, S. 166–167). Die Fortbildungspunkte, die Sie für Ihre dort absolvierten Kurse und Curricula erhalten, werden von DGZMK und BZÄK gemeinsam definiert.

Zu Ihrer Unterstützung bei der Diagnostik und Behandlung von Läsionen der Mundschleimhaut sowie zur Befundung von Röntgenaufnahmen bieten wir Ihnen seit vielen Jahren ein Forum mit Expertenrat. Ihre Unterlagen werden dabei in anonymisierter Form an Mundschleimhaut- und Röntgenspezialisten weitergeleitet und Sie erhalten Arbeitsdiagnosen und Verhaltensempfehlungen.

Mit unseren wissenschaftlichen Preisen und dem Wissenschaftsfonds unterstützen wir die Forschung durch Fördermittel aus Ihren Beiträgen, um das Wissen über ZMK- sowie korrespondierende systemische Erkrankungen ebenso wie Therapie-

strategien und -konzepte stetig zu erweitern. Auch hiervon profitieren Ihre Patienten.

Im Rahmen unserer aktuellen Nachwuchsinitiative (s.a. den Beitrag „Nachwuchs im Blick“, S. 165–166) fördern wir auch Doktorarbeiten von Studierenden mit zukunftsorientierten Themen und bemühen uns, die jungen Leute schon im Studium von der DGZMK zu überzeugen, damit sie bereits in der Ausbildung von unseren qualitätsfördernden Angeboten profitieren können.

Das neue, große Wissensportal „owidi“, das für Mitglieder und die gesamte zahnmedizinische Community in diesem Jahr online gehen wird, bietet den raschen und unkomplizierten Zugang zu all den Informationen, die Sie in der täglichen Arbeit am Patienten brauchen und wird Ihnen helfen, Ihre Qualität in Diagnostik und Therapie zu halten bzw. sie jederzeit an neue Forschungsergebnisse anzupassen.

Liebe Kolleginnen und Kollegen, das Schwerpunktheft, mit dessen Lektüre Sie gerade begonnen haben, gehört zu den besonderen qualitätsfördernden Maßnahmen der DGZMK, die wir für Sie exklusiv vorhalten: die Thematik „Schmelz- und Pulparegeneration“ ist äußerst komplex, und wir bieten Ihnen als Erste in diesem Jahr hierzu den Wissensstand 2014 an.

Und bevor ich es vergesse, save the date **DZÄT 2014** im November in Frankfurt. Mit der **individualisierten, personalisierten Zahnmedizin** sind Sie ganz vorne dabei und bekommen für den mündigen Patienten bedarfs- und bedürfnisgerechte **interdisziplinäre Präventionskonzepte**.

Ich bin davon überzeugt, dass Ihnen dieser Blumenstrauß an qualitätsfördernden Aktivitäten, die Sie neben der Praxis und Klinik absolvieren, ausreichend Antworten bereitstellt für die Gespräche mit Ihren mündigen Patientinnen und Patienten.

Mit den besten Wünschen für eine ergebnisorientierte Kommunikation zu Differentialdiagnostik und -therapie verbleibe ich

Ihre

Prof. Dr. Bärbel Kahl-Nieke  
Präsidentin der DGZMK

**Septanest mit Adrenalin 1/100.000 und Septanest mit Adrenalin 1/200.000. Verschreibungspflichtig.**

**Zusammensetzung:**

Arzneilich wirksame Bestandteile: Septanest 1/100.000: 1 ml Injektionslösung enthält 40.000 mg Articainhydrochlorid, 0,018 mg Epinephrinhydrogentartrat (entsprechend 0,010 mg Epinephrin). Septanest 1/200.000: 1 ml Injektionslösung enthält 40.000 mg Articainhydrochlorid, 0,009 mg Epinephrinhydrogentartrat (entsprechend 0,005 mg Epinephrin). Sonstige Bestandteile: Natriummetabisulfit (Ph.Eur.) 0,500 mg (entsprechend 0,335 mg SO<sub>2</sub>), Natriumchlorid, Natriumedetat (Ph.Eur.), Natriumhydroxid, Wasser für Injektionszwecke.

**Anwendungsgebiete:** Infiltrations- und Leitungsanästhesie bei Eingriffen in der Zahnheilkunde, wie: Einzel- und Mehrfachextraktionen, Trepanationen, Apikalresektionen, Zahnfachresektionen, Pulpektomien, Abtragung von Zysten, Eingriffe am Zahnfleisch.

**Hinweis:** Dieses Produkt enthält keine Konservierungsstoffe vom Typ PHB-Ester und kann daher Patienten verabreicht werden, von denen bekannt ist, dass sie eine Allergie gegen PHB-Ester oder chemisch ähnliche Substanzen besitzen.

**Gegenanzeigen:** Septanest mit Adrenalin darf aufgrund des lokalnästhetischen Wirkstoffes Articain nicht angewendet werden bei: bekannter Allergie oder Überempfindlichkeit gegen Articain und andere Lokalanästhetika vom Säureamid-Typ, schweren Störungen des Reizbildungs- oder Reizleitungssystems am Herzen (z. B. AV-Block II. und III. Grades, ausgeprägte Bradykardie), akuter dekompensierter Herzinsuffizienz (akutes Versagen der Herzleitung), schwerer Hypotonie, gleichzeitiger Behandlung mit MAO-Hemmern oder Betablockern, Kindern unter 4 Jahren, zur intravasalen Injektion (Einspritzen in ein Blutgefäß). Aufgrund des Epinephrin (Adrenalin)-Gehaltes darf Septanest mit Adrenalin auch nicht angewendet werden bei Patienten mit: schwerem oder schlecht eingestelltem Diabetes, paroxysmaler Tachykardie oder hochfrequenter absoluter Arrhythmie, schwerer Hypertonie, Kammerwinkelglaukom, Hyperthyreose, Phäochromozytom, sowie bei Anästhesien im Endbereich des Kapillarkreislaufes.

**Warnhinweis:** Das Arzneimittel darf nicht bei Personen mit einer Allergie oder Überempfindlichkeit gegen Sulfit sowie Personen mit schwerem Asthma bronchiale angewendet werden. Bei diesen Personen kann Septanest mit Adrenalin akute allergische Reaktionen mit anaphylaktischen Symptomen wie Bronchialspasmus auslösen. Das Arzneimittel darf nur mit besonderer Vorsicht angewendet werden bei: Nieren- und Leberinsuffizienz (im Hinblick auf den Metabolisierungs- und Ausscheidungsmechanismus), Angina pectoris, Arteriosklerose, Störungen der Blutgerinnung. Das Produkt soll in der Schwangerschaft und Stillzeit nur nach strenger Nutzen-Risiko-Abwägung eingesetzt werden, da keine ausreichenden Erfahrungen mit der Anwendung bei Schwangeren vorliegen und nicht bekannt ist, ob die Wirkstoffe in die Muttermilch übergehen.

**Nebenwirkungen:** Toxische Reaktionen (durch anomal hohe Konzentration des Lokalanästhetikums im Blut) können entweder sofort durch unbeabsichtigte intravasculäre Injektion oder verzögert durch echte Überdosierung nach Injektion einer zu hohen Menge der Lösung des Anästhetikums auftreten. Unerwünschte verstärkte Wirkungen und toxische Reaktionen können auch durch Injektion in besonders stark durchblutetes Gewebe eintreten. Zu beobachten sind: Zentralnervöse Symptome: Nervosität, Unruhe, Gähnen, Zittern, Angstzustände, Augenzittern, Sprachstörungen, Kopfschmerzen, Übelkeit, Ohrensausen, Schwindel, tonisch-klonische Krämpfe, Bewusstlosigkeit, Koma. Sobald diese Anzeichen auftreten, müssen rasch korrektive Maßnahmen erfolgen, um eine eventuelle Verschlimmerung zu vermeiden. Respiratorische Symptome: erst hohe, dann niedrige Atemfrequenz, die zu einem Atemstillstand führen kann. Kardiovaskuläre Symptome: Senkung der Kontraktionskraft des Herzmuskels, Senkung der Herzleistung und Abfall des Blutdrucks, ventrikuläre Rhythmusstörungen, pektanginöse Beschwerden, Möglichkeit der Ausbildung eines Schocks, Blässe (Cyanose), Kammerflimmern, Herzstillstand. Selten kommt es zu allergischen Reaktionen gegenüber Articain, Parästhesie, Dysästhesie, Hypästhesie und Störung des Geschmackempfindens. Besondere Hinweise: Aufgrund des Gehaltes an Sulfit kann es im Einzelfall insbesondere bei Bronchialastmatikern zu Überempfindlichkeitsreaktionen kommen, die sich als Erbrechen, Durchfall, keuchende Atmung, akuter Asthmaanfall, Bewusstseinsstörung oder Schock äußern können. Bei operativer, zahnärztlicher oder großflächiger Anwendung dieses Arzneimittels muss vom Zahnarzt entschieden werden, ob der Patient aktiv am Straßenverkehr teilnehmen oder Maschinen bedienen darf.

**Handelsformen:** Packung mit 50 Zylinderampullen zu 1,7 ml bzw. 1,0 ml Injektionslösung (Septanest 1/100.000 oder 1/200.000) im Blister.

**Pharmazeutischer Unternehmer:** Septodont GmbH, 53859 Niederkassel. Stand: 06/2008. Gekürzte Angaben – Vollständige Informationen siehe Fach- bzw. Gebrauchsinformation.

# WUSSTEN SIE SCHON?

## DIE MARKE SEPTANEST<sup>(1)</sup> GENIESST WELTWEIT DAS MEISTE VERTRAUEN<sup>(2)</sup> ...

- Septodont ist mit einer Produktion von 500 Millionen Zylinderampullen jährlich – mit einem maßgeblichen Anteil Septanest – Weltmarktführer in der Schmerzkontrolle.
- Jede Sekunde werden weltweit 4 Injektionen mit Septanest verabreicht.
- Septanest ist weltweit in 70 Ländern durch die jeweiligen Gesundheitsbehörden zugelassen.<sup>(2)</sup>

## ... DANK UNSERES EINSATZES FÜR HÖCHSTE QUALITÄT

- Diese weltweite Zulassung von Septanest steht für die konsequente Einhaltung höchster Qualitätsstandards, z. B. des BfArMs, der FDA.
- Zusätzlich zu den übrigen 27 dokumentierten Qualitätskontrollen wird jede einzelne Zylinderampulle vor der Freigabe nochmals visuell überprüft.
- Die Septanest Herstellung schließt eine terminale Sterilisation der Zylinderampulle ein. Dieser Sterilisationsprozess erfüllt die höchsten Sterilitätsanforderungen und entspricht dem Goldstandard der Gesundheitsbehörden.
- Septanest ist 100 % latexfrei und kommt während des gesamten Herstellungsprozesses nie mit Latex in Berührung.

**NUTZEN SIE SEPTANEST ZUM VORTEILSPREIS!**

Wenden Sie sich an Ihren Dentalhandelspartner oder direkt an uns:  
02 28/9 71 26-0  
info@septodont.de



<sup>(1)</sup> von allen injizierbaren dentalen Lokalanästhetika

<sup>(2)</sup> Septanest ist in einigen Ländern auch unter dem Namen Septocaine®, Medicaïne® oder Deltazine® erhältlich

<b>GASTEDITORIALS / GUESTEDITORIALS</b> .....	<b>121, 122</b>
---	-----------------

## ■ PRAXIS / PRACTICE

<b>BUCHNEUERSCHEINUNGEN / NEW PUBLICATIONS</b> .....	<b>126</b>
<b>BUCHBESPRECHUNGEN / BOOK REVIEWS</b> .....	<b>126, 128</b>
<b>MARKT / MARKET</b> .....	<b>130</b>

## ■ WISSENSCHAFT / RESEARCH

### ÜBERSICHTEN / REVIEWS

M. Hannig, C. Hannig Möglichkeiten und Grenzen der Schmelzregeneration – eine aktuelle Übersicht <i>Possibilities and limitations of enamel regeneration – an up-to-date overview</i> .....	<b>131</b>
E. Schneider, S. Jepsen, H. Dommisch Revaskularisation avitaler Zähne <i>Pulp revitalization of non-vital teeth</i> .....	<b>144</b>
K. M. Galler Perspektiven in der Pulparegeneration <i>Perspectives in pulp regeneration</i> .....	<b>152</b>

## ■ GESELLSCHAFT / SOCIETY

### ONLINE-FORTBILDUNG / ONLINE CONTINUING EDUCATION

Fragebogen: DZZ 3/2014.....	<b>158</b>
-----------------------------	------------

### FORTBILDUNGSKURSE DER APW / CONTINUING DENTAL EDUCATION COURSES OF THE APW

.....	<b>158</b>
-------	------------

### MITTEILUNGEN DER GESELLSCHAFT / NEWS OF THE SOCIETIES

Die Geschichte und Entwicklung der Zahnmedizin ist ein untrennbarer Teil der Medizingeschichte.....	<b>162</b>
Nachwuchs im Blick: Nicht nur der Studententag ist eine DGZMK-Erfindung .....	<b>165</b>
Vorreiter in der dentalen Fortbildung: Akademie Praxis und Wissenschaft feiert 40 Jahre erfolgreicher Arbeit...	<b>166</b>
10. INTERNA der DGÄZ.....	<b>168</b>
Zahnärztliche Behandlung von Schnarchen und Schlafapnoe.....	<b>170</b>

**TAGUNGSKALENDER / MEETINGS..... 171**

**TAGUNGSBERICHT / CONFERENCE REPORT**  
 L. Tischendorf  
 „Gemeinsam in die Zukunft“  
 Impressionen vom 27. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Implantologie e.V. (DGI)  
 vom 28. bis zum 30. November 2013 in Frankfurt am Main..... **173**

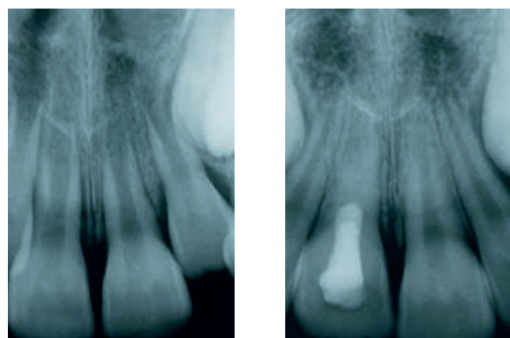
**BEIRAT / ADVISORY BOARD.....176**

**IMPRESSUM / IMPRINT.....176**

**Titelbildhinweis:**

Das Thema: „Revaskularisation avitaler Zähne“ stellen Dr. E. Schneider, Prof. Dr. Dr. S. Jepsen und PD Dr. H. Dommisch in ihrer Übersichtsarbeit ab Seite 144ff dar. Links: Röntgenologische Kontrolle nach Replantation und vor der Wurzelkanaltherapie des Zahnes 11. Rechts: Kontrolle 2 Jahre nach Revaskularisation (nahezu vollständige röntgenologische Obliteration des Wurzelkanallumens; periapikal ohne pathologischem Befund).

(Fotos: E. Schneider, H. Dommisch)



Bitte beachten Sie: Die ausführlichen Autorenrichtlinien finden Sie unter [www.online-dzz.de](http://www.online-dzz.de) zum Herunterladen.

## Buchneuerscheinungen

C. Zucchelli

### Ästhetische Parodontalchirurgie

Quintessenz, Berlin 2013, 832 Seiten, ISBN 978-3-86867-190-2, 276,00 Euro

Die ästhetische Parodontalchirurgie widmet sich der Korrektur unästhetischer Veränderungen der Mundschleimhaut. Hierzu zählen Gingivarezessionen, häufig assoziiert mit nichtkariösen zervikalen Läsionen und/oder Wurzelkaries sowie andererseits Probleme beim passiven Zahndurchbruch. Auch die Augmentation der Gingivadicke und -höhe um Implantate und Zahnersatz sowie die Weichgewebsaugmentation am zahnlosen Kiefer fallen in das Gebiet der ästhetischen Parodontalchirurgie.

Dieser erste Band behandelt die parodontalchirurgischen Techniken, die mit ästhetischer Zielsetzung an natürlichen Zähnen und Implantaten zum Einsatz kommen. Die Techniken für den zahnlosen Kiefer werden in einem zweiten Band vorgestellt. Als Ergänzung zum Buch sind alle chirurgischen Techniken

auf anschaulichen Lehrtafeln mit hochwertigen Zeichnungen und Falldokumentationen ganzseitig illustriert und in einem Ordner kompakt zusammengestellt. So sind die wesentlichen Schritte für den schnellen Überblick am Arbeitsplatz immer griffbereit.

R. Krauss

### Behandlungskomplexe in der zahnmedizinischen Abrechnung

Spitta Verlag, Balingen 2014, Loseblattwerk, 370 Seiten, ISBN 978-3-943996-29-6, 149,00 Euro

Wie wäre es, wenn Sie alle BEMA- und GOZ-Positionen komplett im Griff hätten? Sie jedem Therapieablauf richtig zuordnen würden? In jeder Situation? Sodass nie wieder eine Position auf Ihren Rechnungen fehlt? Das alles bietet Ihnen das Nachschlagewerk „Behandlungskomplexe in der zahnmedizinischen Abrechnung“ von Spitta. Zuverlässiger und schneller haben Sie noch nie Rechnungen geschrieben.

Dieses Nachschlagewerk stellt Ihnen alle Leistungsnummern für den

zahnärztlichen Therapieablauf in einer Sofortübersicht zur Verfügung – in der aufschlussreichen Gegenüberstellung der Privat- und Kassenabrechnung! Das Nachschlagewerk deckt alle Bereiche der Zahnmedizin ab – von A wie Aufbissbehelfe bis Z wie Zahnersatz. Zusätzlich: Richtlinien, Paragraphen und private Behandlungsvereinbarungen sorgen für einen rundum abgesicherten und reibungslosen Abrechnungsablauf.

Ihre bestehenden Behandlungskomplexe – egal ob BEMA, GOZ oder BEMA-GOÄ sowie Privat GOÄ – können Sie mit diesem Abrechnungskomplex vervollständigen oder neue Komplexe jederzeit korrekt und schnell anlegen.

Das Nachschlagewerk „Behandlungskomplexe in der zahnmedizinischen Abrechnung“ ist klar gegliedert und leicht nachvollziehbar – und daher auch für Ungeübte und Neueinsteiger in die zahnmedizinische Abrechnung ideal. Noch nie war es leichter, die vielen verschiedenen Behandlungen richtig abzurechnen.

## Zahnbleaching: Wege zum Erfolg

E. Cogo, P. Sibilla, R. Turrini, Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin 2013, 1. Aufl., Gebundene Ausgabe, ISBN: 978-3-86867-109-4, 264 Seiten, 570 Abbildungen, 98,00 Euro

Der Wunsch nach einem jugendlichen Erscheinungsbild ist in einer alternden Gesellschaft weit verbreitet. Schöne Zähne und ein ästhetisches Lächeln gehören dazu. Bleichen dient jedoch nicht nur einem kosmetischen Ziel, sondern ist in komplizierten Konstellationen wie bei der Versorgung verfärbter vitaler und devitaler Zähne wirksam und indiziert. Das Aufhellen von Zähnen mittels Bleichen (engl. Blea-

ching) ist alltägliche Praxis in der ästhetischen Zahnheilkunde.

Es hat sich daher eine mannigfaltige Produktpalette von Bleichpräparaten mit verschiedenen Konzentrationen und Applikationsformen auf dem Markt etabliert. Gemäß des Scientific Committee on Consumer Products sind Bleichprodukte mit einem H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Gehalt zwischen 0,1 und 6,0 % sicher, gehören jedoch ausschließlich in zahnärztliche

Obliegenheit. Diese Auffassung ist auch Grundlage der europäischen Kosmetikrichtlinie 2011/841EU, die in Deutschland in nationales Recht umgesetzt wurde. Die „Feststellung und Behandlung von Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten“ (§1 Abs. 3 ZHG), also Diagnose und Therapie, sind grundsätzlich dem Zahnarzt übertragen und diesem vorbehalten. Dazu gehört die Zahnaufhellung. Unter diesen Gesichtspunkten ist das





**Dental Online College**  
The Experience of Experts

**Jetzt  
gestartet!**

Die neue E-Learning-Reihe:

# Kieferorthopädie für Zahnärzte



**So geht Wissen heute!**

Jetzt das E-Learning Portal für die  
Zahnmedizin entdecken

**[www.dental-online-college.com](http://www.dental-online-college.com)**


hier besprochene Lehrbuch aktueller denn je!

Die italienischen Autoren *Enrico Cogo*, (Universität Ferrara), *Pietro Sibilla* (Universität Ferrara) und *Rovigo Roberto Turrini* (niedergelassener Zahnarzt, Pesaro) beschreiben ausführlich Indikationen und Techniken zur kompetenten Bewältigung der Herausforderungen rund um das Thema Bleichen. Sie präsentieren eine umfassende Übersicht, erörtern wissenschaftliche Hintergründe und geben wichtige klinische Hinweise, sodass die Zahnaufhellung berufsethisch korrekt durchgeführt werden kann. Die Autoren werten die angeführten Methoden kritisch unter wissenschaftlichen, praktischen und ästhetischen Gesichtspunkten. Die zitierte Literatur ist jeweils am Ende jedes Kapitels angegeben, sodass die Quellen für den Leser einfach zuzuordnen sind.



Aus allen Gebieten der Zahnmedizin wurden relevante Indikationen ausgewählt, um die Anwendungen und die

Nutzen des Bleichens darzulegen. Illustriert mit 570 Abbildungen und versehen mit mannigfaltigen Fallbeispielen werden alle Facetten beleuchtet, die dem Leser die Möglichkeiten des Bleichens näherbringen, und Anregungen geben, diese Techniken – als Teil eines optimierten Gesamtkonzepts zur Verbesserung eines ästhetischen Erscheinungsbildes der Zähne – in die eigene Behandlungsroutine zu integrieren. Die Empfehlung des Buches „Zahnbleaching: Wege zum Erfolg“ gilt jedem Zahnarzt, der seine Fähigkeiten im Hinblick auf moderne Behandlungsmethoden in der ästhetischen Zahnheilkunde erweitern möchte.

Kurzum, ästhetische Zahnheilkunde schafft zufriedene Patienten! Ein gutes Werk für alle Zahnärzte, die sich für Bleaching interessieren. 

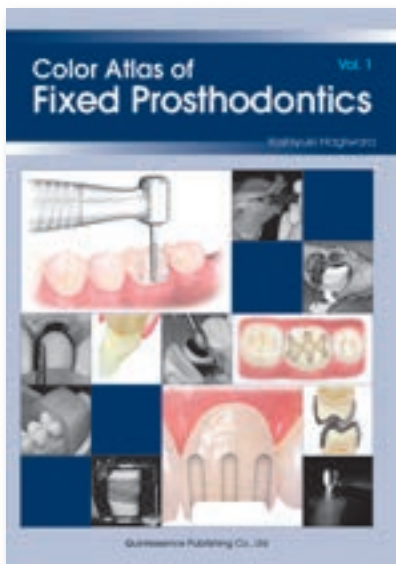
S. Stolzmann, Kiel

## Color Atlas of Fixed Prosthodontics


Y. Hagiwara, Quintessence Publishing Co., Tokio 2013, 1. Auflage, ISBN 978-4-7812-0320-1, 195 Seiten, 539 farbige Abbildungen, 120,00 Euro

Das Buch „Color Atlas of Fixed Prosthodontics“ von *Yoshiyuki Hagiwara* ist ein praxisorientiertes Lehr- und Arbeitsbuch, das in 16 Kapiteln systematisch in die Grundlagen der festsitzenden Prothetik einführt. Der Autor zeigt konsequent und sehr anschaulich die für jeden Arbeitsschritt erforderlichen Materialien und Instrumente. Er stellt die einzelnen Arbeitsschritte einprägsam vor und geht bei jedem Schritt auch auf typische Fehler und ihre Vermeidung ein. Prägnant formulierte Lernziele am Beginn jedes Kapitels, tabellarische Übersichten über die Zielsetzungen bestimmter Behandlungsmaßnahmen und chronologische Arbeitsabläufe sind ebenso integrierter Bestandteil des Farbatlasses, wie ein kurzes „Summary“ am Ende jedes Abschnitts.

*Hagiwara* beginnt den Atlas mit der Situationsabformung und der Modellherstellung, erläutert nach welchen Kri-



terien man einen geeigneten Artikulator aussuchen kann und wie man welchen Gesichtsbogen anlegt. Bissnahme, Modellanalyse und Behandlungspla-

nung sind weitere zentrale Kapitel des Farbatlasses. In den letzten 7 der 16 Kapitel des Buches zeigt der Autor die Vorgehensweisen bei der Zahnpräparation – von der Präparation eines Molaren zur Aufnahme einer Vollgusskrone bis zur Präparation eines Frontzahnes für ein Keramik-Veneer. Dabei setzt er ein gut strukturiertes didaktisches Konzept um und verbindet Elemente des Lehrbuches mit denen des Bildatlasses. Dieser Aufbau in Verbindung mit 539 farbigen Abbildungen in der üblich hervorragenden Quintessence-Qualität machen es für jeden an der Zahnmedizin Interessierten, gleichgültig ob Zahnarzt, Studierenden oder Dozenten, zu einer Freude, das Buch zur Hand zu nehmen. Der Farbatlas, bei dem es sich offensichtlich um den ersten Band (Vol. 1) einer Buchserie handelt, ist seinen Preis von 120,00 Euro wert und weckt schon jetzt große Neugier auf die weiteren Bände der Serie. 

H. Tschernitschek, Hannover



Team im Fokus

**Jetzt anmelden!**  
Limitierte Teilnehmerzahl.



## Fortbildungsangebot mit Workshop

# Ihr Weg zur interdisziplinären Mundgesundheitspraxis



### Unsere Themen:

- Interdisziplinäre Diagnostik in der Zahnarztpraxis
- Technologien zur Früherkennung von Parodontitis
- Innovative Präventions- und Therapiemethoden
- Gesundheitsökonomische Aspekte der interdisziplinär arbeitenden Zahnarztpraxis
- Case-Management und Patienten-Compliance

### Unsere Referenten:

- Sylvia Fresmann
- Dr. Dirk Ziebolz
- Jan-Philipp Schmidt
- Dr. Björn Eggert

Die Teilnahmegebühr beträgt für Praxismitarbeiter/-innen € 79,- und für Zahnärzte € 99,-.

**Mehr Informationen erhalten Sie auf**  
**[www.team-im-fokus.de](http://www.team-im-fokus.de)**  
**oder telefonisch unter 06221 4321427\***

\*deutsche Festnetzgebühren, Mobilfunkgebühren können abweichen.

Unterstützt von:



**PHILIPS**



For better dentistry



Veranstaltet von:



medentis medical

## ICX-Curriculum 2014 auf Mallorca

Die medentis medical veranstaltet 2014 eine ICX-Curriculum Kursreihe im ICX-Fortbildungszentrum auf Mallorca in Port Andratx. Das zweitägige Curriculum mit seinen vier Kursreihen hat das Ziel, den Teilnehmern einen Überblick über die Vernetzung des ICX-templant-Systems und seinen Erweiterungen



ICX-denta5 (digitale CAD/CAM-Prothetik) und ICX-MAGELLAN (digitales Planungskonzept für die Implantologie) und deren zukunftsweisenden Möglichkeiten zu vermitteln. Die Kosten betragen 249,00 Euro pro Teilnehmer inklusive einer Begleitperson für Freitag- und Samstagabend. Teilnehmer erhalten sechs Fortbildungspunkte je Kursteilnahme. Das Curriculum umfasst Kursreihen zu den Themen chirurgische und prothetische Anwendung des ICX-templant Implantatsystems, Möglichkeiten der digitalen Implantologie, individuelle digitale CAD/CAM-Prothetik und Jura für Praxisinhaber. Weitere Informationen zu den Kursen und die genauen Veranstaltungstermine finden sich unter [www.medentis.de](http://www.medentis.de)

ICX-MAGELLAN (digitales Planungskonzept für die Implantologie) und deren zukunftsweisenden Möglichkeiten zu vermitteln. Die Kosten betragen 249,00 Euro pro Teilnehmer inklusive einer Begleitperson für Freitag- und Samstagabend. Teilnehmer erhalten sechs Fortbildungspunkte je Kursteilnahme. Das Curriculum umfasst Kursreihen zu den Themen chirurgische und prothetische Anwendung des ICX-templant Implantatsystems, Möglichkeiten der digitalen Implantologie, individuelle digitale CAD/CAM-Prothetik und Jura für Praxisinhaber. Weitere Informationen zu den Kursen und die genauen Veranstaltungstermine finden sich unter [www.medentis.de](http://www.medentis.de)

medentis medical GmbH

Gartenstraße 12, 53507 Dernau  
Tel.: 02643 902000-0, Fax: -20  
[info@medentis.de](mailto:info@medentis.de), [www.medentis.de](http://www.medentis.de)

Komet

## Neue Broschüre zu Hubfeilen

„Das innovative Hubfeilen-Sortiment steht für eine besonders schonende und gleichzeitig effektive Bearbeitung von Hart- und Weichgewebe“, so die einleitenden Worte des



Ideengebers Dr. Stefan Neumeyer, Eschlkam, in der neuen Hubfeilenbroschüre von Komet. Auf 16 Seiten erfahren Zahnarzt, Parodontologe und Implantologe, wie bestimmte Indikationen durch die Hubtechnik unterstützt werden können. So eignen sich diamantierte Hubfeilen für die PA-Behandlung, Hubfeilen-Sägen für eine Knochenbearbeitung und Hubfeilen-Skalpelle für präzise Schnitte im Weichgewebe. Bebilderte Fallbeispiele zur Rezessionsdeckung und zum Bone Splitting veranschaulichen Ergonomie, Präzision und Effizienz der Instrumente. Wer mehr über die direkte oszillierende Arbeitsweise erfahren will, kann die Broschüre (Nr. 412448) bei Komet anfordern.

Ideengebers Dr. Stefan Neumeyer, Eschlkam, in der neuen Hubfeilenbroschüre von Komet. Auf 16 Seiten erfahren Zahnarzt, Parodontologe und Implantologe, wie bestimmte Indikationen durch die Hubtechnik unterstützt werden können. So eignen sich diamantierte Hubfeilen für die PA-Behandlung, Hubfeilen-Sägen für eine Knochenbearbeitung und Hubfeilen-Skalpelle für präzise Schnitte im Weichgewebe. Bebilderte Fallbeispiele zur Rezessionsdeckung und zum Bone Splitting veranschaulichen Ergonomie, Präzision und Effizienz der Instrumente. Wer mehr über die direkte oszillierende Arbeitsweise erfahren will, kann die Broschüre (Nr. 412448) bei Komet anfordern.

Komet Dental

Gebr. Brasseler GmbH & Co KG  
Trophagener Weg 25, 32657 Lemgo  
Tel.: 05261 701700, Fax: 05261 701289  
[info@kometdental.de](mailto:info@kometdental.de), [www.kometdental.de](http://www.kometdental.de)

Interstanté

## GPZ empfiehlt Mundduschen

Die Gesellschaft für präventive Zahnheilkunde (GPZ) in Stuttgart unter Leitung von Prof. Dr. Johannes Einwag hat die Mundduschen von Waterpik anhand von wissenschaftlichen, evidenzbasierten Studien und Veröffentlichungen ausführlich geprüft und mit einer positiven Bewertung ausgezeichnet. So trägt die Interstanté GmbH als deutscher Exklusiv-Vertriebspartner ab sofort das GPZ-Qualitätssiegel „Empfohlen von Experten“ zum Nachweis der Wirksamkeit der Mundduschen von Waterpik. Damit wurde erneut bestätigt, dass die Mundduschen in Ergänzung zum Zähneputzen ein wichtiger Bestandteil der täglichen Mundhygiene sind. Sie sind statistisch signifikant doppelt so wirksam wie Zahnseide und entfernen 99,9 Prozent des Plaque-Biofilms. Die Interstanté GmbH wird das Qualitätssiegel künftig in ihrer Kommunikationsstrategie einsetzen und damit Handel und Verbrauchern ein klares Signal senden.



Interstanté GmbH

Berliner Ring 163 B, 64625 Bensheim  
Tel.: 06251 932811, Fax: 06251 932893  
[info@intersante.de](mailto:info@intersante.de), [www.intersante.de](http://www.intersante.de)

Septodont

## Schmerzkontrolle mit Septanest

Mit einer Produktion von 500 Millionen Zylinderampullen jährlich ist Septodont führender Anbieter in der dentalen Lokalanästhesie. Allein mit Septanest (Articain) werden jede Sekunde vier Injektionen weltweit verabreicht. Das Anästhetikum ist in 70 Ländern durch die jeweiligen Gesundheitsbehörden zugelassen, insbesondere auch durch die als besonders kritisch geltende amerikanische Zulassungsbehörde FDA. Die Herstellung der Substanz schließt eine terminale Sterilisation der Zylinderampulle ein, die dem Goldstandard der Gesundheitsbehörden entspricht. Zusätzlich zu 27 dokumentierten Qualitätskontrollen wird jede Ampulle vor der Freigabe nochmals visuell überprüft. Das Anästhetikum ist zudem 100 Prozent latexfrei. Zahnärzte und Patienten profitieren somit von hochwertigen und zuverlässigen Produkten. Zusätzlich zu Septanest bietet Septodont in Deutschland Xylonor 2% Special mit dem Wirkstoff Lidocain und Scandonest 3% ohne Vasokonstriktor mit dem Wirkstoff Mepivacain an.



Septodont GmbH

Felix-Wankel-Str. 9, 53859 Niederkassel  
Tel.: 0228 97126-0, Fax: 0228 97126-66  
[info@septodont.de](mailto:info@septodont.de), [www.septodont.de](http://www.septodont.de)

Alle Beschreibungen sind den Angaben der Hersteller entnommen.

M. Hannig<sup>1</sup>, C. Hannig<sup>2</sup>

# Möglichkeiten und Grenzen der Schmelzregeneration – eine aktuelle Übersicht

## *Possibilities and limitations of enamel regeneration – an up-to-date overview*



M. Hannig



C. Hannig

**Einführung:** In diesem Übersichtsbeitrag wird das Potenzial azellulärer Verfahren zur biomimetischen Synthese von schmelzartigen Strukturen einer aktuellen Bestandsaufnahme und kritischen Wertung unterzogen.

**Ergebnisse:** In den letzten Jahren sind verschiedene biomimetische Strategien zur Kristallisation und Aggregation von Apatiten beschrieben worden mit der Zielsetzung, die nano- und mikro-skalierte, hierarchisch organisierte Topographie des natürlichen Schmelzes nachzubilden. Neben der dreidimensional orientierten Selbstaggregation von Apatitkristalliten wird vor allem die Strukturbildung von Apatitnanopartikeln über präformierte oder selbst organisierte organische Gerüste (Scaffolds, Templates) angestrebt. Besondere Relevanz haben biomimetische Strategien, mit denen sich unter physiologischen Bedingungen aus Mineralisationslösungen unter Zusatz des Schmelzmatrixproteins Amelogenin oder unter Verwendung alternativer Additive (Dendrimere, synthetische Peptide, Gelatine, EDTA) geordnete Apatitschichten auf der geätzten Schmelzoberfläche generieren lassen. Daneben besitzen Pasten aus präformierten Apatitnanopartikeln und Phosphorsäure ein vielversprechendes Potenzial zur azellulären Schmelzregeneration. Mit den meisten dieser Syntheseverfahren können innerhalb von mehreren Tagen Apatitschichten gebildet werden, deren Dicke mehrere Mikrometer beträgt und die im Hinblick auf ihr ultrastrukturelles Erscheinungsbild (d.h. das Kristallitgefüge) sowie ihre chemische Zusammensetzung dem natürlichen Zahnschmelz durchaus ähneln. Die reproduzierbare Nachbildung der Schmelzarchitektur auf der mikrostrukturellen Ebene (d.h. die dreidimensional organisierte Konfiguration der Kristallite in Form von Prismenstäben) stellt allerdings nach wie vor eine nur ansatzweise beherrschte Herausforderung im Rahmen der bioinspirierten Synthese schmelzartiger Strukturen dar. Das Gros der biomimetischen Strategien zur azellulären Synthese schmelz-

**Introduction:** The present review paper aims to analyze and to discuss critically the suitability of acellular methods for biomimetic synthesis of enamel like structures.

**Results:** In the last years, different biomimetic strategies for crystallization and aggregation of apatites have been described aiming to resemble the nano- and microscaled hierarchically organized structure of dental enamel. Besides the oriented three-dimensional self-aggregation of apatite crystallites, main focus of research is laid on structured organization of apatite nanoparticles based on self-assembled or preformed templates and scaffolds. On the one hand, hierarchically structured apatite layers can be generated on the etched enamel surface under ambient conditions, using mineralizing solutions in combination with the enamel matrix protein amelogenin or other additives, like dendrimers, synthetic peptides, gelatin or EDTA. On the other hand, pastes containing preformed apatite nanoparticles and phosphoric acid reveal a promising approach for acellular enamel regeneration. With most of these approaches, apatite layers are formed within several days; the coating thickness amounts to several  $\mu\text{m}$ , the ultrastructure and the chemical composition are quite similar to dental enamel. However, mimicking the three-dimensional enamel microstructure by crystallites arranged in prism-like configuration is still a nearly unmanageable challenge regarding bioinspired synthesis of enamel. Until now, most biomimetic strategies for acellular synthesis of enamel-like structures have only been tested in vitro, potential clinical application has to be validated in situ or in vivo.

**Conclusion:** All in all based on the current knowledge it can be stated that there is no acellular nanotechnological method available, yet, for biomimetic regeneration of clinically visible enamel defects.

*Keywords: enamel; acellular; apatite; regeneration; nanotechnology; biomimetic synthesis; amelogenin*

<sup>1</sup> Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Präventive Zahnheilkunde, Universitätsklinikum des Saarlandes, Geb. 73, 66421 Homburg/Saar

<sup>2</sup> Poliklinik für Zahnerhaltung mit Bereich Kinderzahnheilkunde, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Technische Universität Dresden, Fetscherstraße 74, 01307 Dresden

Peer-reviewed article: eingereicht: 19.01.2014, Fassung akzeptiert: 23.01.2014

DOI 10.3238/dzz.2014.0131-0142

artiger Strukturen wurde bis dato lediglich in vitro erprobt und muss daher im Hinblick auf die Anwendbarkeit unter Mundhöhlenbedingungen erst noch durch In-situ- und In-vivo-Studien validiert werden.

**Schlussfolgerung:** Insgesamt betrachtet lässt sich basierend auf dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand feststellen, dass derzeit noch kein azelluläres, nanotechnologisches Verfahren zur Verfügung steht, mit dem sich eine biomimetische Schmelzregeneration in klinisch-makroskopisch sichtbaren Schmelzdefekten realisieren ließe. (Dtsch Zahnärztl Z 2014; 69: 131–142)

*Schlüsselwörter:* Schmelz; azellulär; Apatit; Regeneration; Nanotechnologie; biomimetische Synthese; Amelogenin

## Einleitung

Die moderne Zahnerhaltung hat zum Ziel, zum einen durch präventive Strategien, zum anderen durch minimalinvasive Füllungstechniken die Zähne ein Leben lang zu erhalten. Bei der Behandlung von Läsionen ohne Kavitation finden Fluoridpräparate ebenso wie Nanomaterialien Anwendung [24–26, 34]. Bei der Versorgung von Läsionen mit Kavitation sind jedoch nach wie vor alloplastische, artifizielle Materialien üblich, mit denen die Defekte verfüllt werden. Verfahren zur Regeneration der Zahnhartsubstanzen sind zum jetzigen Zeitpunkt in der klinischen zahnärztlichen Praxis noch nicht verfügbar. Dies betrifft kleinere kariöse Läsionen ebenso wie Abfrakturen, Abrasionen, Erosionen, aber auch Resorptionen. Wünschenswert wäre die Versorgung von makroskopisch sichtbaren Kavitäten im Zahnschmelz mit einem schmelzähnlichen Material. Dies betrifft sowohl die potenzielle Versorgung kleinerer Kavitäten mit plastischen Materialien als auch das Einlagieren von Inlays oder Teilkronen in die defekte Zahnkrone mithilfe von speziellen regenerativen Mineralisationssystemen.

Regenerative Strategien haben in der Medizin erheblich an Bedeutung gewonnen. Hierbei ist als Grundsatz definiert, dass in der regenerativen Therapie mit Zellen „geheilt“ wird. Übertragen auf den Zahn bedeutet dies, dass bei einer potenziellen Regeneration der Zahnhartsubstanz der Ersatz verlorenen Schmelzes durch Ameloblasten erfolgt. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass der Zahnschmelz aufgrund des apopto-

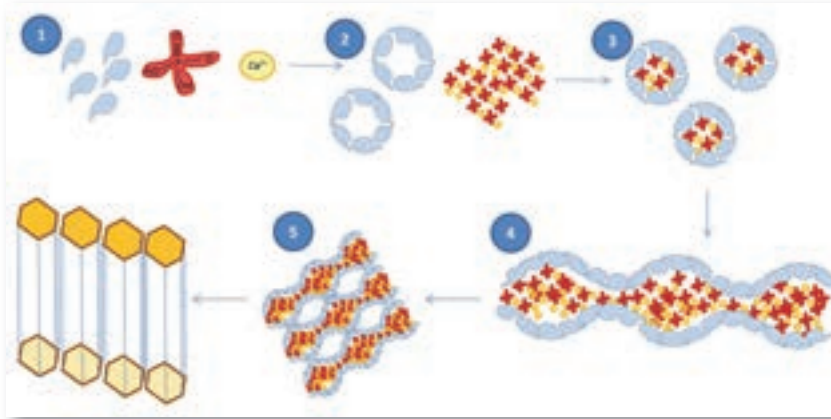
tischen Verlustes der Ameloblasten nach Abschluss der Schmelzbildung kein Potenzial zur zellulären Regeneration aufweist.

Derzeitige Strategien zur Schmelzregeneration basieren auf azellulären biomimetischen und bioinspirierten Verfahren [22, 24]. Ausgehend von neuen Erkenntnissen zu den generellen Gesetzmäßigkeiten von Biomineralisationsprozessen wird versucht, innovative Verfahren für die Bildung schmelzartiger Strukturen auf Zahnschmelz oder anderen Oberflächen zu erarbeiten [36, 37, 41, 45, 46]. Zum Verständnis dieser Ansätze in der Schmelzregeneration ist es erforderlich, die Mikro- und die Nanostruktur des Zahnschmelzes näher zu betrachten. Der Zahnschmelz ist eine hierarchisch aufgebaute Biokeramik mit einer komplexen Nano- und Mikrostruktur. Grundsubstanz des Zahnschmelzes ist Hydroxylapatit. Im Zahnschmelz liegt der Hydroxylapatit in Form von hexagonalen Kristalliten vor, deren Durchmesser 40–60 nm und deren Länge 100–1000 nm beträgt [24, 45, 52]. Diese Kristallite lagern sich zusammen, um die Schmelzprismen zu bilden, die auf mikrostruktureller Ebene die Histologie des Zahnschmelzes prägen. Die Schmelzprismen sind eng miteinander verwoben und bilden eine durchgängige, dreidimensional organisierte Struktur von der Schmelz-Dentin-Grenze bis zur Zahnoberfläche. Diese verleiht dem Zahnschmelz seine sehr hohe Festigkeit und Widerstandsfähigkeit. Neben den dominierenden anorganischen Bestandteilen (ca. 97 %) finden sich im Zahnschmelz auch Schmelz-Matrix-Proteine. Sie machen 20–30 Gewichts-%

der Schmelz-Matrix während der Phase der Schmelzbildung aus, nach Abschluss der Schmelzbildung verbleiben jedoch nur noch weniger als 1 Gewichts-% Proteine im Schmelz. Das dominierende Protein (mit über 90 %) ist hierbei das Amelogenin (20–25 kDa), ein primär hydrophobes Protein (25 % Prolin, 14 % Glutamin, 9 % Leucin, 7 % Histidin). Neben Amelogenin finden sich auch Enamelysin (MMP-20), Kallikrein (KLK-4), weitere Proteasen, Enamelin und Ameloblastin [20, 35].

Besondere funktionelle Bedeutung hat das Amelogenin (Abb. 1) [4, 20, 35, 50, 59]. Amelogenin ist bei niedrigem pH-Wert löslich und hat bei physiologischem pH-Wert die Fähigkeit zur Selbstorganisation [4, 20, 59]. Es bildet supra-molekulare Aggregate, sog. Nanosphären, die sich zu Ketten formieren (Abb. 1) [20, 59]. Dieses dreidimensionale Netzwerk ist von essenzieller Bedeutung für den physiologischen Prozess der Schmelzbildung, denn es reguliert die Calciumphosphatmineralisation und stabilisiert amorphes Calciumphosphat während der Schmelzformation [20, 59]. Mit zunehmender Mineralisation der Schmelzmatrix wird das Amelogenin-Netzwerk durch die Enzyme MMP-20 und KLK-4 kontinuierlich proteolytisch abgebaut.

Will man den Zahnschmelz auf azellulärem Weg regenerieren, so ist es neben der Synthese von nano-skaliertem Apatit erforderlich, eine organisierte Anordnung bei der Kristallitbildung zu gewährleisten [21, 36, 37]. Die Zielsetzung der biomimetischen Schmelzregeneration besteht somit idealerweise darin, die Bildung des nano- und mikro-skalierten,



**Abbildung 1** Modellvorstellung zur Wirkung von Amelogenin als Scaffold bei der Schmelzbildung: Initial (Phase 1) liegen Calcium- und Phosphationen sowie Amelogenin-Monomere vor; in Phase 2 bilden sich Amelogenin-Oligomere und anorganische Mineralisationscluster; Phase 3: Es entstehen Amelogenin-Mineral-Nanosphären. Diese assoziieren zu Amelogenin-Mineralketten (Phase 4). Final entstehen daraus Kristallit-Bündel, das Amelogenin wird resorbiert (Phase 5). Darstellung modifiziert nach Fang et al. 2011 [20].

**Figure 1** Model for the role of amelogenin in the formation of the hierarchical enamel structure. Calcium and phosphate ions interact with amelogenin monomers. In a first step amelogenin oligomers are formed, whereas the inorganic ions aggregate to mineralization clusters. In the following nanospheres composed of amelogenin and mineral emerge from the basic components. They associate to chains. Finally bundles of structured crystallites develop, the amelogenin is cleaved enzymatically. Figure modified according to Fang et al. 2011 [20].

hierarchisch organisierten, natürlichen Zahnschmelzes vollumfänglich nachzuahmen, d.h. dreidimensional organisierte, schmelzanaloge Hydroxylapatitkristallite zu synthetisieren, die über eine Schmelzmatrix analoge organische Kittsubstanz miteinander verbunden und prismaförmig konfiguriert sind.

Ziel der vorliegenden Übersichtsarbeit ist eine kritische Würdigung aktueller Entwicklungen auf dem Gebiet der azellulären Schmelzformation und Regeneration. Besondere Berücksichtigung finden dabei neben der kritischen Analyse relevanter Strategien für die biomimetische und bioinspirierte Schmelzregeneration auch die Perspektiven und Grenzen für eine klinische Anwendung.

### Synthese von biomimetischen Apatitnanopartikeln und deren Interaktion mit Zahnoberflächen

Der einfachste Ansatz bzw. der erste Schritt der biomimetischen Schmelzregeneration besteht in der nanotechnologischen Nachbildung der kleinsten Baueinheiten des natürlichen Zahnschmelzes, d.h. der Schmelzkristallite.

Dabei müssen die Größe, Form und Zusammensetzung der synthetisierten Nanopartikel an den natürlichen Schmelzkristalliten orientiert werden.

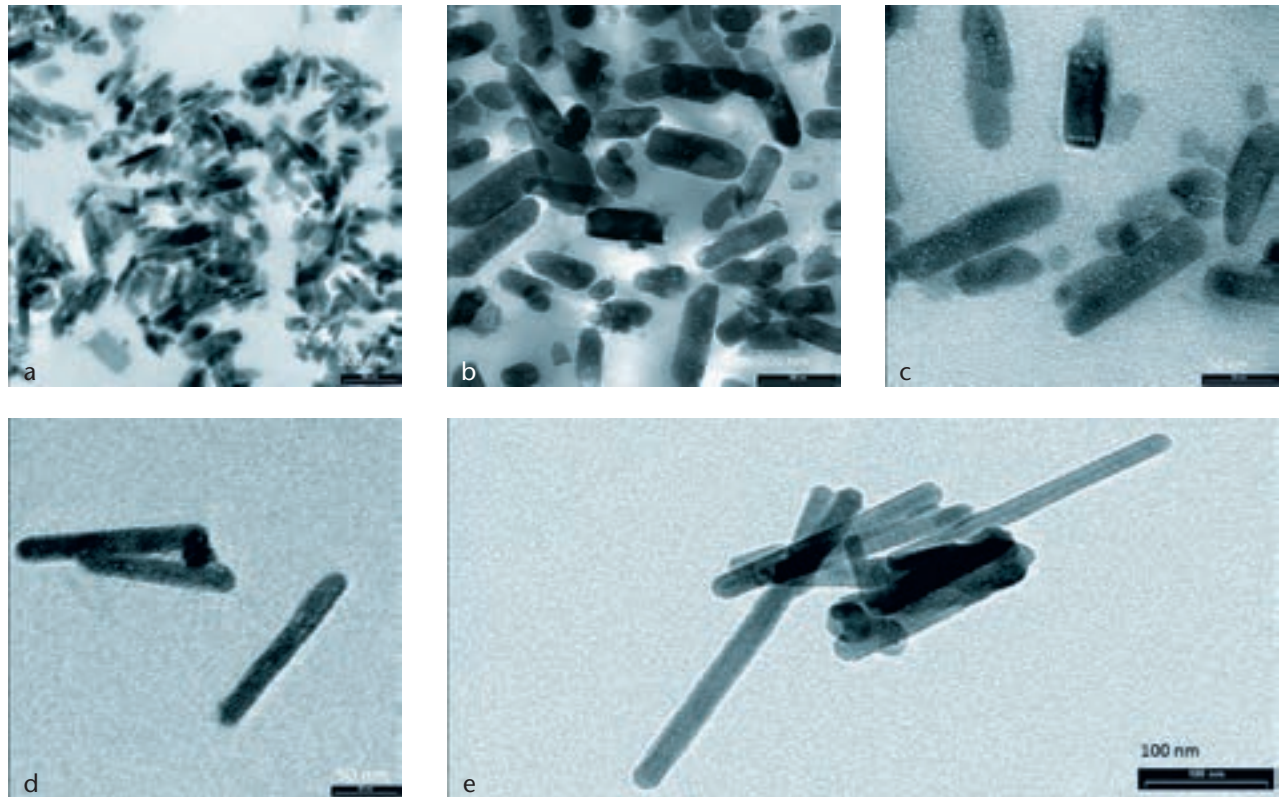
Zur Herstellung künstlicher (biomimetischer) Hydroxylapatitkristallite ist in den letzten 10 Jahren eine Vielzahl nanotechnologischer Verfahren beschrieben worden [22, 24–26]. Diese umfassen Sol-Gel-Synthesen und -Kristallisation, Kristallwachstum unter hydrothermalen Bedingungen, „solid-state“-Reaktionen, Dampf-Diffusionsverfahren, Verfahren der nasschemischen Präzipitation und Ko-Präzipitation, Aerosol-Pyrolyse, Mikrowellen-Präzipitation sowie Mikro-Emulsions-techniken [10, 11, 30, 32, 42, 44, 53, 54, 62, 64]. Mit diesen Verfahren lassen sich Nanopartikel synthetisieren, die den natürlichen Hydroxylapatitkristalliten im Zahnschmelz hinsichtlich ihrer Kristallinität, chemischen Zusammensetzung, Morphologie, Größe und physiko-chemischen Eigenschaften weitgehend entsprechen (Abb. 2) [10, 11, 30, 32, 42, 44, 53, 54, 62, 64].

Orientiert an der chemischen Zusammensetzung der artifiziellen Apatitkristallite werden verschiedene Strategien favorisiert. Zum einen setzt man

bewusst auf die Synthese von Nanopartikeln aus reinem Hydroxylapatit [32, 44, 62], zum anderen werden Nanokristallite aus fluoridiertem Hydroxylapatit oder Fluorapatit synthetisiert [10, 11, 53, 54, 64], deren Säurelöslichkeit deutlich geringer ist als von reinem Hydroxylapatit. Ein weiterer Ansatz, der in der biomimetischen Synthese von schmelzähnlichen Apatitpartikeln beschränkt wird, besteht in der Herstellung Zinksubstituierter Carbonat-Apatit Nanopartikelaggregate [42], deren chemische Zusammensetzung derjenigen des menschlichen Zahnschmelzes nach der posteruptionen Maturation nachempfunden ist.

Biomimetisch synthetisierte Apatitnanopartikel zeigen eine hohe chemische Affinität zur natürlichen Schmelzoberfläche und können daher unter In-vitro-Bedingungen zur partiellen Auffüllung von erosiven Mikrodefekten an der Schmelzoberfläche eingesetzt werden (Abb. 3) [42, 43]. Die „unorganisierte“, d.h. randomisierte Abscheidung und Einlagerung individueller Apatitnanopartikel oder von Nanopartikelagglomeraten an der geätzten Schmelzoberfläche und zwischen die natürlichen Schmelzkristallite stellt jedoch keine *restitutio ad integrum* dar und kann nur bedingt zur azellulären Schmelzregeneration beitragen.

Generell implizieren die Möglichkeiten der Synthese von biomimetischen Hydroxylapatit-Nanopartikeln bzw. Fluor- oder Zink-dotierten Nanopartikeln nicht, dass mit ihnen eine Regeneration von Zahnschmelz möglich ist. Bemerkenswert sind in diesem Zusammenhang jedoch die Untersuchungen von Li et al., die zeigen konnten, dass Hydroxylapatit-Nanopartikel mit einer Dimensionierung von nur 20 nm (d.h. weit unterhalb der Größenordnung natürlicher Schmelzkristallite) zur weitgehend homogenen Auffüllung erosiver Ätzdefekte an der Zahnschmelzoberfläche besonders geeignet sind [32]. Die 20 nm messenden Nanopartikel haben das Potenzial, sich in die erosionsbedingten Nanoporen zwischen den Schmelzkristalliten der geätzten Oberfläche einzulagern. Dies ist bei Applikation stäbchenförmiger Nanokristallite, deren Größe und Form sich an den natürlichen Schmelzkristalliten orientieren, nur bedingt möglich. Die Au-



**Abbildung 2** Biomimetisch synthetisierte Fluorapatit-Kristallite [56, 64], deren Dimensionierung den natürlichen Hydroxylapatitkristalliten im Schmelz ähnelt.

**Figure 2** Biomimetically synthesized fluor-apatite-crystallites with dimensions similar to the natural hydroxy-apatite crystallites in enamel.

(Abb. 2: W. Hoth-Hannig, M. Hannig Universität des Saarlandes, Homburg/Saar)

toren [32] argumentieren, dass die 20 nm messenden Nanopartikel den „building blocks“ (kleinsten Unterbaueinheiten) der natürlichen Schmelzkristallite entsprechen und daher besonders effektiv an der geätzten Schmelzoberfläche adsorbiert werden. Bemerkenswerterweise resultiert aus der Einlagerung der 20 nm messenden Hydroxylapatitpartikel in das Ätzrelief der Schmelzoberfläche außerdem auch eine massive Reduktion der Säurelöslichkeit des Schmelzes verglichen mit der natürlichen Zahnschmelzoberfläche [32]. In weiterführenden Experimenten konnten Li et al. [33] aufzeigen, dass an der Schmelzoberfläche präadsorbierte Hydroxylapatit-Nanopartikel (20 nm Durchmesser) unter dem Einfluss von Glutaminsäure der Selbstorganisation unterliegen und innerhalb von 72 h eine dichte Schicht aus schmelzähnlichen Hydroxylapatitkristalliten (300–500 nm lang, 40–50 nm Durchmesser) ausbilden können [33]. Die Untersuchungen von Li et al. [32] machen insgesamt deutlich, dass Größeneffekte

von essenzieller Bedeutung sind im Hinblick auf den Versuch der partiellen Schmelzregeneration mit biomimetischen Apatit-Nanopartikeln. Gerade in diesem Bereich besteht allerdings noch erheblicher Forschungsbedarf [24–26, 36, 37].

Die eigentliche Herausforderung im Hinblick auf die azelluläre biomimetische Schmelzregeneration stellt jedoch nicht die Synthese von einzelnen oder aggregierten Schmelzkristallit-Analoga dar, sondern – neben den effektiven Interaktionen mit der Zahnoberfläche – deren hierarchische Organisation und Ausrichtung entsprechend dem Vorbild des natürlichen Schmelzes.

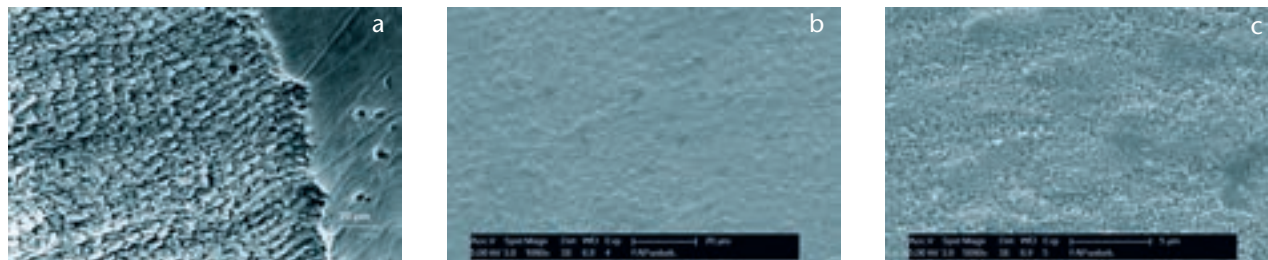
### Selbstorganisation von Nanopartikeln

Prinzipiell kann die Formation hierarchisch orientierter biomineralisierter Strukturen über das gerichtete Kristallwachstum mithilfe entsprechender Templates (Schablonen), über die dreidi-

mensional organisierte Aggregation von z.T. präformierten Nanokristalliten oder auch über die Aggregation von anorganischen Nanopartikeln mithilfe organischer Scaffolds (Gerüste, Netzwerke) erfolgen [36, 37, 41, 46].

Verschiedene Additive sind denkbar, um die Kristallit-Selbstorganisation zu ermöglichen (Abb. 4). Eine häufig angewandte Methode zur Ausrichtung und Orientierung von Nanopartikeln besteht in der Selbstorganisation unter der Einwirkung von oberflächenaktiven Substanzen (Surfactants) [36, 37]. Im Rahmen der nanotechnologischen Synthese und Selbstorganisation nano-skalierter Strukturen werden oberflächenaktive Substanzen üblicherweise als sog. inverse Mizellen (hydrophobe Peripherie, hydrophiles Zentrum der Mizelle) oder in Form von Mikroemulsionen eingesetzt [9, 63]. Dadurch versucht man, die natürliche Biomineralisation nachzuempfinden und aus nanopartikulären Apatitkristallen über den Prozess der Selbstorganisation prismenartige Strukturen zu erzeugen.





**Abbildung 3** a Schmelzoberfläche nach Ätzung mit 35 %iger Phosphorsäure für 60 sec; b, c geätzter Schmelz nach Applikation einer Suspension aus 10 % Fluorapatit-Nanokristalliten (vergl. Abb. 2) in Wasser. Die Suspension wurde 2x täglich für jeweils 30 sec über einen Zeitraum von 4 Wochen in vitro auf den geätzten Schmelz aufgetragen. Das Schmelzätzmuster ist durch die randomisierte Adsorption der Fluorapatit-Nanokristallite nahezu vollständig maskiert.

**Figure 3** a Enamel surface after treatment with 35 % phosphoric acid over 60 sec; b, c etched enamel after treatment with a suspension of 10 % fluor-apatite nanocrystallites (see Fig. 2) in water. The suspension was applied in vitro two times daily for 30 sec each over a period of 4 weeks. The surface etching pattern has been masked by randomly adsorbed fluor-apatite nanoparticles.

(Abb. 3: K. Dönges, M. Hannig, Universität des Saarlandes, Homburg/Saar)

Ein Ansatz ist die Anwendung des Tensids Diethylhexylsulfosuccinat [9]. Hydroxylapatit-Nanokristallite unterliegen nach Vorbehandlung mit Bis-(2-ethylhexyl)-sulfosuccinat der Selbstorganisation und nehmen orientiert an der C-Achse der Kristallite an der Wasser-Luft-Grenzfläche eine gerichtete Anordnung ein [9]. Diese Ausrichtung entspricht unter morphologischen Aspekten der Anordnung der Kristallite im natürlichen Zahnschmelz [9]. Die fragliche Biokompatibilität nicht biologischer Tenside bzw. oberflächenaktiver Substanzen limitiert allerdings deren klinische Anwendbarkeit ganz erheblich.

Ein anderes Verfahren zur Bildung von Apatitschichten mit dreidimensional orientierten Kristallitstrukturen besteht in der hydrothermalen Selbstorganisation von Nanokristalliten. So lassen sich z.B. durch 10-stündiges Autoklavieren (bei 121 °C und einem Druck von 2 atm) aus Fluorapatitkristalliten auf geeigneten Substratoberflächen (beispielsweise Eisen) dicht gepackte Bündel schmelzprismenartiger Mikrostrukturen erzeugen [11]. Trotz der unphysiologischen Bedingungen können nur sehr dünne Schmelzschichten erzielt werden. Von Zhang et al. konnte gezeigt werden, dass sich aus Calciumhydrogenphosphat ( $\text{CaHPO}_4$ ) unter hydrothermalen Synthesbedingungen sowie Zusatz des Tensids Dodecylphosphat und Gelatine bei Temperaturen zwischen 80–120 °C und Einwirkzeiten von 18 h bis zu 4 Tagen ca. 10 µm große Nanokristallitaggregate erzeugen lassen [63]. Die einzelnen Nanokristallite sind dabei dicht gepackt und parallel zur

C-Achse ausgerichtet, was der Nanoarchitektur des natürlichen Schmelzes sehr nahe kommt [63].

Trotz ihrer faszinierenden Möglichkeiten im Hinblick auf das Erzeugen biomimetischer Schmelzstrukturen ist die Translation von nanotechnologischen Verfahren, die auf unphysiologischen Temperaturen und hohen Drucken basieren, in die klinische Anwendung nicht möglich. Daher wurde in den letzten Jahren nach weitergehenden Strategien gesucht, um eine biomimetische Schmelzsynthese unter ambienten Bedingungen zu realisieren.

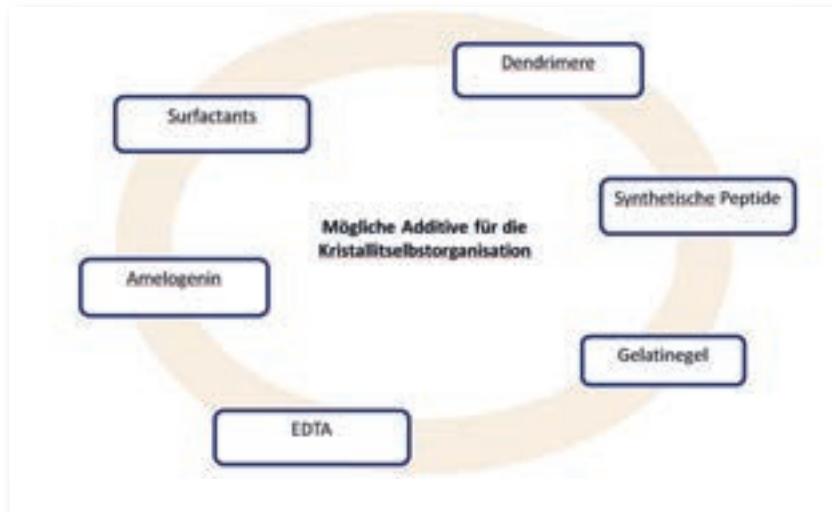
### Nanoapatit-haltige Pasten – eine Möglichkeit der Applikation

Orientiert an den biologischen Prozessen, die zur natürlichen Schmelzbildung führen, wäre zu postulieren, dass auch für die biomimetische Zahnschmelzsynthese neben den anorganischen, mineralischen Komponenten die Einbeziehung organischer Additive als Scaffold oder Template eine *conditio sine qua non* ist. Allerdings sind in den letzten 10 Jahren verschiedene rein anorganische, nanotechnologische Methoden zur gerichteten Apatitkristallisation unter Verzicht auf organische Additive oder Scaffolds beschrieben worden [40, 51, 53, 57].

Von Yamagishi et al. wurde bereits 2005 in der renommierten naturwissenschaftlichen Zeitschrift „Nature“ ein Verfahren zur Schmelzsynthese für die „rasche“ Zahnreparatur vorgestellt, das auf

einer Paste aus rein anorganischen Komponenten basiert [57]. Die Herstellung der Reparaturpaste erfolgt durch Lösen eines Pulvers aus Fluorid-substituiertem Hydroxylapatit in 85 %iger Phosphorsäure und 35 %igem  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Es resultiert eine stark saure Paste (pH < 2), die direkt auf die defekte Zahnschmelzoberfläche appliziert wird. Innerhalb von nur 15 min entsteht eine 20–30 µm dicke, sehr homogene und kompakte Schicht aus Fluorhydroxyapatit, die dem natürlichen Zahnschmelz nahtlos und spaltfrei anliegt [40, 57]. Die „regenerierte“ Schicht enthält Fluorapatitkristallite, die mehr oder weniger regulär zur natürlichen Schmelzoberfläche orientiert sind und deren Dimensionierung mit einer Länge von 100–400 nm und einem Durchmesser von 20–80 nm den natürlichen Schmelzkristalliten sehr ähnlich ist. Transmissionselektronenmikroskopisch scheinen die neu gebildeten Fluorapatitkristallite mit dem Zahnschmelz fusioniert zu sein. Weiterhin imponieren sowohl eine nahezu identische Ultrastruktur als auch dreidimensionale Orientierung der synthetisierten Nanokristallite beim Vergleich mit den natürlichen Schmelzkristalliten [40, 57].

Einige Jahre später konnten Wang et al. [53] zeigen, dass sich auch unter Verzicht auf  $\text{H}_2\text{O}_2$  mit einer Paste, die nur Fluorapatit-Nanopartikel und 17 %ige Phosphorsäure enthält, innerhalb von 15 min auf dem geätzten Zahnschmelz eine ca. 30 µm dicke Apatitschicht erzeugen lässt, die sich ebenfalls durch eine sehr dichte und kompakte schmelzähnliche Mikrostruktur auszeichnet [53]. Die neu gebildeten, prismenartigen Mikro-



**Abbildung 4** Mögliche Additive zur Kristallit-Selbstorganisation bei der biomimetischen Bildung schmelzartiger Strukturen.

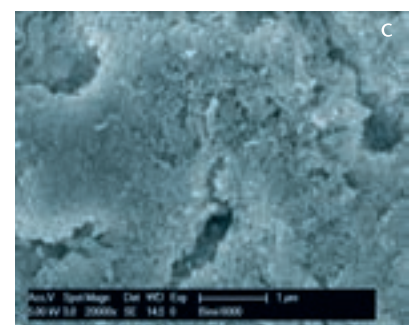
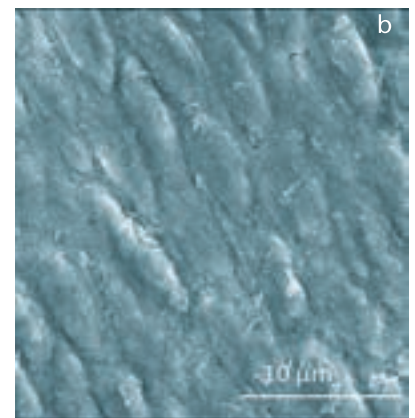
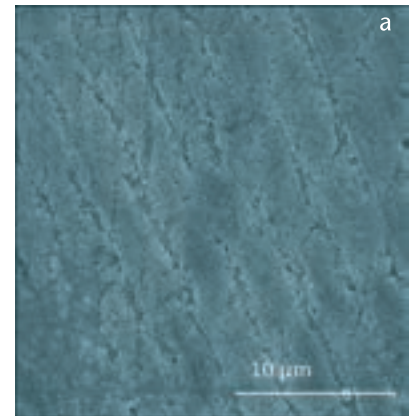
**Figure 4** Possible additives for self-organization of crystallites in biomimetic formation of enamel like structures.

strukturen bestehen aus Bündeln nanoskalierter stäbchen- sowie plättchenförmiger Kristallite und sind parallel zueinander und senkrecht zur Schmelzoberfläche angeordnet [53]. In weiterführenden Experimenten [51] wurde der Einfluss des pH-Wertes der Nanoapatit-Phosphorsäurepaste auf die Bildung selbstorganisierter Schichten an der geätzten Schmelzoberfläche untersucht mit der Zielsetzung, den pH-Wert der Paste möglichst neutral oder allenfalls leicht sauer einstellen zu können. Zur Anwendung kam eine Paste aus Nanoapatit-Partikeln (40 nm lang, Durchmesser 10 nm) in Kombination mit 17 %iger Phosphorsäure, wobei der pH-Wert der Paste auf 1,0 bzw. durch Zusatz von NaOH auf 4,5 oder 7,5 adjustiert wurde. Mit allen 3 Pasten konnten auf erodiertem Schmelz innerhalb von 15 min etwa 30 µm dicke Schichten aus parallel zueinander orientierten schmelzprismenartigen Mikrostrukturen gebildet werden, die wiederum aus Bündeln nadelartiger, schmelzähnlicher Nanoapatitkristallite bestehen [51]. Die generierten Schichten weisen einen spaltfreien, kontinuierlichen Verbund zur geätzten Schmelzoberfläche auf und sind vom natürlichen Zahnschmelz im Hinblick auf die Mikromorphologie rasterelektronenmikroskopisch nahezu nicht mehr zu unterscheiden. Es zeigte sich weiterhin, dass bei Anwendung der neutralen Paste (pH 7,5) bessere mechanische Eigenschaften der neu gebildeten schmelzartigen

Schicht auf dem erodierten Zahnschmelz erzielt werden können als bei Applikation der sauren Paste (pH 1,0). Nach Anwendung der neutralen Paste beträgt die Vickershärte der neu gebildeten Schicht 304,9 HV und entspricht damit fast der Vickershärte der natürlichen Schmelzoberfläche (ca. 350 HV), während unter Verwendung der sauren Paste nur eine Vickershärte von 125,9 HV an der Oberfläche der Schichtbildung erreicht wird [51]. Die Erklärungsansätze der Autoren [51] für die beobachteten Phänomene sind allerdings sehr spekulativ, sodass eine weiterführende wissenschaftliche Validierung erforderlich ist, um die Abscheidung von selbstorganisierten Fluorapatitschichten aus Nanoapatit-Phosphorsäurepasten im Detail zu verstehen und klinisch nutzen zu können. Insgesamt betrachtet scheinen Nanoapatit-Phosphorsäurepasten – insbesondere mit neutralem pH-Wert – eine interessante Möglichkeit zur azellulären Schmelzregeneration unter physiologischen Bedingungen und innerhalb klinisch relevanter Zeiten darzustellen.

### Ein physiologischer Ansatz – Schmelzregeneration mit Amelogenin

Aufgrund seiner Bedeutung bei der physiologischen Formation des Zahnschmelzes (Abb. 1) findet Amelogenin zuneh-



**Abbildung 5** Bildung von Fluorapatit auf geätztem Zahnschmelz nach zweifacher Applikation (über jeweils 8 h) eines Gelatinegelstreifen-Prototypen (BiMin-System = Fluorapatitformation in Gelatine, Heraeus-Kulzer).

**Figure 5** Formation of fluorapatite on etched enamel after twofold application (over 8 h each) of a gelatin-gelstrip prototype (BiMin system = fluor-apatite formation in gelatin, Heraeus-Kulzer).

(Abb. 5: N. Idlibi, M. Hannig, Universität des Saarlandes, Homburg/Saar)

mend Beachtung bei der Entwicklung von Strategien zur biomimetischen Schmelzsynthese. Ein sehr vielversprechender Ansatz zur hierarchischen Orientierung und Ausrichtung von Hydroxyl-



**Abbildung 6** Herausforderungen und Grenzen der Schmelzregeneration.

**Figure 6** Challenges and limits of enamel regeneration.

(Abb. 1, 4, 6: C. Hannig)

apatit-Nanopartikeln im Rahmen der azellulären Schmelzregeneration besteht in der biomimetischen Selbstorganisation mittels rekombinantem Amelogenin [17, 18, 31, 50]. Amelogenin induziert die Mineralisation und gerichtete Apatitkristallisation [52, 59]. Wird eine geätzte Zahnschmelzoberfläche in einer Calcium- und Phosphatlösung, die darüber hinaus Fluorid und rekombinantes Amelogenin (rP 172; 33 µg/ml) enthält, über Zeiträume von 6–30 h bei 37 °C und physiologischem pH-Wert inkubiert, so resultiert die Ausbildung einer schmelzartigen Nanokompositsschicht aus Amelogenin und Fluorhydroxyapatit [18]. Der Zusatz von Amelogenin bewirkt auf dem angeätzten Schmelz die gerichtete, senkrecht zur Oberfläche orientierte Abscheidung von nadelartigen Nanokristalliten (35 nm Durchmesser) aus fluoridiertem Hydroxylapatit [18]. Dadurch wird das mikroretentive Oberflächenrelief des geätzten Schmelzes innerhalb von 6–8 h nahezu vollständig maskiert [18].

Durch die Fluoridkonzentration und den Grad der Übersättigung von Calcium und Phosphat in der Mineralisationslösung kann im Rahmen der biomimetischen Schmelzregeneration mit rekombinantem Amelogenin die Morphologie und Organisation der erzeugten Kristallite so gesteuert werden, dass eine relativ dicht gepackte Schicht aus

parallel zueinander angeordneten Fluorapatitkristallen entsteht [17]. Die optimale Amelogeninkonzentration liegt bei  $40 \pm 10$  µg/ml [17]. Größtenteils parallel zur Längsachse angeordnete Calciumphosphatkristallite lassen sich auch synthetisieren, wenn auf der Schmelzoberfläche primär ein prä-adsorbiertes Netzwerk aus rekombinantem Amelogenin etabliert und anschließend eine übersättigte Calciumphosphatlösung appliziert wird [50].

Allerdings wird mit allen bis dato beschriebenen Verfahren zur biomimetischen Schmelzregeneration unter Zusatz von Amelogenin die extrem hohe Packungsdichte der Kristallite im natürlichen Schmelz nicht erreicht [18, 50]. Erklären lässt sich dieses Ergebnis dadurch, dass unter den gewählten Versuchsbedingungen das Amelogenin-Netzwerk nach Abschluss der Mineralisation und Kristallitbildung im Gegensatz zur natürlichen Zahnschmelzbildung zwischen den Kristalliten persistiert. Während des Prozesses der biologischen Schmelzbildung wird dieses Amelogenin-Netzwerk durch Proteasen (MMP-20, KLK4) abgebaut, sodass die bekannte hohe Kristallitdichte des Zahnschmelzes bei der Eruption der Zähne in die Mundhöhle resultiert. Setzt man bei Schmelzsynthesen unter Laborbedingungen ebenfalls proteolytische

Enzyme ein, wie z.B. MMP-20, so wird überschüssiges Amelogenin enzymatisch abgebaut und die Dichte des Kristallgefüges deutlich erhöht [49]. Mit steigendem Apatitanteil verringert sich dabei die proteolytische Aktivität des MMP-20 [47].

Im Hinblick auf die potenzielle Applikation von Amelogenin zur azellulären Schmelzregeneration unter klinischen Bedingungen wurde ein Amelogenin freisetzendes Hydrogel entwickelt [19]. Das Hydrogel enthält in seiner polymeren Matrix die zur Mineralisation erforderlichen Calcium-, Phosphat- sowie Fluoridionen und gestattet die kontinuierliche Freisetzung von Amelogenin (rP 172). Bei Applikation dieses Amelogenin freisetzenden Hydrogels auf die demineralisierte Zahnschmelzoberfläche erfolgt unter In-vitro-Bedingungen innerhalb von 5 Tagen die partielle Remineralisation des Schmelzes durch die Ausbildung von schmelzähnlichen Kristalliten. Gleichzeitig ist eine signifikante Steigerung der Oberflächenhärte des angeätzten Zahnschmelzes zu verzeichnen (von 34 KHN auf 172 KHN), wobei allerdings die Mikrohärtigkeit der natürlichen Schmelzoberfläche (315–365 KHN) nicht erreicht wird [19].

Als Fazit aus den bislang durchgeführten Untersuchungen zur azellulären Schmelzregeneration mithilfe von (rekombinantem) Amelogenin lässt sich zusammenfassen, dass es sich hierbei zweifelsohne um einen aus Sicht der Grundlagenforschung hochrelevanten Ansatz zur biomimetischen Synthese schmelzartiger Biomaterialien unter physiologischen Bedingungen handelt, der bislang jedoch noch keine klinische Relevanz besitzt.

### **Alternativen zu Amelogenin – biomimetische Schmelzsynthese unter Zusatz von Dendrimeren oder Peptiden**

In den zitierten Studien zur biomimetischen Schmelzregeneration unter Anwendung von Mineralisationslösungen in Kombination mit Amelogenin wurde rekombinantes Amelogenin eingesetzt. Die Gewinnung von rekombinantem Amelogenin ist vergleichsweise aufwendig und erfordert die Expression von Amelogenin in Bakterien (*E. coli*), die Isolierung aus den Bakterien und die an-

schließende Aufreinigung [5]. Daher wird seit Jahren nach Möglichkeiten gesucht, anstelle des Amelogenins synthetische Peptide und Proteine einzusetzen, die amelogeninartige Eigenschaften aufweisen und die Fähigkeit zur selbstorganisierten Ausbildung supramolekularer Nanostrukturen (Nanonetzwerke, Nanoaggregate) besitzen.

Poly-(Amin/Amid)-Dendrimere (PAMAM-Dendrimere) sind proteinähnliche, biomimetische Makromoleküle, die auch als organische Matrix für Mineralisationsprozesse eingesetzt werden können [46, 48, 55]. Dendrimere weisen eine ähnliche dreidimensionale Konformation wie natürliche biologische Makromoleküle auf und werden daher auch als artifizielle bzw. synthetische Proteine bezeichnet [46]. Amphiphile dendritische Moleküle, wie das PAMAM, haben die Fähigkeit zur Selbstorganisation und Ausbildung supramolekularer Nanosphären und makromolekularer Netzwerke, die ähnlich wie Nanosphären aus Amelogenin ein gerichtetes Wachstum von Hydroxylapatitkristallen initiieren können [46, 48, 60].

Wu et al. [55] konnten zeigen, dass Dendrimere an der Zahnschmelzoberfläche adsorbiert werden und nach der Inkubation im Speichel die Bildung von Hydroxylapatitkristalliten an der Schmelzoberfläche induzieren. Um die Adsorption von Dendrimern an der Schmelzoberfläche zu optimieren, wurden von Wu et al. [55] PAMAM-Dendrimere mit Alendronat (ALN) konjugiert, da Alendronate ein hohes Adsorptionsvermögen an Hydroxylapatit besitzen. Die resultierenden ALN-PAMAM-Dendrimere zeichnen sich nicht nur durch eine verbesserte Haftung an der Schmelzoberfläche, sondern auch durch geringe Toxizität aus. ALN-PAMAM-Dendrimere induzieren nach der Adsorption an der geätzten Schmelzoberfläche die Bildung von Hydroxylapatitkristallen in Kontakt mit künstlichem Speichel. Innerhalb von mehreren Wochen wird eine mehr als 10 µm dicke Apatitschicht generiert. Die neu gebildete Schicht besteht aus Bündeln von schmelzartigen Nanokristallitstäbchen, die überwiegend senkrecht zur Schmelzoberfläche angeordnet sind und eine hohe Packungsdichte aufweisen [55].

Auch carboxylierte PAMAM-Dendrimere (PAMAM-COOH Dendrimere) haben ein gutes Bindungsvermögen an

Hydroxylapatit und können nach Applikation auf die geätzte Schmelzoberfläche über den Prozess der Selbstorganisation innerhalb von 30 min ein Template für die gerichtete Mineralisation ausbilden [12]. Wird der derart vorbehandelte Schmelz für 20 h bei 37 °C und pH 7,0 in einer fluoridhaltigen Mineralisationslösung inkubiert, kommt es zur Auffüllung des Ätzmusters durch stäbchenförmige Fluorhydroxyapatit-Nanokristallite, die parallel zur Längsachse der natürlichen Schmelzkristallite angeordnet sind [12].

Des Weiteren sind auch kleinere biomimetische Moleküle, z.B. das Peptid-Oligomer 8 DSS, als geeignete Additive im Rahmen der azellulären Schmelzregeneration bzw. als Additive zur Remineralisation geätzter Schmelzoberflächen beschrieben worden [28]. Bei dem synthetischen Peptid 8 DSS handelt es sich um das Achtfach-Oligomer eines Tripeptids aus Aspartat-Serin-Serin. Die Applikation von 8 DSS unterstützt die gleichmäßige Ablagerung von nanokristallinem Calciumphosphat aus einer Mineralisationslösung auf demineralisierten Schmelzoberflächen und führt zu einer signifikanten Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des geätzten Schmelzes *in vitro* [28].

Aber auch Triplets des Peptids DDS oder des Peptids NSS (Asparagin-Serin-Serin) sind in der Lage, die Präzipitation von Calciumphosphat aus einer Mineralisationslösung an der geätzten Schmelzoberfläche positiv zu beeinflussen [13–16]. Es resultiert innerhalb von 14 Tagen unter *In-vitro*-Bedingungen die gleichmäßige Deposition von Apatit-Nanopartikeln verbunden mit einer signifikanten Verbesserung der Nano Härte der geätzten Schmelzoberfläche, wobei jedoch lediglich ein Drittel der Härte des nicht erodierten natürlichen Schmelzes erreicht wird [13–16]. Erosive Schmelzdefekte können unter diesen Versuchsbedingungen somit nur partiell repariert werden.

### **Schmelzregeneration mit einfachen Additiven**

Von Yin et al. (2009) [61] wurde erstmals ein Verfahren zur azellulären, chemischen Schmelzregeneration *in vitro* unter quasi physiologischen Bedingungen (pH 6,0, 37 °C, 1 atm) ohne die Ver-

wendung präformierter Apatit-Nanokristallite beschrieben [61]. Die geätzte Schmelzoberfläche wird für 3 min in eine Calciumphosphatlösung unter Zusatz von Hydroxyethyl-EDTA (= HEDTA) eingetaucht, anschließend wird eine KF-Lösung zugegeben. In der resultierenden Suspension aus HEDTA-Ca, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> und KF wird der Zahnschmelz bei 37 °C, 1 atm und pH 6,0 über 8 Tage inkubiert. Dadurch lässt sich auf der Schmelzoberfläche eine etwa 5 µm dicke Fluorapatitschicht erzeugen, die eine schmelzähnliche Mikroarchitektur aufweist. Rasterelektronenmikroskopisch lassen sich dicht gepackte prismaartige Strukturen mit einem Durchmesser von 2–4 µm detektieren, die wiederum aus homogenen Bündeln hexagonaler Kristallite bestehen. Die synthetischen Kristallite sind entlang ihrer C-Achse fehlstellenfrei parallel zueinander angeordnet und haben einen Durchmesser von 300–400 nm [61]. Die synthetische Apatitschicht zeichnet sich im Hinblick auf Nano Härte und E-Modul durch ähnliche mechanische Eigenschaften wie der natürliche Zahnschmelz aus. Anzumerken bleibt allerdings, dass die Anwendung von HEDTA in der Mundhöhle als bedenklich einzustufen ist. Im Hinblick auf die klinische Applikation ist die Inkubationsdauer von mehr als einer Woche als kritisch zu bewerten. Nichtsdestotrotz steht mit dieser Methode ein simples Verfahren zur Verfügung, mit dem sich geordnete, dreidimensional organisierte schmelzartige Strukturen auf rein chemische Weise, d.h. ohne Zellen, ohne Zusatz präformierter Schmelzkristallite, ohne organisches Scaffold und ohne Zusatz von Proteinen oder synthetischen Peptiden generieren lassen. Folglich fehlt allerdings dieser mikrostrukturierten, schmelzähnlichen Fluorapatitschicht die interkristalline organische Substanz.

Von Xie et al. (2011) wurde eine ähnliche Mineralisationslösung bestehend aus EDTA, Dicalciumphosphat-Anhydrit und NaF eingesetzt, um auf der geätzten Schmelzoberfläche unter quasi physiologischen Bedingungen innerhalb von 3–8 Tagen schmelzartige Schichtbildungen aus Fluorid-substituierten Hydroxylapatit-Mikrokristallen (Durchmesser 1–2 µm) aufwachsen zu lassen [56]. Bei der Ausbildung der mehrere Mikrometer starken Schichten aus Fluorhydroxyapatit-Mikrokristal-

len durch meso-skalierte Selbstorganisation bei pH 6,0, 37 °C und 1 atm ist EDTA im Sinne eines „chemischen Mediators“ von entscheidender Bedeutung [56]. EDTA induziert die Bildung sowie die weitgehend parallele Orientierung und Ausrichtung der hexagonalen FHAp-Mikrokristalle entlang ihrer C-Achse und senkrecht zur Schmelzoberfläche. Mit zunehmender Reaktionszeit fusionieren die individuellen Mikrokristalle zu einer kompakten Schicht [56]. Nach einer Reaktionszeit von 5 Tagen entspricht die Vickershärte der neu generierten schmelzartigen Schicht mit 347–370 HV der Oberflächen-Mikrohärte des natürlichen Zahnschmelzes [56]. Zu diesen vielversprechenden Ansätzen auf der Basis von EDTA fehlen allerdings noch weiterführende Untersuchungen und klinische Daten.

Eine andere Methode, bei der als Scaffold zur gerichteten Apatitkristallisation eine Gelatinematrix eingesetzt wird [6, 7], wurde hingegen bereits in vivo getestet [23]. Das Verfahren basiert auf der Diffusion von Calciumionen in ein Glycerin-Gelatine-Gel, das Phosphat- und Fluoridionen enthält [6, 7]. Der Zahnschmelz wird mit einer Calciumhaltigen Lösung vorbehandelt und mit einem Phosphat- und Fluoridhaltigen Gelatinegel sowie einem zweiten Gelatinegel, das Calcium enthält, überschichtet. Anschließend wirken die Präparate geschützt durch eine Schiene über 8 h ein. Innerhalb von einem Applikationszyklus resultiert die Ausbildung einer ca. 500 nm starken Schicht aus Fluorapatitkristalliten. Die neu gebildeten Fluorapatitkristalle sind größtenteils senkrecht zur Zahnschmelzoberfläche angeordnet [6, 7]. Die synthetisierte Schicht weist eine ähnliche Mikrohärte auf wie der natürliche Zahnschmelz (400 KHN). Erste In-vivo-Experimente zeigen, dass unter Mundhöhlenbedingungen die Abscheidung von schmelzartigen Strukturen mithilfe dieses Verfahrens prinzipiell möglich erscheint [23]. Ein Prototyp eines Produktes wurde auf Basis dieser Strategie entwickelt (Heraeus Kulzer) (Abb. 5). Angesichts des Aufwands und der in vitro erzielten Schichtdicke von ca. 0,5 µm im Rahmen eines achtstündigen Applikationszyklus muss bei dieser Vorgehensweise die klinische Relevanz hinterfragt werden.

### **Alternative Applikationsverfahren für Apatit an der Zahnoberfläche**

Schmelzregeneration mit HAp-Folie

Es wird von verschiedenen Arbeitsgruppen nach innovativen Trägersystemen und Applikationsformen von Hydroxylapatit für die azelluläre Schmelzregeneration gesucht. Von *Nishikawa et al.* (2008) [39] wurde die Herstellung von Hydroxylapatitfolien (Schichtstärke < 10 µm) durch Deposition mithilfe eines gepulsten ArF-Excimer-Lasers beschrieben. Die flexiblen Hydroxylapatitfolien haben ein breites Anwendungsspektrum in der regenerativen Medizin und können auch zur azellulären Schmelzregeneration eingesetzt werden. Nach Vorbehandlung der Schmelzoberfläche mit einer Calciumphosphatlösung (pH 5,5) wird die kristallisierte Hydroxylapatitfolie appliziert und unter In-vitro-Bedingungen mit künstlichem Speichel besprüht [27, 58]. Innerhalb von einer Woche resultiert die feste Verbindung und partielle „Verschmelzung“ der Folie mit dem Zahnschmelz; gleichzeitig kommt es zu einer Zunahme der Kristallinität in der Folie [27, 58]. Damit steht ein einfaches Verfahren zur biomimetischen Schmelzoberflächenrestauration und Konservierung zur Verfügung, dessen klinische Anwendbarkeit und Eignung allerdings noch im Rahmen von In-vivo-Studien überprüft und validiert werden müssen. Auch bei diesem Ansatz ist die Applikationsdauer kritisch zu berücksichtigen.

Einsatz von Pulverstrahlgeräten

Im Rahmen der vorliegenden Übersichtsdarstellung und kritischen Wertung biomimetischer nanotechnologischer Verfahren zur azellulären Schmelzregeneration darf nicht unerwähnt bleiben, dass auch vergleichsweise einfache physikalische Methoden zur Erzeugung schmelzähnlicher Schichten aus Hydroxylapatit-Mikropartikeln entwickelt und beschrieben worden sind [1–3]. Hierzu zählt beispielsweise die „Pulverstrahl-Deposition“ von Hydroxylapatitpartikeln auf der Schmelzoberfläche [1–3]. Die Partikel mit Durchmesser von 3,18 µm oder 4,7 µm werden mit Stickstoff oder Luft als Trägergas zu einem Aerosol kombiniert und bei ei-

nem Druck von 0,5 MPa auf die Schmelzoberflächen gestrahlt [1–3]. Es entsteht innerhalb von 30 sec eine 30–50 µm dicke Hydroxylapatitschicht [1–3], die sich hinsichtlich der Mikrohärte nicht signifikant vom natürlichen Zahnschmelz unterscheidet und deren Haftung an der Schmelzoberfläche der Komposit-Schmelzhaftung nach Anwendung der Schmelzätztechnik entspricht [1, 2]. Die aufgestrahlte Apatitschicht weist auch nach thermischer Wechselbelastung eine schmelzähnliche Oberflächenhärte und Mikrostruktur sowie einen festen Verbund mit dem Schmelz auf [1, 2].

### **Diskussion**

Der azelluläre Zahnschmelz besitzt kein regeneratives Potenzial und kann folglich demineralisationsbedingte Oberflächendefekte nicht selbst heilen und reparieren, d.h. einmal verloren gegangener Zahnschmelz kann nicht regeneriert werden.

In den letzten Jahren sind daher zahlreiche In-vitro-Untersuchungen zur Apatitkristallisation und nachfolgenden dreidimensionalen Ausrichtung der synthetisierten Strukturen initiiert worden, um die Bildung hierarchisch organisierter schmelzähnlicher Nano- und Mikrostrukturen unter Nutzung azellulärer nanotechnologischer Methoden zu realisieren [24, 25]. Biomimetische Strategien zur künstlichen Schmelzbildung weisen prinzipiell das Potenzial auf, eine „azelluläre“ Reparatur von Schmelzoberflächendefekten auf mikroskopischem Niveau – zumindest unter In-vitro-Bedingungen – durch die Abscheidung von Apatitschichten mit schmelzähnlicher Nano- und Mikroarchitektur zu realisieren. Besonders herauszustellen ist hierbei, dass mittlerweile Verfahren der biomimetischen Schmelzsynthese beschrieben worden sind, mit denen unter quasi-physiologischen, ambienten Bedingungen die biomimetische Generierung von organisierten Nanoapatit-basierten Schichten möglich ist, deren hierarchische Architektur auf der Nano- und Mikroskala dem natürlichen Zahnschmelz nachempfunden ist [51, 56, 61].

Trotz dieser sehr vielversprechenden In-vitro-Experimente und Resultate ist derzeit eine klinische Nutzung der dar-

gestellten nanotechnologischen Verfahren zur Schmelzmikroreparatur oder in der restaurativen Kariestherapie noch nicht möglich. Für eine effektive Schmelzregeneration in der klinischen Anwendung ist es erforderlich, Kristallisationsprozesse in sehr kurzer Zeit zu realisieren, die physiologisch präeruptiv über viele Monate andauern und auch noch nach dem Durchbruch der Zähne in die Mundhöhle einer jahrelangen posteruptiven Reifung unterliegen. Neben ungeklärten Fragen zu Applikationsmodus und Zeitdauer biomimetischer Verfahren zur azellulären Schmelzregeneration (Abb. 6) stellt insbesondere die reproduzierbare Organisation und Aggregation von nano-skalierten Apatitkristalliten zu prismenartigen Mikrostrukturen eine noch nicht verlässlich beherrschte Herausforderung dar. Weiterhin offene Fragen betreffen die mechanische Eigenschaften und auch die chemische Stabilität der biomimetisch generierten schmelzanalogen Strukturen unter klinischen Bedingungen [24–26], da bis dato keine In-situ-Untersuchungen oder gar klinische Studien zu dieser Thematik verfügbar sind (Abb. 6).

Auch die Interaktion mit den natürlichen Schmelzstrukturen in der Mundhöhle muss als besondere Herausforderung angesehen werden. Dies betrifft nicht nur den Verbund zum ggf. kariös oder erosiv alterierten Schmelz, sondern auch die Beeinträchtigung der Biomineralisationsprozesse durch eingelagerte Proteine in initialen Kariesläsionen (white spots). Weiterhin können Speichel und Pellikel die intentionelle Biomineralisation an der Zahnschmelzoberfläche unter Mundhöhlenbedingungen beeinträchtigen.

Als Vorteil biomimetischer Verfahren zur azellulären Schmelzregeneration kann die zu erwartende Biokompatibilität des synthetischen Biomaterials aus

Apatitpartikeln herausgestellt werden. Allerdings muss auch die Biokompatibilität der Scaffolds und Trägersysteme gewährleistet sein. Zudem darf in diesem Zusammenhang nicht außer Acht gelassen werden, dass auch Zahnoberflächen, die mit Nanoapatit und schmelzähnlichen Materialien restauriert worden sind, kariöser Destruktion und erosiven Demineralisationsprozessen ausgesetzt sind. Auch ist für eine breite klinische Anwendung die Wirtschaftlichkeit der Technologie zu berücksichtigen (Abb. 6).

Zur Regeneration der Zahnhartsubstanzen auf biomimetisch azellulärem Weg ist noch sehr viel Forschungsarbeit erforderlich. Es gilt somit weiterhin die Einschätzung von *Mitsiadis* und *Papagerakis* (2011): „Regeneration of human enamel is a very difficult – almost impossible – task at present“ [38]. Eine übergeordnete regenerative Strategie muss in diesem Kontext ebenfalls diskutiert werden, d.h. die zelluläre Regeneration ganzer Zähne bzw. pulpalen Gewebe als Basis auch zur erneuten Etablierung von Zahnhartsubstanzen [8, 29]. An dieser Stelle sei auf die anderen Beiträge in diesem Heft zu regenerativen Strategien in der Endodontie hingewiesen.

## Schlussfolgerung

Mit biomimetischen Syntheseverfahren können innerhalb von mehreren Tagen Apatitschichtbildungen generiert werden, deren Schichtstärke mehrere Mikrometer beträgt und die im Hinblick auf ihr ultrastrukturelles Erscheinungsbild sowie ihre chemische Zusammensetzung dem natürlichen Zahnschmelz durchaus ähnlich sind.

Die reproduzierbare Nachbildung der Schmelzarchitektur auf der mikrostrukturellen Ebene (d.h. die dreidimensionale organisierte Konfiguration der

Kristallite in Form von Prismenstäben) stellt allerdings nach wie vor eine nur ansatzweise beherrschte Herausforderung im Rahmen der bioinspirierten Synthese schmelzartiger Strukturen dar.

Das Gros der biomimetischen Strategien zur azellulären Synthese schmelzartiger Strukturen wurde bis dato nur in vitro erprobt. Derzeit steht kein azelluläres nanotechnologisches Verfahren zur Verfügung, mit dem sich eine biomimetische Schmelzregeneration in makroskopisch sichtbaren Schmelzdefekten klinisch realisieren ließe.

## Danksagung

Die Anfertigung der vorliegenden Übersichtsarbeit erfolgte mit Unterstützung durch die DFG (SFB 1027). Für die Anfertigung der elektronenmikroskopischen Abbildungen danken die Autoren Frau W. Hoth-Hannig (Abb. 2), Frau ZÄK. Dönges (Abb. 3) und Herrn Dr. N. Idlibi (Abb. 5).

**Interessenskonflikt:** Die Autoren, Prof. Dr. Matthias Hannig und Prof. Dr. Christian Hannig, kooperieren mit der Heraeus Kulzer GmbH.

## Korrespondenzadressen

Prof. Dr. Matthias Hannig  
Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie  
und Präventive Zahnheilkunde  
Universitätsklinikum des Saarlandes,  
Geb. 73  
66421 Homburg/Saar  
matthias.hannig@uks.eu

Prof. Dr. Christian Hannig  
Poliklinik für Zahnerhaltung mit Bereich  
Kinderzahnheilkunde  
Universitätsklinikum Carl Gustav Carus,  
Technische Universität Dresden,  
Fetscherstraße 74, 01307 Dresden  
Christian.Hannig@uniklinikum-dresden.de

## Literatur

1. Akatsuka R, Matsumura K, Noji M et al.: Evaluation of hydroxyapatite film by powder jet deposition after artificial aging. *Key Eng Mater* 2013;529–530: 229–232
2. Akatsuka R, Matsumura K, Noji M, Tsunemoto K, Sasaki K: Evaluation of thermal stress in hydroxyapatite film fabricated by powder jet deposition. *Eur J Oral Sci* 2013;121:504–507
3. Akatsuka R, Sasaki K, Zahmaty MSS et al.: Characteristics of hydroxyapatite film formed on human enamel with the powder jet deposition technique. *J Biomed Mater Res B* 2011;98B: 210–216
4. Beniash E, Simmer JP, Margolis HC: Structural changes in amelogenin upon self-assembly and mineral interactions. *J Dent Res* 2012;91:967–972
5. Bonde JS, Bulow L: One-step purification of recombinant human amelogenin and use of amelogenin as a fusion partner. *Plos One* 2012;7:e33269

6. Busch S: Regeneration of human tooth enamel. *Angw Chem Int Ed* 2004;43: 1428–1431
7. Busch S, Schwarz U, Kniep R: Chemical and structural investigations of biomimetically grown fluorapatite-gelatin composite aggregates. *Adv Funct Mater* 2003;13:189–198
8. Cai J, Zhang Y, Liu P et al.: Generation of tooth-like structures from integration-free human urine induced pluripotent stem cells. *Cell Regeneration* 2013;2:6 (doi:10.1186/2045-9769-2-6)
9. Chen H, Clarkson BH, Sun K, Mansfield JF: Self-assembly of synthetic hydroxyapatite nanorods into an enamel prism-like structure. *J Colloid Interface Sci* 2005;288:97–103
10. Chen H, Sun K, Tang Z, Law RV, Mansfield JF, Clarkson BH: Synthesis of fluorapatite nanorods and nanowires by direct precipitation from solution. *Crystal Growth Design* 2006;6:1504–1508
11. Chen H, Tang Z, Liu J et al.: Acellular synthesis of a human enamel-like microstructure. *Adv Mater* 2006;18: 1846–1851
12. Chen L, Liang K, Li J, Wu D, Zhou X, Li J: Regeneration of biomimetic hydroxyapatite on etched human enamel by anionic PAMAM template in vitro. *Arch Oral Biol* 2013;58:975–980
13. Chung HY, Cheng CL: Microstructure and nanomechanical properties of enamel remineralized with asparagine-serine-serine peptide. *Mater Sci Eng* 2013;C33:969–973
14. Chung HY, Huang KC: Effects of peptide concentration on remineralisation of eroded enamel. *J Mechan Behav Biomed Mater* 2013;28:213–221
15. Chung HY, Li CC: Asparagine-serine-serine peptide regulates enamel remineralisation in vitro. *J Mater Res* 2013; 28:2890–2896
16. Chung HY, Li CC, Hsu CC: Characterization of the effects of 3DSS peptide on remineralized enamel in artificial saliva. *J Mechan Behav Biomed Mater* 2012;6: 74–79
17. Fan Y, Nelson JR, Alvarez JR, Hagan J, Berrier A, Xu X: Amelogenin-assisted ex vivo remineralisation of human enamel: effects of supersaturation degree and fluoride concentration. *Acta Biomater* 2011;7:2293–2302
18. Fan Y, Sun Z, Moradian-Oldak J: Controlled remineralisation of enamel in the presence of amelogenin and fluoride. *Biomaterials* 2009;30:478–483
19. Fan Y, Wen ZT, Liao S et al.: Novel amelogenin-releasing hydrogel for remineralisation of enamel artificial caries. *J Bioactive Compatible Polym* 2012;27: 585–603
20. Fang PA, Conway JF, Margolis HC, Simmer JP, Beniash E: Hierarchical self-assembly of amelogenin and the regulation of biomimetalization at the nanoscale. *PNAS* 2011;108:14097–14102
21. Galler KM, D'Souza R: Tissue engineering approaches for regenerative dentistry. *Regen Med* 2011;6:111–124
22. Gómez-Morales J, Iafisco M, Delgado-López JM, Sarda S, Drouet C: Progress on the preparation of nanocrystalline apatites and surface characterization: Overview of fundamental and applied aspects. *Progress Crystal Growth Characterization Mater* 2013;59:1–46
23. Guentsch A, Busch S, Seidler K et al.: Biomimetic mineralization: Effects of human enamel in vivo. *Adv Engin Mater* 2010;12:B571–B576
24. Hannig M, Hannig C: Nanomaterials in preventive dentistry. *Nature Nanotech* 2010;5:565–569
25. Hannig M, Hannig C: Nanotechnology and its role in caries therapy. *Adv Dent Res* 2012;24:53–57
26. Hannig M, Hannig C: Nanobiomaterials in preventive dentistry. In: Ahmed W, Subramani K, Hartsfield JK: *Nanobiomaterials in clinical dentistry*. Elsevier Inc. pp 167–186
27. Hontsu S, Kato N, Yamamoto E et al.: Regeneration of tooth enamel by flexible hydroxyapatite sheet. *Key Engineering Mat* 2012;493–494:615–619
28. Hsu, CC, Chung HY, Yang JM, Shi W, Wu B: Influence of 8DSS peptide on nano-mechanical behaviour of human enamel. *J Dent Res* 2011;90:88–92
29. Huang Z, Newcomb CJ, Bringas P, Stupp SI, Snead ML: Biological synthesis of tooth enamel instructed by artificial matrix. *Biomaterials* 2010;31: 9202–9211
30. Iafisco M, Delgado-Lopez JM, Gomez-Morales J, Hernandez-Hernandez MA, Rodriguez-Ruiz I, Roveri N: Formation of calcium phosphates by vapour diffusion in highly concentrated ionic microdroplets. *Cryst Res Technol* 2011; 46:841–846
31. Iijima M, Moradian-Oldak J: Control of apatite crystal growth in a fluoride containing amelogenin-rich matrix. *Biomaterials* 2005;26:1595–1603
32. Li L, Pan H, Tao J et al.: Repair of enamel by using hydroxyapatite nanoparticles as the building blocks. *J Mater Chem* 2008;18:4079–4084
33. Li L, Mao C, Wang J et al.: Bio-inspired enamel repair via glu-directed assembly of apatite nanoparticles: an approach to biomaterials with optimal characteristics. *Adv Mater* 2011;23: 4695–4701
34. Lussi A, Hellwig E, Klimek J: Fluorides – mode of action and recommendations for use. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2012;122:1030–1042
35. Margolis HC, Beniash E, Fowler CE: Role of macromolecular assembly of enamel matrix proteins in enamel formation. *J Dent Res* 2006;85:775–793
36. Meldrum FC, Cölfen H: Crystallization and formation mechanisms of nanostructures. *Nanoscale* 2010;2:2326–2327
37. Meldrum FC, Cölfen H: Controlling mineral morphologies and structures in biological and synthetic systems. *Chem Rev* 2008;108:4332–4432
38. Mitsiadis TA, Papagerakis P: Regenerated teeth: the future of tooth replacement? *Regen Med* 2011;6:135–139
39. Nishikawa H, Hatanaka R, Kusunoki M, Haymi T, Hontsu S: Preparation of free-standing hydroxyapatite membranes with excellent biocompatibility and flexibility. *Applied Physics Express* 2008;1:088001
40. Onuma K, Yamagishi K, Oyane A: Nucleation and growth of hydroxyapatite nanocrystals for non destructive repair of early caries lesions. *J Cryst Growth* 2005;282:199–207
41. Palmer LC, Newcomb, CJ, Kaltz SR, Spoeke ED, Stupp SI: Biomimetic systems for hydroxyapatite mineralization inspired by bone and enamel. *Chem Rev* 2008;108:4754–4783
42. Roveri N, Battistella E, Foltran I et al.: Synthetic biomimetic carbonate-hydroxyapatite nanocrystals for enamel remineralisation. *Adv Mater Res* 2008; 47–50:821–824
43. Ryu SC, Lim BK, Sun F, Koh K, Han DW, Lee J: Regeneration of a micro-scratched tooth enamel layer by nanoscale hydroxyapatite solution. *Bull Korean Chem Soc* 2009;30:887–890
44. Sanosh KP, Chu MC, Balakrishnan A, Lee YC, Kim TN, Cho SJ: Synthesis of nano hydroxyapatite powder that simulate teeth particle morphology and composition. *Current Applied Phys* 2009;9:1459–1462
45. Sarikaya M, Tamerler C, Jen AK, Schulten K, Baneyx F: Molecular biomimetics: Nanotechnology through biology. *Nat Mater* 2003;3:577–585
46. Sowmya S, Bumgardener JD, Chennazhi KP, Nair SV, Jayakumar R: Role of nanostructured biopolymers and bioceramics in enamel, dentin and periodontal tissue regeneration. *Polymer Sci* 2013;38:1748–1772
47. Sun Z, Carpioux W, Fan D, Fan Y, Lakshminarayanan R, Moradian-Oldak J: Apatite reduces amelogenin proteolysis by MMP-20 and KLK4 in vitro. *J Dent Res* 2010;89:344–348
48. Tsiourvas D, Tsetsekou A, Kammenou MI, Boukos N: Controlling the formation of hydroxyapatite nanorods with dendrimers. *J Am Ceram Soc* 2011;94: 2023–2029
49. Uskokovic V, Khan F, Liu H et al.: Hydrolysis of amelogenin by matrix metalloprotease-20 accelerates mineralization in vitro. *Arch Oral Biol* 2011;56: 1548–1559
50. Uskokovic V, Li W, Habelitz S: Biomimetic precipitation of uniaxially grown calcium phosphate crystals from full-length human amelogenin sols. *J Bion Engineering* 2011;8: 114–121

51. Wang C, Zhang Y, Wei J, Wei S: Effects of different pH conditions on enamel erosion repair by nano fluorapatite pastes. *J Nanosci Nanotechnol* 2012;12: 7346–7353
52. Wang L, Guan X, Yin H, Moradian-Oldak J, Nancollas GH: Mimicking the self-organized microstructure of tooth enamel. *J Phys Chem C: Nanomater Interfaces* 2008;112:5892–5899
53. Wang X, Xia C, Zhang Z et al.: Direct growth of human enamel-like calcium phosphate microstructures on human tooth. *J Nanosci Nanotechnol* 2009;9: 1361–1364
54. Willigeroth SF, Beneke K, Hannig M, Zimehl R: Preparation strategies for phosphate-based mineral biomaterials. *Progr Colloid Polym Sci* 2002;121: 1–6
55. Wu D, Yang J, Li J et al.: Hydroxyapatite-anchored dendrimer for in situ remineralization of human tooth enamel. *Biomaterials* 2013;34:5036–5047
56. Xie R, Feng Z, Li S, Xu B: EDTA-assisted self-assembly of fluoride-substituted hydroxyapatite coating on enamel substrate. *Cryst Growth Design* 2011;11: 5206–5214
57. Yamagishi K, Onuma K, Suzuki T et al.: Synthetic enamel for rapid tooth repair. *Nature* 2005;433:819
58. Yamamoto E, Kato N, Nishikawa H et al.: Adhesive strength between flexible hydroxyapatite sheet and tooth enamel. *Key Eng Mater* 2013;529–530:522–525
59. Yang X, Wang L, Qin Y et al.: How amelogenin orchestrates the organization of hierarchical elongated microstructures of apatite. *J Phys Chem B* 2010;114: 2293–2300
60. Yang S, He H, Wang L, Jia X, Feng H: Oriented crystallization of hydroxyapatite by the biomimetic amelogenin nanospheres from self-assemblies of amphiphilic dendrons. *Chem Commun* 2011;47:10100–10102
61. Yin Y, Yun S, Fang J, Chen H: Chemical regeneration of human tooth enamel under near-physiological conditions. *Chem Commun* 2009;21:5892–5894
62. Zhan J, Tseng YH, Chan JCC, Mou CY: Biomimetic formation of hydroxyapatite nanorods by a single-crystal-to-single-crystal transformation. *Adv Funct Mater* 2005;15:2005–2010
63. Zhang J, Jiang D, Zhang J, Lian Q, Huang Z: Synthesis of dental enamel-like hydroxyapatite through solution mediated solid-state conversion. *Langmuir* 2010;26:2989–2884
64. Zimehl R, Willigeroth SF, Hannig M, Frahm H: Nano-sized fluorapatite particles by controlled precipitation from heterogeneous systems. *Progr Colloid Polym Sci* 2004;129:110–118



# Einmal weit aufmachen, bitte.

Wer im Bereich Zahnmedizin noch aktueller informiert sein will, der findet bei zm-online alles Wissenswerte direkt aus erster Hand: egal, ob Hintergrundberichte, Interviews, Produktinnovationen oder Neuigkeiten aus der Wissenschaft. Nichts mehr verpassen: [www.zm-online.de](http://www.zm-online.de)

## zm<sub>online</sub>

Jetzt  
online  
gehen! 

[www.zm-online.de](http://www.zm-online.de)



E. Schneider<sup>1</sup>, S. Jepsen<sup>1</sup>, H. Dommisch<sup>1,2</sup>

# Revaskularisation avitaler Zähne

*Pulp revitalization of  
non-vital teeth*



E. Schneider



H. Dommisch

Die Therapie avitaler Zähne mit nicht-abgeschloss-nem Wurzelwachstum stellt eine besondere Herausforderung für den Zahnarzt dar. Bislang etablierte Therapieverfahren erlauben eine Apexifikation nach Applikation von Kalziumhydroxid in den Wurzelkanal über einen definierten Zeitraum. Alternativ kann der Verschluss der apikalen Region primär mit MTA erfolgen. Von einer Zunahme der Dentinwandstärke im Bereich der Wurzel kann bei diesen Methoden nicht ausgegangen werden. Die Revaskularisation ist ein neueres Therapieverfahren mit dem Ziel, Stammzellen aus der apikalen Papille der ungereiften Zahnwurzel durch gezielte Wurzelkanal desinfektion und anschließende provozierte Einblutung in das Wurzelkanallumen zu rekrutieren. Diese Stammzellen können dazu beitragen, dass einerseits die Dentinwandstärke zunimmt und andererseits das Wachstum der Wurzelspitze zum Abschluss kommt. Dieser Übersichtsartikel soll den Hintergrund des neuen Therapieverfahrens, dessen klinischen Ablauf sowie das mögliche Therapieergebnis darstellen und diskutieren.

(Dtsch Zahnärztl Z 2014, 69: 144–151)

*Schlüsselwörter: Revaskularisation; Revitalisierung; Apexifikation; regenerative Endodontie; wurzelunreife avitale Zähne*

For dentists, therapy of non-vital teeth with immature roots remains a major challenge. The temporary application of calcium hydroxide is an established method that allows apexification. As an alternative, MTA may be placed at the apical region in order to achieve primary obturation. It is unlikely that the described methods lead to increased dentinal walls of the root canal. Revascularization represents a novel method that aims to recruit stem cells from the apical papilla. Subsequent to root canal irrigation (disinfection) and provoked bleeding into the root canal space, stem cells may differentiate and lead to increased dentinal wall thickness and complete development of the apex. This article will provide information regarding the background on re-vascularization, its therapeutical regimen, and the potential treatment outcome will be discussed.

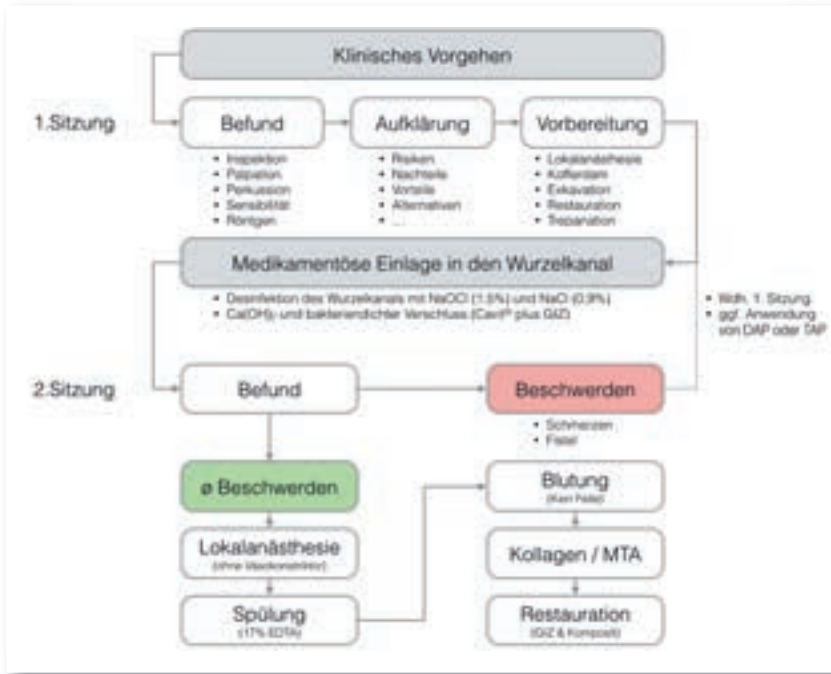
*Keywords: revascularization; revitalization; apexification; regenerative endodontics; immature non-vital teeth*

<sup>1</sup> Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde, Universitätsklinikum Bonn

<sup>2</sup> Department of Oral Health Sciences, University of Washington, Seattle, WA, USA

**Peer-reviewed article:** eingereicht: 20.01.2014, Fassung akzeptiert: 23.01.2014

**DOI** 10.3238/dzz.2014.0144-0151



**Abbildung 1** Schematische Darstellung des klinischen Ablaufes im Rahmen der Revitalisierung avitaler Zähne. Der zeitliche Abstand zwischen der ersten und der zweiten Behandlungssitzung sollte 2 bis 4 Wochen betragen. Abkürzungen: Ca(OH)<sub>2</sub>, Kalziumhydroxid; DAP, double antibiotic paste (zweifache antibiotische Mischung); EDTA, Ethylendiamintetraessigsäure; GIZ, Glasionomerzement; NaCl, Natriumchlorid; NaOCl, Natriumhypochlorit; TAP, triple antibiotic paste (dreifache antibiotische Mischung).

**Figure 1** Schematic illustration of the revascularization regimen for non-vital teeth. Between first and second visit, a time interval of 2 to 4 weeks should be considered. Abbreviations: Ca(OH)<sub>2</sub>, calcium hydroxide; DAP, double antibiotic paste; EDTA, ethylenediaminetetraacetic acid; GIZ, glasionomer cementum; NaCl, sodium chloride; NaOCl, sodium hypochlorite; TAP, triple antibiotic paste.

## Einleitung

Die traumatische oder kariöse Destruktion eines Zahnes mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum bedeutet in vielen Fällen eine Beeinträchtigung der weiteren Entwicklung der Zahnwurzel. Besonders bei den betroffenen Kindern und Jugendlichen ist der Zahnerhalt aus funktionellen, ästhetischen und psychologischen Gründen jedoch von großer Bedeutung.

Schwerwiegende dentale Traumata sowie profunde kariöse Läsionen können zu einer Nekrose der Zahnpulpa führen. Die traumatische Pulpanekrose wie auch die mikrobielle Infektion durch komplizierte Zahntraumata und Karies werden von entzündlichen Reaktionen der Zahnpulpa und des periapikalen Gewebes begleitet. Die Folge dieser Entzündungsprozesse können Resorptionen der Zahnhartsubstanzen sowie die Entstehung einer apikalen Par-

odontitis sein. In diesen Fällen kann eine frühzeitige endodontische Intervention entzündliche Reaktionen und Infektionen gezielt kontrollieren [50].

Eine besondere Schwierigkeit ist bei wurzelunreifen Zähnen die fehlende apikale Konstriktion, die eine konventionelle endodontische Therapie unmöglich macht. Daher können unterschiedliche alternative Therapieverfahren zum Einsatz kommen. Diese unterscheiden sich bezüglich der Ziele, haben jedoch alle die gründliche Desinfektion des Wurzelkanalsystems bzw. die Entzündungskontrolle als essenziellen Schritt gemein.

### 1. Apexifikation

Bei der Apexifikation handelt es sich um das klassische Therapieverfahren, in dessen Verlauf es zur Ausbildung einer apikalen Hartsubstanzbarriere kommen soll. Die Bildung wird durch die langfris-

tige medikamentöse Einlage (5–20 Monate) von Ca(OH)<sub>2</sub> induziert [6, 34], das zusätzlich antibakteriell [30] und osteoklastenhemmend wirkt [48]. Um die Hartsubstanzbildung zu beschleunigen und deren Fortschreiten zu kontrollieren, werden regelmäßige Wechsel der medikamentösen Einlage empfohlen [10].

Als vorteilhaft sind der apikale Verschluss durch Hartgewebe und der somit definierte Endpunkt für die Wurzelkanalfüllung anzusehen. Nachteilig sind die durch das Ca(OH)<sub>2</sub> reduzierte Frakturresistenz [1, 5, 37] aufgrund fehlender Stärkezunahme der Wurzelkanalwände [2].

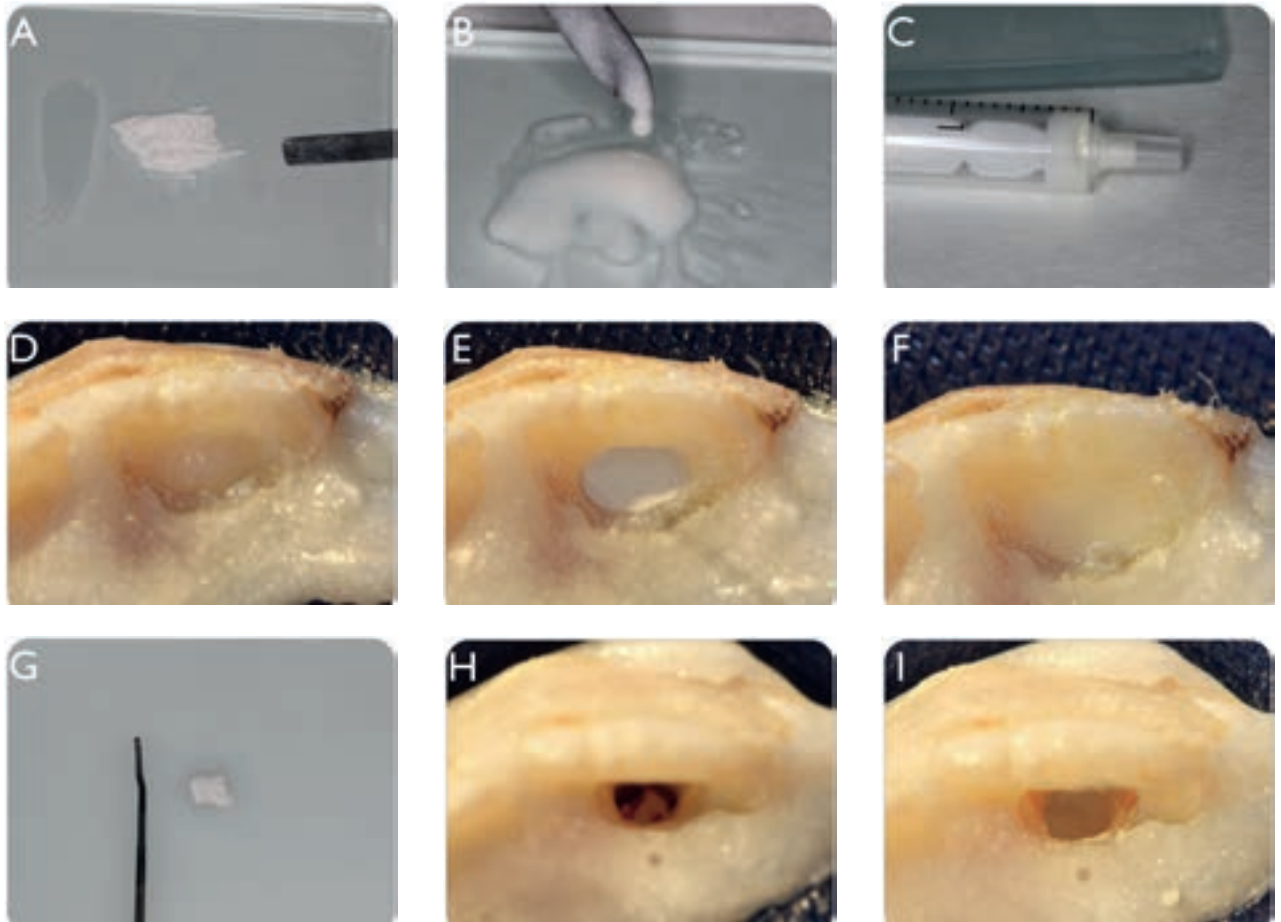
### 2. Apikaler Verschluss mit MTA

Nach der Phase der Desinfektion kann alternativ zur Apexifikation mit Ca(OH)<sub>2</sub> auch ein apikaler Verschluss mit MTA erfolgen [45]. Im Vergleich zur Apexifikation mit Ca(OH)<sub>2</sub> ist der Zeitaufwand geringer [41], da keine medikamentösen Langzeiteinlagen nötig sind. Vorteilhaft ist bei diesem Verfahren auch die nachgewiesene Regeneration der periapikalen Gewebe, bedingt durch die hohe Biokompatibilität und antibakterielle Wirkung des Materials [25, 32]. Der Nachteil ist auch bei diesem Verfahren die fehlende Zunahme von Wurzellänge und Stärke der Dentinwände des Wurzelkanals.

### 3. Revaskularisation

Die Revaskularisation ist ein Verfahren, das die Revitalisierung eines Zahnes mit nekrotischer Pulpa zum Ziel hat. Es soll durch Desinfektion und Induktion einer von apikal ausgehenden Einblutung in den leeren Wurzelkanal die Bildung von funktionsfähigem Gewebe erreicht werden [36, 44]. Dieses Gewebe führt im Idealfall zum Fortschreiten des Wachstums der Zahnwurzel, sowohl in Bezug auf die Wurzellänge als auch auf die Stärke der Dentinwände [3, 22]. Daraus resultieren eine höhere Frakturresistenz sowie Abwehrbereitschaft des Zahnes [36].

Zusammenfassend kann demnach die Revaskularisation, die einen vitalen Zahn mit abgeschlossenem Wurzelwachstum zum Ziel hat, als Methode mit einem günstigen Behandlungsergebnis angesehen werden. Im Folgen-



**Abbildung 2** Darstellung des klinischen Ablaufes im Rahmen der Revitalisierung avitaler Zähne. **A** und **B** steriles Anmischen von  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  bzw. DAP oder TAP; **C** und **D** Applikation der medikamentösen Einlage in den Wurzelkanal; **E** und **F** zweifacher bakteriendichter Verschluss mit Cavit und Glasionomerzement; **G**, Abmessen des Kollagenvlies vor dem Einbringen in das obere Wurzelkanal Drittel; **H** klinische Darstellung der provozierten Einblutung in den Wurzelkanal bis zum bereits applizierten Kollagenvlies; **I** Applikation von Mineral-Trioxid-Aggregat (MTA) in das obere Wurzelkanal Drittel.

**Figure 2** Illustration of the clinical revascularization procedure. **A** and **B** sterile preparation of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , DAP, and TAP, respectively; **C** and **D** application of the root canal dressing; **E** and **F** temporary coronal filling (sandwich technique using Cavit and glass ionomer cement); **G** size determination of the collagen matrix prior to application into the coronal third of the root canal; **H** illustration of the blood-filled root canal with the applied collagen matrix; **I** application of mineral trioxide aggregate (MTA) into the coronal third of the root canal.

den soll deshalb näher auf diesen neuen Therapieansatz eingegangen werden.

Es ist im Vorfeld anzumerken, dass es momentan keine international einheitliche Bezeichnung für diese Therapieform bei avitalen Zähnen gibt. Dies lässt sich primär auf die fehlenden Informationen bezüglich der entstehenden Gewebe zurückführen. Während Trope anfangs von einer „Revaskularisation“ [49] sprach, da es zu einer Einsprossung von Gefäßen kommt, wird der Prozess in neueren Publikationen als „Revitalisierung“ [26] bezeichnet. Die in einigen Untersuchungen beschriebene Entstehung von unspezifischem vitalen Gewebe unterstützt diesen Begriff [53]. Andere Autoren schlugen Bezeichnungen wie

„maturogenese“ [16, 52] vor, um eine Abgrenzung vom auf die apikale Region begrenzten Wachstum im Rahmen einer Apexifikation zu erreichen und die fortschreitende Entwicklung der gesamten Wurzel zu betonen. Der Terminus „Revaskularisation“ ist momentan im deutschsprachigen Raum am gebräuchlichsten, sollte jedoch zukünftig auf der Basis neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse evaluiert werden.

## Hintergrund

Im ersten Schritt der Revaskularisations-Behandlung wird das nekrotische Pulpagewebe entfernt und das Wurzelkanal-

system mithilfe von Spüllösungen und Medikamenten desinfiziert. Durch diese Maßnahmen wird ein Umfeld geschaffen, in dem sich neues, funktionsfähiges Gewebe bilden kann. Hierfür ist das Vorhandensein vitaler Stammzellen im periapikalen Bereich der unreifen Zahnwurzel essenziell, die das Potenzial haben, dentale Gewebe auszubilden. Verschiedene Studien konnten zeigen, dass sich dort besonders Stammzellen aus der apikalen Papille (stem cells of the apical papilla, SCAPs) befinden, die durch eine forcierte Einblutung größtenteils aus der apikalen Papille (stem cells of the apical papilla, SCAPs) stammen und durch forcierte Einblutung in den Wurzelkanal gelangen können [18, 27, 47]. Zusätzlich

scheinen auch Progenitor- und Stammzellen aus dem Parodontalligament (periodontal ligament stem cells, PDLSCs) und aus dem Knochenmark (bone marrow stem cells, BMSCs) über das Blut in den Kanal zu gelangen, was die in einigen Fällen nachgewiesene Bildung von zementähnlichem Gewebe im Wurzelkanal erklärt [18, 42].

Für die Differenzierung der Stammzellen ist das Vorhandensein eines stabilen Blutkoagulums entscheidend. Es enthält, ebenso wie das Dentin, viele Wachstumsfaktoren, die die Differenzierung, das Wachstum und die Reifung von Fibroblasten, Odontoblasten und Zementoblasten stimulieren können [53]. Zusätzlich dienen Dentin und Koagulum als Gerüst für die Neubildung von Gewebe [15].

Zum jetzigen Zeitpunkt ist nicht sicher vorhersagbar, welche Art von Gewebe sich bildet. In Studien an Hundezähnen wurde beschrieben, dass es sich um zementartiges Gewebe, Bindegewebe und Knochen handelt [44, 51]. Andere Studien konnten zeigen, dass sich einige zum Pulpa-Dentin-Komplex gehörende Elemente formiert hatten (Fibroblasten, Kollagen, Blutgefäße), andere aber fehlen (Odontoblasten) [36, 44, 46, 51]. In präklinischen Studien wurde jedoch bei gezielter Kombination von Wachstumsfaktoren und Stammzellen in einem Stützgerüst in Wurzelkanälen die Bildung eines nahezu vollständigen Pulpa-Dentin-Komplexes beobachtet [19, 24, 31].

## Indikationen

Aufgrund der noch fehlenden Evidenz gibt es zurzeit keine klar definierten Indikationsbereiche. Prinzipiell kann eine Revaskularisation angestrebt werden, wenn es bei einem wurzelunreifen Zahn zu einer Pulpanekrose gekommen ist.

In der Literatur existieren die meisten Fallberichte über Revaskularisationsbehandlungen von Zähnen mit traumatischer Schädigung (Avulsion, komplizierte und unkomplizierte Kronenfrakturen, Dislokation) und von Zähnen mit anatomischen Variationen (Dens evaginatus, Dens invaginatus) [8]. Ebenso gibt es Berichte über die erfolgreiche Revaskularisation von Zähnen, die infolge kariösen Befalls eine apikale Parodontitis entwickelt hatten [4, 28].

Zähne, die in eine der oben genannten Indikationsgruppen fielen und entsprechend therapiert wurden, sind in einigen aktuellen Studien anhand von Kontrollen über mehrere Jahre nachuntersucht worden [20, 21].

## Klinische Voraussetzungen

Um an einem Zahn mit Pulpanekrose eine Revaskularisation durchführen zu können, sollten bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein. Diesbezüglich können 2 Gruppen unterschieden werden: patientenbezogene und zahnbezogene Voraussetzungen.

### Patientenbezogene Voraussetzungen

In der Regel sind die Patienten, bei denen die Revaskularisation eines avitalen Zahnes angestrebt wird, Kinder und Jugendliche. Es sollte daher im Rahmen der Therapieentscheidung genau abgewogen werden, ob eine solche Behandlung möglich ist. Die Therapie wird in mehreren Sitzungen unter dem Operationsmikroskop und mit Kofferdamisolierung des Zahnes durchgeführt, was eine entsprechende Compliance des Patienten voraussetzt. Es ist daher besonders wichtig, im Vorfeld vor allem auch die Eltern eingehend aufzuklären und Alternativen abzuwägen. Aufgrund der fehlenden Evidenz sollte zudem eine schriftliche Aufklärung und Erläuterung der Therapie erfolgen und das Einverständnis der Eltern vorliegen [53].

Auch die sorgfältige Erhebung der Anamnese zur Abklärung relevanter Allgemeinerkrankungen oder Antibiotikaallergien ist ein wichtiger Schritt vor dem Beginn der Behandlung.

### Zahnbezogene Voraussetzungen

Die wichtigste Bedingung, die in Bezug auf den zu behandelnden Zahn erfüllt sein muss, ist das nicht abgeschlossene Wurzelwachstum. Je kürzer die Wurzel und je größer das apikale Foramen ist, umso eher ist eine Revaskularisation möglich [53]. Maximal zwei Drittel der Wurzellänge dürfen entwickelt sein, damit eine vollständige Einblutung und Gewebebildung bis in den koronalen Teil des Wurzelkanals möglich ist [53]. Dies lässt sich auf einem diagnostischen Röntgenbild (Zahnfilm) feststellen (s. Abb. 3A).

Der Wurzelkanal sollte gründlich desinfiziert sein und der Zahn mit Kofferdam isoliert werden können, um steriles Arbeiten zu gewährleisten. Gegebenenfalls sollten im Vorfeld eine Kariestherapie und/oder eine adhäsive Restauration erfolgen [23].

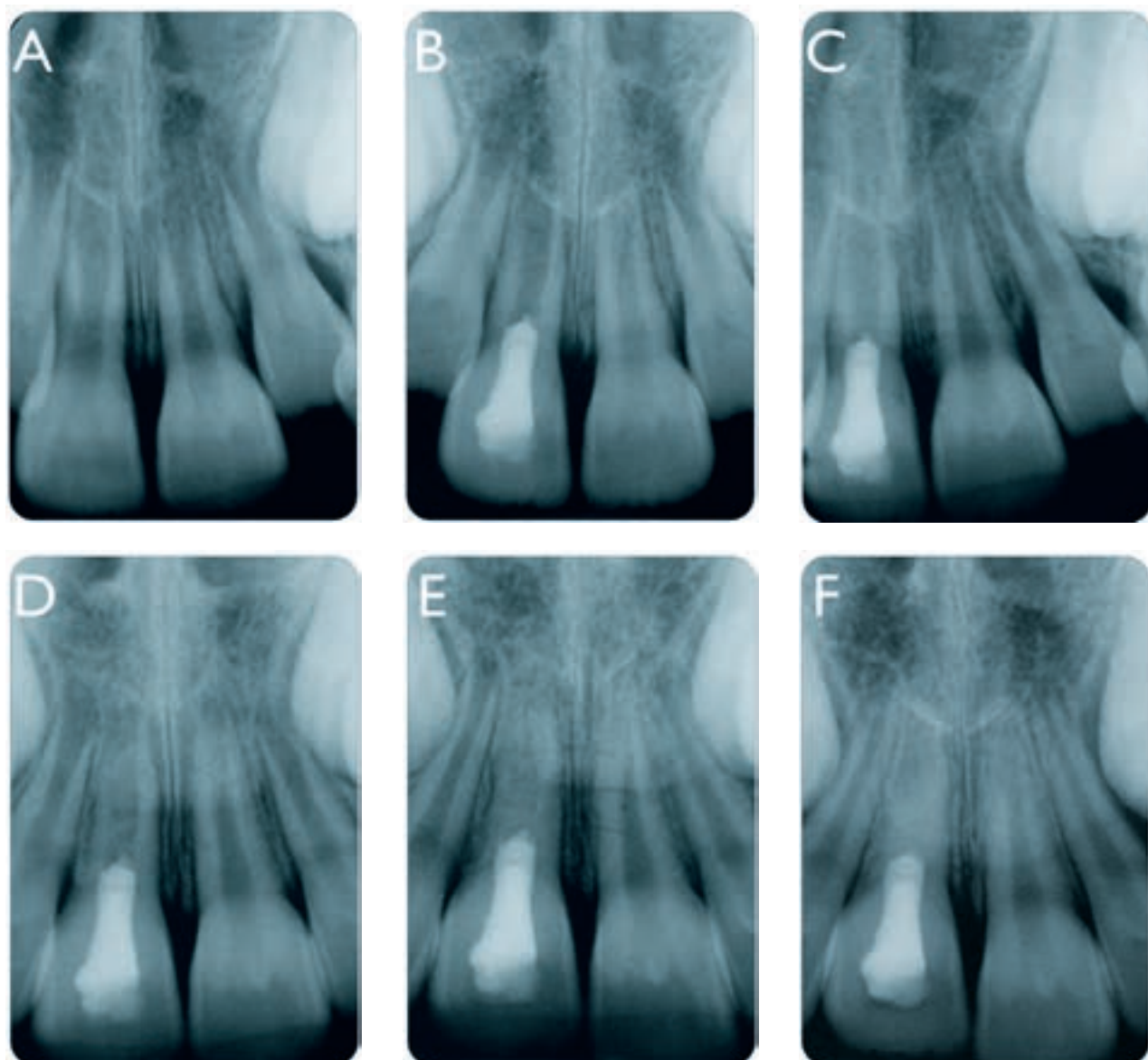
Im Rahmen der Behandlung muss die apikale Blutung stark genug sein, um den Kanal bis in den koronalen Teil zu füllen. Deshalb sollte auf eine Lokalanästhesie ohne Vasokonstriktorzusatz geachtet werden und die Blutung mit einer sterilen Handfeile kontrolliert induziert werden [2, 29].

Wichtige Voraussetzungen für die Induktion der Blutung und den finalen Verschluss des Kanals nach koronal sind ein klinisch unauffälliger Zahn sowie die Beschwerdefreiheit des Patienten [18].

## Klinischer Ablauf

Im Normalfall findet die Revaskularisationsbehandlung in 2 Sitzungen statt [8] (s. Abb. 1). Im Vorfeld sollte abgeklärt werden, ob die oben genannten patienten- und zahnbezogenen Voraussetzungen erfüllt sind. Ist dies der Fall, erfolgen in der ersten Sitzung zunächst eine eingehende Befundung und Aufklärung sowie ggf. die Versorgung kariöser Läsionen oder traumatisch bedingter Zahnhartsubstanzdefekte mit einer adhäsiven Restauration. Ist der Zahn entsprechend vorbereitet und mit Kofferdam isoliert, wird unter Lokalanästhesie die Trepanation vorgenommen. Es sollte das gesamte nekrotische Pulpagewebe entfernt und das Wurzelkanalsystem mit Natriumhypochlorit (NaOCl, 1,5 %) und Natriumchlorid (NaCl, 0,9 %) desinfiziert werden. Nach anschließender Trocknung wird  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  als medikamentöse Einlage in den Wurzelkanal eingebracht und der Zahn bakterien dicht provisorisch mit Cavit und Glasionomerzement verschlossen (s. Abb. 2E, 2F).

Zwei bis 4 Wochen später wird in der zweiten Sitzung zunächst erneut eine ausführliche Befundung durchgeführt. Berichtet der Patient über Beschwerden oder ist der Zahn klinisch auffällig (Fistel, Schwellung), wird nach erneuter Desinfektion des Wurzelkanals eine Antibiotikamischung (Ciprofloxacin, Metronidazol und Mino-cyclin oder Ciprofloxacin und Metroni-



**Abbildung 3** Röntgenologische Darstellung und Verlaufskontrolle nach Replantation und Revaskularisation des Zahnes 11. **A** Zustand nach Replantation; **B** röntgenologisches Kontrollbild unmittelbar nach Applikation des Kollagenfließes und MTA; **C** Kontrolle nach 3 Monaten; **D** Kontrolle nach 6 Monaten (Fortsetzung des Wurzellängenwachstums); **E** Kontrolle nach einem Jahr (Ausbildung der Wurzelspitze; Zunahme der Dentinwandstärke; zunehmende röntgenologische Obliteration des Wurzelkanallumens; periapikal ohne pathologischem Befund); **F** Kontrolle nach 2 Jahren (nahezu vollständige röntgenologische Obliteration des Wurzelkanallumens; periapikal ohne pathologischem Befund).

**Figure 3** Radiographic illustration and healing progress following replantation and revascularization of tooth 11. **A** immediately after replantation; **B** radiographic control image after application of collagen and MTA; **C** recall after 3 months; **D** recall after 6 months (radiographic visibility of root development); **E** recall after one year (apex development; increased thickness of dentinal walls; increased radiographic mineralization of the root canal; no periapical translucency); **F** recall after 2 years (nearly complete radiographic mineralization of the root canal; no periapical translucency).

(Abb. 1–3: E. Schneider, H. Dommisch)

dazol) [8] als medikamentöse Einlage appliziert (s. Abb. 2A–D). Hierbei ist zu bedenken, dass es durch die Anwendung von Antibiotika im Wurzelkanal zu Verfärbungen des Dentins kommen kann [29, 39]. Um diese zu vermeiden, wird eine vorherige Konditionierung des Dentins mit einem Bonding empfohlen [35].

Ist der Patient in der zweiten Sitzung beschwerdefrei und stellt sich der Zahn als unauffällig dar, wird nach Lokalanästhesie ohne Vasokonstriktor und Spülung mit EDTA (17 %) apikal eine Blutung induziert. Empfohlen wird hierfür eine Kerr-Feile, mit der kontrolliert apikal 2 mm überinstrumentiert werden sollte, sodass der Wurzelkanal bis kurz

unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze durch die Blutung gefüllt wird und sich ein stabiles Koagulum bildet. Dieses ist entscheidend, um ein Absinken des MTAs nach apikal zu verhindern und damit den Raum für die Neubildung von Gewebe zu reduzieren [26]. Oberhalb wird der Kanal anschließend mit Kollagen (s. Abb. 2G, 2H) und darauf mit

einem MTA-Plug von 3 mm Stärke abgedichtet (s. Abb. 2I). Es ist wichtig, hierfür weißes MTA zu verwenden, da es bei Verwendung von grauem MTA zu Verfärbungen im koronalen Bereich kommen kann [33].

Der bakterien-dichte Verschluss sollte mit Cavit und Glasionomerzement oder einer adhäsiven Restauration vorgenommen werden. Anschließend erfolgt die röntgenologische Kontrolle (s. Abb. 3B).

Wenn aufgrund von Beschwerden oder Entzündungszeichen die Einlage einer Antibiotikamischung nötig war, werden die für die zweite Sitzung vorgesehenen Maßnahmen im Rahmen der dritten Sitzung durchgeführt.

Die klinischen und röntgenologischen Nachkontrollen sollten nach 3 (s. Abb. 3C) und 6 (s. Abb. 3D) Monaten erfolgen, im Anschluss daran jährlich (s. Abb. 3E, 3F) über einen Zeitraum von 4 Jahren.

Kommt es im weiteren Verlauf zu Beschwerden oder sind Anzeichen einer Infektion bzw. Entzündung erkennbar, sollte die endodontische Therapie im Sinne einer Apexifikation in Betracht gezogen werden.

## Diskussion

Obwohl es immer mehr Publikationen gibt, die sich mit der Revaskularisation avitaler Zähne beschäftigen, sind zurzeit noch keine evidenzbasierten Aussagen zu dieser alternativen Therapieform möglich. Die meisten Veröffentlichungen zu diesem relativ neuen Therapieansatz sind Fallberichte. Diese beschreiben Revaskularisationen an Zähnen mit traumatischer Schädigung der Pulpa, mit bakterieller Invasion durch Karies und apikaler Parodontitis oder mit anatomischen Variationen (*Dens evaginatus*, *Dens invaginatus*) [8, 20, 21]. Es wird in den Darstellungen deutlich, dass das Therapieergebnis in fast allen Fällen sehr günstig ist, vor allem auch im Vergleich zur konventionellen Apexifikation mit  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  oder MTA [21]. Es ist jedoch kaum möglich, aus den Fallberichten klare Erkenntnisse zu ziehen, da weder die Behandlungsprotokolle einheitlich, noch die Evaluierungskriterien identisch sind. Wigler et al. und Diogenes et al. haben in Übersichtsarbeiten die bisher publizierten Artikel zusammengefasst und erste Empfehlungen

bezüglich Indikationen und Vorgehen formuliert, die jedoch im Laufe der Zeit verifiziert werden müssen [8, 53].

Dass eine Revaskularisation im Sinne der Entstehung eines funktionsfähigen Pulpa-Dentin-Komplexes funktionieren kann, wurde *in vitro* bereits mehrfach nachgewiesen [19, 24, 31]. Es ist für den klinischen Alltag von großer Bedeutung, wie dieser Prozess steuerbar ist und welche Faktoren Einfluss nehmen.

Eine wichtige Voraussetzung, um die Revaskularisation eines Zahnes überhaupt zu ermöglichen, ist die Desinfektion des Wurzelkanalsystems. Diese erfolgt primär chemisch über Spüllösungen und medikamentöse Einlagen. Es ist untersucht worden, inwieweit unterschiedlich konzentrierte Spüllösungen das Vorhandensein bzw. Überleben der für die Revaskularisation entscheidenden Stammzellen beeinflussen [8]. Zur Desinfektion und zum Auflösen von infiziertem nekrotischen Gewebe sollte Natriumhypochlorit ( $\text{NaOCl}$ ) zum Einsatz kommen. Die Wirksamkeit von  $\text{NaOCl}$  ist unter anderem abhängig von der Konzentration (1,5–6 %) [54], die aber auch das Überleben von Stammzellen aus der apikalen Papille (SCAPs) beeinflusst [14, 47]. Je höher die Konzentration von  $\text{NaOCl}$  ist, umso weniger SCAPs überleben [47]. Es konnte gezeigt werden, dass bei einer Konzentration von 1,5 % und zusätzlicher Spülung mit 17 % Ethylendiamintetraacetat (EDTA) die meisten SCAPs überleben und deren Differenzierung und Wachstum sogar positiv durch EDTA beeinflusst werden können [8, 9].

Ein weiterer Faktor, der die Stammzellen im Rahmen der Therapie beeinflusst, ist die medikamentöse Einlage. In den meisten der publizierten Fallberichte kam eine Antibiotikamischung aus Ciprofloxacin, Metronidazol und Minocyclin zum Einsatz [8, 17]. Diese Kombination hat eine sehr gute Wirksamkeit gegen endodontisch relevante Bakterien [43] und kann in verschiedenen Konzentrationen verwendet werden [8]. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass die Antibiotikamischung nur in der Konzentration von 1 mg/ml keine toxische Wirkung auf die SCAPs hatte [38]. Alternativ kann als medikamentöse Einlage  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  verwendet werden, welches keinerlei toxische Wirkung auf die Stammzellen hat und deren Proliferation und Differenzierung sogar positiv beeinflusst [38]. Auf der Basis dieser Ergebnisse kann  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  als Medika-

ment der ersten Wahl angesehen werden, der Einsatz von Antibiotika erscheint nicht zwingend notwendig zu sein. Im Falle persistierender Schmerzsymptomatik und/oder entsprechender klinischer Befunde (Fistel, Schwellung) kann eine antibiotische Einlage in entsprechender Konzentration indiziert sein [8]. Eine zurückhaltende Anwendung von Antibiotika ist besonders wichtig, um die Entwicklung eventueller Resistenzen zu vermeiden [18, 40] und die Wahrscheinlichkeit allergischer Reaktionen zu minimieren [35].

Ein weiterer wichtiger Faktor, der für die Revaskularisation essenziell ist, ist die Ausbildung eines Blutkoagulums. Die Bedeutung eines solchen Gerüsts für die Proliferation und Differenzierung von Stammzellen sowie die Interaktion mit Wachstumsfaktoren konnte *in vitro* gezeigt werden [19]. Zusätzlich wurden synthetische Materialien untersucht, welche die Funktion eines Stützgerüsts optimal übernehmen und das Zusammenspiel von Stammzellen und Wachstumsfaktoren fördern können [7, 11–13]. Eventuell können in Zukunft solche Materialien den Verlauf einer Revaskularisation positiv beeinflussen.

Es wird deutlich, dass es vielversprechend ist, die *In-vitro*-Untersuchungen fortzusetzen und die Ergebnisse im klinischen Alltag zu verifizieren, um die Revaskularisation avitaler Zähne vorhersagbarer und reproduzierbarer zu machen.

## Schlussfolgerungen

Die Revaskularisation wurzelunreifer Zähne mit Pulpanekrose hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Die Vorstellung, einen Zahn durch „regenerative“ Maßnahmen revitalisieren zu können und damit ein Fortschreiten des Wurzelwachstums zu ermöglichen, eröffnet neue Dimensionen. Auch wenn es heute gelingt, Wurzelkanalbehandlungen auf hohem Niveau mit vorhersagbarem Ergebnis durchzuführen, so ist ein vitaler Zahn bezüglich Funktion und Prognose immer überlegen. Es wäre wünschenswert, dass die weiteren Untersuchungen zur Revaskularisation Informationen liefern, die zeigen, ob diese sich als Therapiealternative zur Apexifikation etablieren kann.

Der therapeutische Vorteil der Revaskularisation ist es, dass bei Ausbleiben des weiteren Wurzelwachstums

und/oder Eintreten anderer Komplikationen das Therapieverfahren der Apexifikation weiterhin möglich ist.

In diesem Zusammenhang ist es erforderlich, dass kontrollierte (und randomisierte) klinische Studien durchgeführt werden, welche für die Maßnahmen der Revaskularisation ein einheitliches Protokoll vorsehen. Daher sollen im Rahmen des „Arbeitskreises Pulpa-biologie (DGET)“ hinsichtlich zukünftiger klinischer Studien diese Protokolle erarbeitet und definierte Studienzentren ausgerufen werden. Zusätzlich sollen zukünftige grundlagenwissenschaftliche

Erkenntnisse das Verständnis der pulpalen Regeneration verbessern und neue therapeutische Ansätze erarbeitet werden. Bestätigen sich die bisherigen Erkenntnisse, könnte die Revaskularisation als weitere verlässliche Therapiemaßnahme für avitale Zähne mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum etabliert werden.

**Interessenskonflikt:** Die Autoren erklären, dass kein Interessenskonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

#### Korrespondenzadressen

Priv.-Doz. Dr. Henrik Dommisch  
Oberarzt  
dommisch@uni-bonn.de

Dr. Eva Schneider  
eva.schneider@uni-bonn.de

Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde  
Universitätsklinikum Bonn  
Welschnonnenstraße 17  
53111 Bonn

## Literatur

- Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC: Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol* 2002;18:134–137
- Banchs F, Trope M: Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *J Endod* 2004;30:196–200
- Bose R, Nummikoski P, Hargreaves K: A retrospective evaluation of radiographic outcomes in immature teeth with necrotic root canal systems treated with regenerative endodontic procedures. *J Endod* 2009;35:1343–1349
- Chen MY, Chen KL, Chen CA, Tayebaty F, Rosenberg PA, Lin LM: Responses of immature permanent teeth with infected necrotic pulp tissue and apical periodontitis/abscess to revascularization procedures. *Int Endod J* 2012;45:294–305
- Cvek M: Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study. *Endod Dent Traumatol* 1992;8:45–55
- Cvek M, Granath L, Cleaton-Jones P, Austin J: Hard tissue barrier formation in pulpotomized monkey teeth capped with cyanoacrylate or calcium hydroxide for 10 and 60 minutes. *J Dent Res* 1987;66:1166–1174
- Demarco FF, Casagrande L, Zhang Z et al.: Effects of morphogen and scaffold porogen on the differentiation of dental pulp stem cells. *J Endod* 2010;36:1805–1811
- Diogenes AH, Henry MA, Teixeira FB, Hargreaves KM: An update on clinical regenerative endodontics. *Endodontic Topics* 2013;28:2–23
- Egusa H, Sonoyama W, Nishimura M, Atsuta I, Akiyama K: Stem cells in dentistry – Part II: Clinical applications. *J Prosthodont Res* 2012;56:229–248
- Finucane D, Kinirons MJ: External inflammatory and replacement resorption of luxated, and avulsed replanted permanent incisors: a review and case presentation. *Dent Traumatol* 2003;19:170–174
- Galler KM, D'Souza RN: Tissue engineering approaches for regenerative dentistry. *Regen Med* 2011;6:111–124
- Galler KM, D'Souza RN, Hartgerink JD, Schmalz G: Scaffolds for dental pulp tissue engineering. *Adv Dent Res* 2011;23:333–339
- Galler KM, Hartgerink JD, Cavender AC, Schmalz G, D'Souza RN: A customized self-assembling peptide hydrogel for dental pulp tissue engineering. *Tissue Eng Part A* 2012;18:176–184
- Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y: Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am* 2010;54:291–312
- Hargreaves KM, Diogenes A, Teixeira FB: Treatment options: biological basis of regenerative endodontic procedures. *Pediatr Dent* 2013;35:129–140
- Hargreaves KM, Giesler T, Henry M, Wang Y: Regeneration potential of the young permanent tooth: what does the future hold? *J Endod* 2008;34:S51–56
- Hoshino E, Kurihara-Ando N, Sato I et al.: In-vitro antibacterial susceptibility of bacteria taken from infected root dentine to a mixture of ciprofloxacin, metronidazole and minocycline. *Int Endod J* 1996;29:125–130
- Huang GT: A paradigm shift in endodontic management of immature teeth: conservation of stem cells for regeneration. *J Dent* 2008;36:379–386
- Huang GT, Yamaza T, Shea LD et al.: Stem/progenitor cell-mediated de novo regeneration of dental pulp with newly deposited continuous layer of dentin in an in vivo model. *Tissue Eng Part A* 2010;16:605–615
- Jadhav G, Shah N, Logani A: Revascularization with and without platelet-rich plasma in nonvital, immature, anterior teeth: a pilot clinical study. *J Endod* 2012;38:1581–1587
- Jeeruphan T, Jantarat J, Yanpiset K, Suwannapan L, Khewsawai P, Hargreaves KM: Mahidol study 1: comparison of radiographic and survival outcomes of immature teeth treated with either regenerative endodontic or apexification methods: a retrospective study. *J Endod* 2012;38:1330–1336
- Jung IY, Lee SJ, Hargreaves KM: Biologically based treatment of immature permanent teeth with pulpal necrosis: a case series. *J Endod* 2008;34:876–887
- Kling M, Cvek M, Mejare I: Rate and predictability of pulp revascularization in therapeutically reimplanted permanent incisors. *Endod Dent Traumatol* 1986;2:83–89
- Kodonas K, Gogos C, Papadimitriou S, Kouzi-Koliakou K, Tziafas D: Experimental formation of dentin-like structure in the root canal implant model using cryopreserved swine dental pulp progenitor cells. *J Endod* 2012;38:913–919
- Koh ET, McDonald F, Pitt Ford TR, Torabinejad M: Cellular response to mineral trioxide aggregate. *J Endod* 1998;24:543–547
- Lenzi R, Trope M: Revitalization procedures in two traumatized incisors with different biological outcomes. *J Endod* 2012;38:411–414
- Lovelace TW, Henry MA, Hargreaves KM, Diogenes A: Evaluation of the delivery of mesenchymal stem cells into the root canal space of necrotic immature teeth after clinical regenerative endodontic procedure. *J Endod* 2011;37:133–138
- Martin G, Ricucci D, Gibbs JL, Lin LM: Histological findings of revascularized/revitalized immature permanent molar with apical periodontitis using platelet-rich plasma. *J Endod* 2013;39:138–144
- Miller EK, Lee JY, Tawil PZ, Teixeira FB, Vann WF, Jr.: Emerging therapies for the management of traumatized imma-



- ture permanent incisors. *Pediatr Dent* 2012;34:66–69
30. Mohammadi Z, Dummer PM: Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J* 2011;44:697–730
31. Nakashima M, Iohara K: Regeneration of dental pulp by stem cells. *Adv Dent Res* 2011;23:313–319
32. Pace R, Giuliani V, Pini Prato L, Baccetti T, Pagavino G: Apical plug technique using mineral trioxide aggregate: results from a case series. *Int Endod J* 2007;40:478–484
33. Parirokh M, Torabinejad M: Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review – Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *J Endod* 2010;36:400–413
34. Rafter M: Apexification: a review. *Dent Traumatol* 2005;21:1–8
35. Reynolds K, Johnson JD, Cohenca N: Pulp revascularization of necrotic bilateral bicuspid using a modified novel technique to eliminate potential coronal discoloration: a case report. *Int Endod J* 2009;42:84–92
36. Ritter AL, Ritter AV, Murrah V, Sigurdson A, Trope M: Pulp revascularization of replanted immature dog teeth after treatment with minocycline and doxycycline assessed by laser Doppler flowmetry, radiography, and histology. *Dent Traumatol* 2004;20:75–84
37. Rosenberg B, Murray PE, Namerow K: The effect of calcium hydroxide root filling on dentin fracture strength. *Dent Traumatol* 2007;23:26–29
38. Ruparel NB, Teixeira FB, Ferraz CC, Diogenes A: Direct effect of intracanal medicaments on survival of stem cells of the apical papilla. *J Endod* 2012;38:1372–1375
39. Sato I, Ando-Kurihara N, Kota K, Iwaku M, Hoshino E: Sterilization of infected root-canal dentine by topical application of a mixture of ciprofloxacin, metronidazole and minocycline in situ. *Int Endod J* 1996;29:118–124
40. Sedgley CM, Lee EH, Martin MJ, Flannagan SE: Antibiotic resistance gene transfer between *Streptococcus gordonii* and *Enterococcus faecalis* in root canals of teeth ex vivo. *J Endod* 2008;34:570–574
41. Shabahang S, Torabinejad M: Treatment of teeth with open apices using mineral trioxide aggregate. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 2000;12:315–320
42. Shah N, Logani A, Bhaskar U, Aggarwal V: Efficacy of revascularization to induce apexification/apexogenesis in infected, nonvital, immature teeth: a pilot clinical study. *J Endod* 2008;34:919–925
43. Takushige T, Cruz EV, Asgor Moral A, Hoshino E: Endodontic treatment of primary teeth using a combination of antibacterial drugs. *Int Endod J* 2004;37:132–138
44. Thibodeau B, Trope M: Pulp revascularization of a necrotic infected immature permanent tooth: case report and review of the literature. *Pediatr Dent* 2007;29:47–50
45. Torabinejad M, Chivian N: Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 1999;25:197–205
46. Torabinejad M, Corr R, Buhley M, Wright K, Shabahang S: An animal model to study regenerative endodontics. *J Endod* 2011;37:197–202
47. Trevino EG, Patwardhan AN, Henry MA et al.: Effect of irrigants on the survival of human stem cells of the apical papilla in a platelet-rich plasma scaffold in human root tips. *J Endod* 2011;37:1109–1115
48. Tronstad L, Andreasen JO, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I: pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J Endod* 1981;7:17–21
49. Trope M: Regenerative potential of dental pulp. *Pediatr Dent* 2008;30:206–210
50. Trope M: Avulsion of permanent teeth: theory to practice. *Dent Traumatol* 2011;27:281–294
51. Wang X, Thibodeau B, Trope M, Lin LM, Huang GT: Histologic characterization of regenerated tissues in canal space after the revitalization/revascularization procedure of immature dog teeth with apical periodontitis. *J Endod* 2010;36:56–63
52. Weisleder R, Benitez CR: Maturogenesis: is it a new concept? *J Endod* 2003;29:776–778
53. Wigler R, Kaufman AY, Lin S, Steinbock N, Hazan-Molina H, Torneck CD: Revascularization: a treatment for permanent teeth with necrotic pulp and incomplete root development. *J Endod* 2013;39:319–326
54. Zehnder M: Root canal irrigants. *J Endod* 2006;32:389–398

K. M. Galler<sup>1</sup>

# Perspektiven in der Pulparegeneration\*

*Perspectives in pulp regeneration*



K. M. Galler

Als häufigste endodontische Therapie zum Zahnerhalt wird die Wurzelkanalbehandlung einschließlich der Obturation des Wurzelkanalsystems mittels eines synthetischen Materials standardmäßig durchgeführt. Neue Erkenntnisse aus Klinik und Forschung geben jedoch Grund zur Annahme, dass eine Regeneration der Zahnpulpa möglich sein könnte. Seit mehreren Jahren ist es möglich, Stammzellen aus der Pulpa zu isolieren, die in der Lage sind, zu differenzieren und neues Pulpagewebe sowie Dentin zu bilden. Aus dem Bereich der Biomaterialien steht mittlerweile eine Vielzahl an Trägermaterialien (Scaffolds) für Stammzellen zur Verfügung. Für bestimmte Anwendungsbereiche können nun geeignete Materialien identifiziert werden und diese können durch Modifikation bioaktiv gestaltet werden, um die Neubildung des Zielgewebes zu unterstützen. Die Begriffe Regeneration und Tissue Engineering sind hierbei voneinander abzugrenzen. Während Regeneration die Fähigkeit des Organismus bezeichnet, zerstörtes Gewebe wiederherzustellen, wird beim Tissue Engineering durch bewusstes Eingreifen der Prozess der Gewebeherstellung kontrolliert und optimiert und dadurch häufig auch erst ermöglicht. Dies geschieht in der Regel durch das Einbringen eines mit Stammzellen beladenen bioaktiven Trägermaterials in den Organismus. Ergebnisse aus dem Bereich der Grundlagenforschung zum Thema Zahnpulpa zeigen, dass dentale Stammzellen nach Ein-  
 saaat in ein geeignetes Trägermaterial Pulpagewebe und tubuläres Dentin bilden können. Dies wurde in Tierversuchen zunächst anhand von Modellen mit Zahnscheiben oder Dentinzyklindern zur Imitation der Pulpakammer bzw. des Wurzelkanals gezeigt, mittlerweile jedoch auch in Versuchen im Wurzelkanal von Zähnen nachgewiesen. In eigenen Arbeiten wurde ein Peptid-basiertes Hydrogel für die Anwendung zur Pulparegeneration im Wurzelkanal modifiziert und für die Adhäsion und Proliferation von Pulpastammzellen optimiert. In einem darauffolgenden Versuch wurden Dentinzyklinder mit Hydrogel und Stammzellen beschickt und im Mausmodell subkutan implantiert. Nach 5 Wochen hatte sich innerhalb der Dentinwände ein vaskularisiertes, pulpaähnliches Gewebe gebildet, wobei die dem Dentin anliegenden Zellen differenziert waren und ein Odonto-

Root canal treatment is a procedure that is commonly performed in dental offices worldwide in order to preserve teeth after loss of the dental pulp. Its final step includes the obturation of the root canal system with a synthetic material. However, advances in research as well as in clinical practice indicate that regeneration of dental pulp might be possible. To date, stem cells can be isolated from dental pulp, which are capable of differentiation and formation of new pulp and dentin. Numerous scaffold materials for regenerative medicine and tissue engineering are available. Suitable materials can be identified for specific applications; they can be customized and made bioactive in order to support formation of the target tissue. In this context, the terms "Regeneration" and "Tissue Engineering" should be distinguished. Regeneration refers to an organisms' capability to restore damaged tissues, whereas Tissue Engineering aims at improving or replacing tissue function by combining cells with a bioactive material to enable and control tissue formation. Results from the area of basic research in dentistry show that dental stem cells that have been seeded into a suitable scaffold material are able to form pulp and tubular dentin. Animal experiments provide proof of principle, initially with tooth slices and later with dentin cylinders to imitate the pulp chamber and the root canal, respectively; recent experiments show pulp tissue formation within the root canal in dog teeth. In previous own work, peptide-based hydrogels were modified for an application in the root canal and optimized for adhesion and proliferation of dental pulp stem cells. In a next step, dentin cylinders laden with hydrogels and pulpal stem cells were implanted subcutaneously in a mouse model. After 5 weeks, a vascularized, pulp-like tissue had formed within the cylinders, where cells adjacent to the dentin walls had differentiated and expressed a protein specific for odontoblasts. Clinical case reports, on the other hand, describe a procedure to revitalize immature teeth with incomplete root formation. Provocation of bleeding into the root canal provides a guide rail for cells of the apical papilla of the forming root to migrate, re-populate the root canal and form new tissue. After this procedure, completion of root formation and healing even of ex-

<sup>1</sup> Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Universitätsklinikum Regensburg

\* Dieser Text wurde in ähnlicher Form abgedruckt in der Zeitschrift „Wehrmedizin und Wehrpharmazie“ 2/2012.

Peer-reviewed article: eingereicht: 20.01.2014, Fassung akzeptiert: 23.01.2014

DOI 10.3238/dzz.2014.0152-0157

blasten-spezifisches Protein exprimierten. Im Bereich der Klinik beschreiben Fallberichte ein Prozedere zur Revitalisierung bei jugendlichen Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum. Über die Erzeugung einer Einblutung in den Wurzelkanal wird eine Leitschiene für Zellen geschaffen, die es Zellen aus der apikalen Papille der sich bildenden Wurzel ermöglicht, einzuwandern und wieder Gewebe zu bilden. Dadurch kann es zum Fortschreiten des Wurzelwachstums und sogar zur Ausheilung ausgedehnter periapikaler Läsionen kommen. Diese Entwicklungen aus Forschung und Klinik lassen einen Paradigmenwechsel im Bereich der Endodontie erwarten, nach welchem regenerative Behandlungskonzepte in ausgewählten Fällen zunehmend in den klinischen Alltag Einzug halten könnten. (Dtsch Zahnärztl Z 2014; 69: 152–157)

*Schlüsselworte: Regenerative Endodontie, Revitalisierung, Tissue Engineering, Dentale Stammzellen*

### **Konventionelle Wurzelkanalbehandlung**

Der menschliche Zahn ist, bei genauerer Betrachtung, ein komplexes kleines Organ, zusammengesetzt aus verschiedenen Hart- und Weichgeweben. Die mineralisierten Gewebe – Schmelz, Dentin und Zementum – umschließen dabei das Weichgewebe der dentalen Pulpa. Über eine Öffnung am Apex steht dieses mit den umliegenden Gewebestrukturen in Verbindung. Entwicklungsgeschichtlich sind Pulpa und Dentin eng miteinander verbunden, da nach erfolgter Zelldifferenzierung ektomesenchymaler Zellen zu Odontoblasten diese Zellen beginnen, Dentin zu bilden und somit das Weichgewebe oder Endodont einzumauern. Dabei hinterlässt jeder Odontoblast einen Zellfortsatz im Dentin, welches dadurch bedingt eine tubuläre Struktur aufweist. Aufgrund dieser engen Verbindung sprechen wir auch vom Pulpa-Dentin-Komplex, und Dentin ist, ähnlich dem Knochen, als vitales Gewebe zu sehen. Wird aufgrund von äußeren Einflüssen, meist Karies oder Trauma, der schützende Hartgewebsmantel teilweise zerstört, kommt es über das Eindringen von Bakterien sowie deren Toxinen zur Entzündungsreaktion im Pulpagewebe, welches bei fort-dauernder und übermäßiger Reizeinwirkung oder ausbleibender therapeutischer Intervention zur Gewebszerstörung und Nekrose führt.

Das Ziel der endodontischen Therapie besteht nun darin, irreversibel geschädigtes oder nekrotisches Pulpagewebe zu entfernen, die Zahl der Bakterien im Wurzelkanalsystem durch ausreichende Des-

infektion zu dezimieren und den entstandenen Hohlraum anschließend mit einem Wurzelfüllmaterial zu verschließen. Dadurch soll eine weitere Ausbreitung von Mikroorganismen verhindert werden, eine Ausheilung der beteiligten Gewebsstrukturen ermöglicht und der Zahn möglichst langfristig in der Mundhöhle erhalten werden. Als Wurzelkanalfüller dienen hierbei synthetische Materialien, zumeist Guttapercha in Kombination mit einem härtenden Sealer. Dadurch ist in über 90 % der Fälle ein Zahnerhalt möglich [4], jedoch geht mit dem Verlust des Endodonts auch dessen Funktionen verloren. Dazu gehören die Innervation und Befeuchtung des Dentins, die immunologische Abwehrleistung, die Schmerzleitung als Warnsystem, die Bildung von Reiz- oder Reparaturdentin sowie, im Sonderfalle des jugendlichen Patienten, der Abschluss des Wurzelwachstums.

Der Erhalt einer vitalen Pulpa ist insbesondere bei jugendlichen Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum kritisch, da mit deren Verlust, meist nach Trauma, auch das Wurzelwachstum zum Erliegen kommt. Dabei erschwert der weit offene Apex mit dünn auslaufenden, fraktur anfälligen Dentinwänden die suffiziente Wurzelkanalfüllung erheblich. Das bisher geläufige Therapiekonzept der Apexifikation, durch welche im apikalen Bereich eine Hartgewebsbarriere induziert werden soll, ist zeitaufwendig und führt auch bei erfolgreichem Abschluss zumeist zwar zu einer Verdickung der Dentinwände, nicht jedoch zu einer Zunahme des Wurzellängenwachstums.

Durch die rasche Entwicklung regenerativer Strategien im Bereich des Tissue

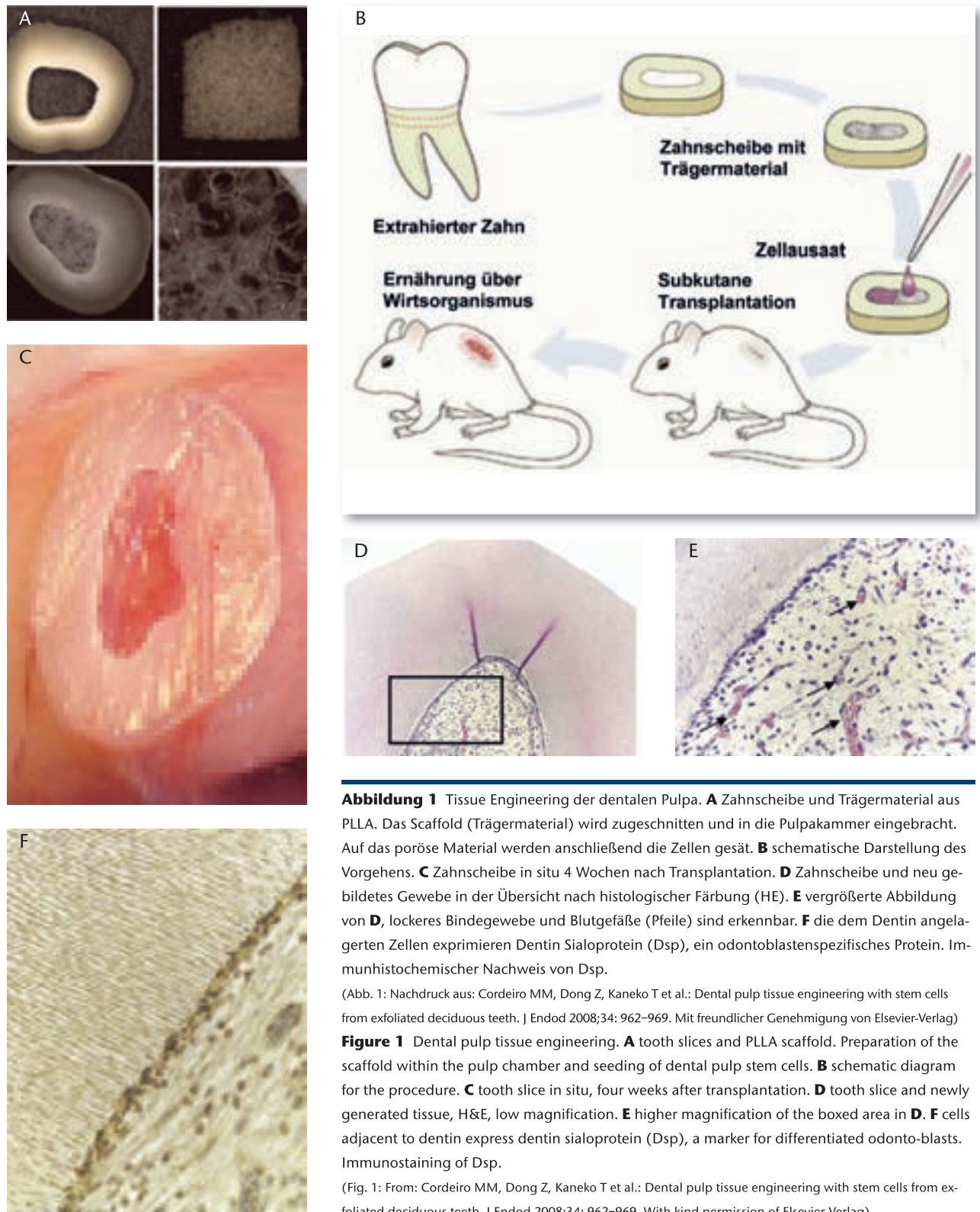
tended periapical lesions have been observed. These advances in clinics and research may herald a paradigm shift in the area of endodontics. Regenerative strategies may – at least in selected cases – find their way into endodontics treatment concepts.

*Keywords: regenerative endodontics; revitalization; tissue engineering; dental stem cells*

Engineering wird mittlerweile auch in der Zahnheilkunde angestrebt, Neuerungen gewinnbringend anzuwenden. Derzeit wird aktiv an der Entwicklung von Verfahren geforscht, durch welche zukünftig die Wurzelkanalbehandlung in der derzeitigen Form zumindest in ausgewählten Fällen durch regenerative Verfahren verdrängt werden könnte.

### **Regeneration und Tissue Engineering**

Die beiden Begriffe Regeneration und Tissue Engineering sind voneinander abzugrenzen. Regeneration bezeichnet die Fähigkeit des Organismus, verloren gegangenes oder verletztes Gewebe zu ersetzen und die Gewebefunktion wiederherzustellen. Hierbei wird eine Restitutio ad integrum erreicht. Im Gegensatz dazu ist das Tissue Engineering ein hochgradig interdisziplinärer Wissenschaftsbereich, welcher vor 25 Jahren definiert wurde als „... die Anwendung der Prinzipien und Methodik der Ingenieur- und Lebenswissenschaften zur Erlangung eines fundamentalen Verständnisses der Beziehung zwischen Struktur und Funktion in physiologischen und pathologisch veränderten Geweben, welches der Entwicklung biologischer Ersatzgewebe dienen kann, um die Organfunktion wiederherzustellen, zu erhalten oder zu verbessern ...“ [18]. Dem Tissue Engineering liegt das Konzept zugrunde, (Stamm)zellen mit einem geeigneten Trägermaterial zu kombinieren und mithilfe von Wachstumsfaktoren Zelldifferenzierung und Gewebefeldung zu induzieren. Postnatale Stamm-



**Abbildung 1** Tissue Engineering der dentalen Pulpa. **A** Zahnscheibe und Trägermaterial aus PLLA. Das Scaffold (Trägermaterial) wird zugeschnitten und in die Pulpakammer eingebracht. Auf das poröse Material werden anschließend die Zellen gesät. **B** schematische Darstellung des Vorgehens. **C** Zahnscheibe in situ 4 Wochen nach Transplantation. **D** Zahnscheibe und neu gebildetes Gewebe in der Übersicht nach histologischer Färbung (HE). **E** vergrößerte Abbildung von **D**, lockeres Bindegewebe und Blutgefäße (Pfeile) sind erkennbar. **F** die dem Dentin angrenzten Zellen exprimieren Dentin Sialoprotein (Dsp), ein odontoblastenspezifisches Protein. Immunohistochemischer Nachweis von Dsp.

(Abb. 1: Nachdruck aus: Cordeiro MM, Dong Z, Kaneko T et al.: Dental pulp tissue engineering with stem cells from exfoliated deciduous teeth. *J Endod* 2008;34: 962-969. Mit freundlicher Genehmigung von Elsevier-Verlag)

**Figure 1** Dental pulp tissue engineering. **A** tooth slices and PLLA scaffold. Preparation of the scaffold within the pulp chamber and seeding of dental pulp stem cells. **B** schematic diagram for the procedure. **C** tooth slice in situ, four weeks after transplantation. **D** tooth slice and newly generated tissue, H&E, low magnification. **E** higher magnification of the boxed area in **D**. **F** cells adjacent to dentin express dentin sialoprotein (Dsp), a marker for differentiated odontoblasts. Immunostaining of Dsp.

(Fig. 1: From: Cordeiro MM, Dong Z, Kaneko T et al.: Dental pulp tissue engineering with stem cells from exfoliated deciduous teeth. *J Endod* 2008;34: 962-969. With kind permission of Elsevier-Verlag)

zellen zum Einsatz in der regenerativen Medizin können mittlerweile aus einer Vielzahl von Geweben isoliert werden [19]. Dreidimensionale Zellverbände können entweder direkt in den Wirtsorganismus transplantiert oder zunächst in Zellkultur zur Gewebeformung gebracht und anschließend in den Körper

transplantiert werden. Mithilfe des Tissue Engineering können derzeit bereits verschiedenste Gewebe gezüchtet werden; hierzu gehören Blutgefäße, Haut, Knochen und Knorpel, Strukturen des Nervensystems, aber auch Organsysteme wie Trachea, Blase, Darm oder Pankreas [19]. Als Träger steht eine Vielzahl an natürli-

chen und synthetischen Materialien zur Verfügung, die je nach Anwendungsbereich spezifisch ausgewählt werden können. Während natürliche Materialien wie Fibrin, Kollagen oder zellfreie Extrazellulärmatrix der physiologischen Umgebung der Zellen eher entsprechen, bieten synthetische Biomaterialien den Vor-



**Abbildung 2** A schematische Darstellung des Vorgehens: Trepanation, Extraktion, Wurzelkanal-aufbereitung und Apexektomie, Füllen des Wurzelkanals mit Trägermaterial und Zytokin (koronal) und mit Trägermaterial und Stammzellen (apikal), Replantation. B histologische Darstellung der Gewebeneubildung nach 4 Wochen. C, D die höhere Vergrößerung zeigt Blutgefäße und die dem Dentin angrenzenden Zellen.

(Abb. 2: Nachdruck aus: Nakashima M, Iohara K: Regeneration of dental pulp by stem cells. *Adv Dent Res* 2011;23:313–319. Mit freundlicher Genehmigung von International & American Associations for Dental Research)

**Figure 2** A schematic depiction of the procedure: trepanation, extraction, root canal treatment and apexectomy, filling of the root canal with scaffold and cytokine (coronal part) and scaffold with stem cells (apical part). B histology of newly formed tissue after 4 weeks. C, D higher magnification shows blood vessels and cells adjacent to the dentin.

(Fig. 2: From: Nakashima M, Iohara K: Regeneration of dental pulp by stem cells. *Adv Dent Res* 2011;23:313–319. With kind permission of International & American Associations for Dental Research)

teil, Parameter wie Molekulargewicht der Ausgangssubstanz, Materialfestigkeit, chemische Zusammensetzung oder Bioabbaubarkeit genau kontrollieren zu können. Wachstums- und Differenzierungsfaktoren spielen für das Tissue Engineering eine wichtige Rolle, und gewebsspezifische Signalmoleküle können mit dem Trägermaterial in situ gebracht werden. Dabei werden derzeit Strategien entwickelt, welche eine Einbindung und verzögerte sowie kontrollierte Freisetzung dieser Faktoren ermöglichen.

### Pulpastammzellen

Seit der Isolation mesenchymaler Stammzellen aus der Pulpa von bleibenden Zähnen [8] im Jahre 2000 wird auch im Bereich der Zahnmedizin daran geforscht, diese Zellen für regenerative Zwecke zu nutzen. Diese Stammzellen, welche nur einen geringen Prozentsatz aller Zellen einer Zahnpulpa ausmachen, können mittels verschiedener Verfahren aus der Gesamtpopulation herausselektiert werden. Nach

Pulpaexposition und Verlust der Odontoblastenschicht vermitteln Stammzellen Regeneration und Heilung. Angelockt von chemotaktischen Signalmolekülen, welche im entzündeten Gewebe freigesetzt werden, können sie migrieren, sich am Ort des entzündlichen Geschehens vermehren und zu dentinbildenden Zellen differenzieren. Es kommt zur Ausbildung einer Hartgewebsbrücke, welche als aktive Abwehrleistung der Pulpa zur Abgrenzung gegenüber Noxen oder Bakterien zu werten ist. Im Umgang mit dentalen Pulpastammzellen wurde deren Potenzial zur Differenzierung in verschiedene andere Gewebe nachgewiesen, darunter Knorpel, Knochen, Muskel- und Fettgewebe [8, 13]. Somit besteht die berechtigte Hoffnung, diese Zellen gewinnbringend zur Pulparegeneration einsetzen zu können.

### Pulparegeneration in der Forschung

Bereits vor der Isolation dentaler Pulpastammzellen wurden erstmals Versuche

zur Züchtung von Pulpagewebe in vitro durchgeführt, wobei Pulpafibroblasten auf verschiedene Trägermaterialien aufgebracht wurden. Nach 60 Tagen hatte sich auf einem Polyglykolsäurenetz ein dreidimensionaler Zellverband gebildet, während Kollagen- und Alginat-Träger für das Zellwachstum weniger geeignet schienen [2, 14]. Mittlerweile werden zunehmend vielversprechende Berichte zur Pulparegeneration publiziert. Mittels eines Zahnscheibenmodells konnte in 2008 gezeigt werden, dass die Züchtung dentalen Pulpagewebes möglich ist [3] (Abb. 1). Pulpastammzellen aus Milchzähnen wurden in einem Poly(lactid-glycolid) (PLGA)-Trägermaterial in die leere Pulpakammer der Scheiben eingebracht. Diese wurden bei immundefizienten Mäusen für einen Zeitraum von 4 Wochen subkutan transplantiert. Nach dieser Zeitspanne hatte sich innerhalb der Dentinscheibe ein vaskularisiertes, pulpaähnliches Gewebe gebildet. Die dem Dentin anliegenden Zellen waren zu Odontoblasten differenziert und exprimierten das dentinspezifische Dentin Sialoprotein (Dsp).

Des Weiteren konnte nachgewiesen werden, dass die Zellen neues, tubuläres Dentin an die bestehende Dentinwand der Zahnscheibe absonderten. Der Nachweis der Dentinbildung gelang mittels einer Serie von Tetrazyklin-Injektionen, welche bei den Versuchstieren als Linien nachweisbare Störungen der Hartsubstanzbildung hervorrufen. Diese Linien waren an den Zähnen der Versuchstiere sowie an den implantierten Zahnscheiben nachweisbar [17]. Ähnliche Versuche wurden mit dentalen Pulpastammzellen in Poly-Laktid-Glykolid durchgeführt, wobei jedoch anstatt der Zahnscheiben Dentinzyylinder verwendet wurden. Diese wurden auf einer Seite mit einem bioaktiven Zement (MTA) verschlossen, was die Situation im Wurzelkanal imitieren sollte. Vier Wochen nach subkutaner Transplantation waren auch hier pulpaähnliche Gewebe und Dentinbildung nachweisbar [9]. Eine japanische Arbeitsgrup-



**Abbildung 3** Dentale Pulpastammzellen nach Einbringen in das bioaktive Hydrogel in Dentinzyklindern und Implantation für 5 Wochen. **A, B** niedrige Vergrößerung des neugebildeten Gewebes in Dentinzyklindern nach Vorbehandlung mit NaOCl (links) oder EDTA (rechts). Während mit NaOCl Resorptionslakunen beobachtet werden, liegen die Zellen dem Dentin nach EDTA-Vorbehandlung eng an. **C, D** die höhere Vergrößerung zeigt deutlich die Resorptionen. In EDTA-konditioniertem Dentin strecken die Zellen Fortsätze in das angrenzende Dentin.

(Abb. 3: Nachdruck aus: Galler KM, D'Souza RN, Federlin M et al.: Dentin conditioning codetermines cell fate in regenerative endodontics. *J Endod* 2011;37:1536–1541. Mit freundlicher Genehmigung von Elsevier-Verlag)

**Figure 3** Dental pulp stem cells after insertion into a bioactive scaffold in dentin cylinders and transplantation for 5 weeks. **A, B** low magnification of newly formed tissue in dentin cylinders after treatment with NaOCl (left) or EDTA (right). Resorption lacunae can be observed after NaOCl-treatment, whereas cells in EDTA-treated cylinders are intimately associated with the dentin. **C, D** higher magnification showing dentin resorption. Cellular processes can be observed within the dentinal tubules in EDTA-treated dentin.

(Fig. 3: From: Galler KM, D'Souza RN, Federlin M et al.: Dentin conditioning codetermines cell fate in regenerative endodontics. *J Endod* 2011;37:1536–1541. With kind permission of Elsevier-Verlag)

pe entwickelte ein Versuchsmodell am Hund, wobei in diesem Fall eine angiogene Subpopulation von dentalen Pulpastammzellen anhand von Oberflächenmarkern aus der Gesamtzellpopulation herausselektiert wurde. In einer ersten Versuchsreihe wurde an Hundezähnen eine Pulpotomie bis zum Pulpakammerboden durchgeführt. Der Hohlraum wurde daraufhin mit angiogenen Pulpastammzellen in einem Kollagen-Trägermaterial gefüllt und koronal verschlossen. Bereits 14 Tage später war Gewebeneubildung nachweisbar, und nach 60 Tagen war die Pulpakammer mit vaskularisiertem Gewebe gefüllt, welches vom ursprünglichen Pulpagewebe nicht zu unterscheiden war [10]. In einer Nachfolgearbeit wurden Zähne am Hund extrahiert, trepaniert, der Wurzelkanal aufbereitet, die Wurzelspitze um 1 mm gekürzt und die Öffnung am Apex auf 0,8 mm Durchmesser erweitert. Daraufhin wurde die apikale Hälfte des Wurzelkanals mit einem Kollagenträger und den Stammzellen gefüllt, der koronale Anteil mit Material ohne Zellen, aber beschickt mit dem chemotaktisch wirkenden Wachstumsfaktor SDF-1 (stromal cell-derived factor 1). Die Zähne wurden daraufhin replantiert, und nach 14 und 60 Tagen erfolgte

die histologische Untersuchung der extrahierten Zähne. Wurzelkanal und Pulpakammer waren mit pulpaähnlichem Weichgewebe gefüllt [15] (Abb. 2). Mit immunhistochemischen Verfahren konnten Blutgefäße und sogar Nervfortsätze nachgewiesen werden. Diese Arbeiten zeigen auf eindrucksvolle Weise, dass die Regeneration der Pulpa nach Transplantation eines mit dentaler Stammzellen und Wachstumsfaktoren beladenen Trägermaterials prinzipiell möglich ist

In eigenen Arbeiten beschäftigen wir uns insbesondere mit Trägermaterialien. Während konventionelle Träger wie Polyether (Poly-Laktid, Poly-Glykolid) oder Kollagen für das Tissue Engineering prinzipiell gut geeignet sind, verfolgen wir die Strategie, mittels eines individualisierten, bioaktiven Trägermaterials Zellverhalten und -differenzierung zu optimieren. Ausgangsmaterial ist ein peptidbasiertes Hydrogel. Kurze Peptidmoleküle mit einer definierten Aminosäuresequenz können durch molekulare Selbstorganisation (Self-Assembly) nanofibröse Strukturen bilden, dadurch Wasser binden und Gele bilden.

Zellen können problemlos in diese Hydrogele eingesät werden. Ausgehend von einer Peptidsequenz konnten diese

durch Inkorporation einer enzymatisch spaltbaren Sequenz und eines Zelladhäsionsmotivs bioaktiv und bioabbaubar gestaltet werden [7]. Durch die Einbindung verschiedener Wachstumsfaktoren zur Stimulation der Gefäßeinsprossung und der Differenzierung der eingesäten Zellen wurde das Material weiter modifiziert. Dentale Pulpastammzellen wurden mit diesem bioaktiven Gel kombiniert, in Dentinzyklindern eingebracht und subkutan bei immundefizienten Mäusen implantiert. Nach 5 Wochen konnte ein vaskularisiertes, pulpaähnliches Weichgewebe nachgewiesen werden [6]. Die Vorbehandlung des Dentins war jedoch hierbei von Bedeutung: Dentinzyklindern, welche zur Desinfektion für 10 min in 5 % Natriumhypochlorit gelagert wurden, zeigten eine Resorption des oberflächlichen Dentins durch die eingesäten Zellen. In einer zweiten Gruppe, in welcher das Dentin nach Desinfektion mit 17 %igem EDTA oberflächlich demineralisiert worden war, fand Zelldifferenzierung entlang der Dentinwand statt. Die dem Dentin anliegenden Zellen exprimierten das dentinspezifische Dentin Sialoprotein. Des Weiteren erstreckten sich Zellfortsätze in die vorhandenen Dentintubuli (Abb. 3), so wie es physiologischerweise im Dentin vorzufinden ist. Hierfür ausschlaggebend ist die durch das EDTA ausgelöste Freisetzung von Wachstumsfaktoren, welche mit der Dentinbildung im Hartgewebe eingemauert werden und zu einem späteren Zeitpunkt


durch Demineralisation mobilisiert werden können.

## Aktuelle Ansätze

Zur Entwicklung neuer Therapieansätze zur regenerativen Endodontie ist eine Zusammenführung von Klinik und Forschung unerlässlich. Tiermodelle zeigen, dass es möglich ist, durch das Einbringen eines mit Pulpastammzellen beladenen Trägermaterials eine Regeneration der Pulpa zu erzielen. Die Transplantation von Stammzellen ist jedoch mit etlichen Problemen behaftet, hierbei sind insbesondere Entnahmezeitpunkt, Lagerung, Zellkultur in vitro und Rückführung in den Patienten zu nennen. Vorsichtigen Schätzungen zufolge würde sich demnach die Regeneration einer Zahnpulpa auf etwa 40.000,00 Euro beziffern. Vereinfachte und schnellere, nicht-invasive Verfahren zur Stammzellisolierung könnten neue Wege eröffnen, es bleibt jedoch auch hierbei das Kosten-Nutzen-Verhältnis abzuwägen.

Einfachere Verfahren wären mittels zellfreier Therapieansätze denkbar, wobei über bioaktive Trägermaterialien körpereigene ortsständige (Stamm)zellen rekrui-

tiert und in den Wurzelkanal gelockt werden könnten. Durch die Einbindung chemotaktiver Signalmoleküle und bestimmter Wachstumsfaktoren könnten diese Zellen migrieren, proliferieren und differenzieren. Während klinische Protokolle zur Regeneration eine Revitalisierung bewirken können und – wenngleich zunächst unbewusst – mit ortsständigen Stammzellen arbeiten, folgen sie nicht dem Prinzip des Tissue Engineering. Der Einsatz optimierter, speziell für die Pulparegeneration maßgeschneiderter Biomaterialien könnte die Erfolgsquote regenerativer Therapien verbessern. Eine Ausdehnung solcher Therapieansätze auf Zähne mit abgeschlossenem Wurzelwachstum wäre wünschenswert. Bei reversibel entzündeter Pulpa könnte im Sinne einer Pulpotomie unbeschädigtes Gewebe belassen werden, welches einen Pool von Stammzellen beherbergt, von welchem Regeneration ausgehen kann. Wünschenswert wäre hierbei die Entwicklung von diagnostischen Hilfsmitteln, welche klinisch eine Unterscheidung von reversibel und irreversibel geschädigten Gewebereichen ermöglichen. Denkbar wären hierbei in der Dentinflüssigkeit vorhandene Entzündungsmarker. Erste Ansätze existieren bereits, es

konnte gezeigt werden, dass in entzündlich verändertem Pulpagewebe eine Gewebsprotease, MMP-9, nachgewiesen werden kann [20]. Bei Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum und gegebenenfalls periapikaler Läsion bleibt der zukünftige Einsatz regenerativer Verfahren fraglich. Es ist jedoch auch in diesen Fällen denkbar, durch Einwanderung von Zellen aus der periapikalen Region, Gewebeneubildung im Wurzelkanal zu erzielen. Die bisher gängigen Protokolle zur Wurzelkanalbehandlung werden hierbei voraussichtlich vom Behandler in abgewandelter Form zu bearbeiten sein. 

**Interessenskonflikt:** Die Autorin erklärt, dass kein Interessenskonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

### Korrespondenzadresse

PD Dr. med. dent. Kerstin Galler, Ph.D.  
Poliklinik für Zahnerhaltung und  
Parodontologie  
Universitätsklinikum Regensburg  
Franz-Josef-Strauss Allee 11  
93053 Regensburg  
kerstin.galler@ukr.de

## Literatur

1. Banchs F, Trope M: Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *J Endod* 2004;30:196–200
2. Bohl KS, Shon J, Rutherford B, Mooney DJ: Role of synthetic extracellular matrix in development of engineered dental pulp. *J Biomater Sci Polym Ed* 1998; 9:749–764
3. Cordeiro MM, Dong Z, Kaneko T et al.: Dental pulp tissue engineering with stem cells from exfoliated deciduous teeth. *J Endod* 2008;34: 962–969
4. Fleming CH, Litaker MS, Alley LW, Eleazer PD: Comparison of classic endodontic techniques versus contemporary techniques on endodontic treatment success. *J Endod* 2010;36: 414–418
5. Galler KM, D'Souza RN, Federlin M et al.: Dentin conditioning codetermines cell fate in regenerative endodontics. *J Endod* 2011;37:1536–1541
6. Galler KM, Hartgerink JD, Cavender AC, Schmalz G, D'Souza RN: A customized self-assembling peptide hydrogel for dental pulp tissue engineering. *Tissue Eng Part A* 2012;18:176–184
7. Galler KM, Aulisa L, Regan KR, D'Souza RN, Hartgerink JD: Self-assembling multidomain peptide hydrogels: designed susceptibility to enzymatic cleavage allows enhanced cell migration and spreading. *J Am Chem Soc* 2010;132: 3217–3223
8. Gronthos S, Mankani M, Brahim J, Robey PG, Shi S: Postnatal human dental pulp stem cells (DPSCs) in vitro and in vivo. *Proc Natl Acad Sci USA* 2000;97: 13625–13630
9. Huang GT, Yamaza T, Shea LD et al.: Stem/Progenitor cell-mediated de novo regeneration of dental pulp with newly deposited continuous layer of dentin in an in vivo model. *Tissue Eng Part A* 2010;16: 605–615
10. Iohara K, Zheng L, Ito M et al.: Regeneration of dental pulp after pulpotomy by transplantation of CD31(-)/CD146(-) side population cells from a canine tooth. *Regen Med* 2009;4: 377–385
11. Jung IY, Lee SJ, Hargreaves KM: Biologically based treatment of immature permanent teeth with pulpal necrosis: a case series. *J Endod* 2008;34:876–887
12. Lovelace TW, Henry MA, Hargreaves KM, Diogenes A: Evaluation of the delivery of mesenchymal stem cells into the root canal space of necrotic immature teeth after clinical regenerative endodontic procedure. *J Endod* 2011;37: 133–138
13. Miura M, Gronthos S, Zhao M et al.: SHED: stem cells from human exfoliated deciduous teeth. *Proc Natl Acad Sci USA* 2003;100:5807–5812
14. Mooney DJ, Powell C, Piana J, Rutherford B: Engineering dental pulp-like tissue in vitro. *Biotechnol Prog* 1996;12: 865–868
15. Nakashima M, Iohara K: Regeneration of dental pulp by stem cells. *Adv Dent Res* 2011;23:313–319
16. Petrino JA, Boda KK, Shambarger S, Bowles WR, McClanahan SB: Challenges in regenerative endodontics: a case series. *J Endod* 2010;36: 536–541
17. Sakai VT, Zhang Z, Dong Z et al.: SHED differentiate into functional odontoblasts and endothelium. *J Dent Res* 2010;89: 791–796
18. Skalak R, Fox CF: *Tissue Engineering*. Preface P.xx. Alan R Riss, New York 1988
19. Van Blitterswijk C (Ed.): *Tissue Engineering*, Elsevier, New York 2008
20. Zehnder M, Wegehaupt FJ, Attin T: A first study on the usefulness of matrix metalloproteinase 9 from dentinal fluid to indicate pulp inflammation. *J Endod* 2011;37: 17–20



# Fragebogen: DZZ 3/2014

Unter [www.online-dzz.de](http://www.online-dzz.de) können Sie Fortbildungsfragen für Ihre persönliche Fortbildung nutzen und sich bei erfolgreicher Beantwortung – mithilfe eines ausgedruckten Zertifikates – die Punkte dafür bei Ihrer Zahnärztekammer anrechnen lassen.

## 1 Fragen zum Beitrag von M. Hannig und C. Hannig: „Möglichkeiten und Grenzen der Schmelzregeneration eine aktuelle Übersicht“. Welche Aussage trifft nicht zu: Zahnschmelz ...

- A ... ist hierarchisch aufgebaut
- B ... enthält nach dem Zahndurchbruch zelluläre Strukturen
- C ... enthält post eruptiv geringe Proteinkonzentrationen
- D ... besteht aus Hydroxylapatit
- E ... kann in sehr dünnen Schichten künstlich im Labor nachgebildet werden

## 2 Mit was für Stoffen wurden in vitro erste Erfolge bei der Nachbildung schmelzähnlicher Strukturen erzielt?

- A EDTA
- B Lysozym
- C NaOCl
- D CaOH<sub>2</sub>
- E Aceton

## 3 Was trifft zu? Amelogenin ...

- A ... ist an der physiologischen Schmelzbildung nicht beteiligt.
- B ... ermöglicht die Ausbildung geordneter Kalziumphosphatstrukturen.
- C ... ist in vitro nur bei hohem Druck wirksam.
- D ... ermöglicht die Formation Millimeter dickerer schmelzähnlicher Schichten in vitro.
- E ... wird in der Zahnmedizin klinisch nicht angewendet.

## 4 Was trifft nicht zu? Folgende Strategien werden zur Etablierung schmelzähnlicher Strategien erprobt?

- A Foliensysteme
- B Pulverstrahlgeräte
- C Glycerin-Gelatine-Gel
- D Pasten mit Fluorapatit-Nanopartikeln und Phosphorsäure
- E Fibrinmatrix

## 5 Fragen zum Beitrag von E. Schneider, S. Jepsen und H. Dommisch: „Revaskularisation avitaler Zähne“. Welche Zähne kommen für eine Revaskularisations-Behandlung in Frage?

- A alle bleibenden Zähne mit einer Pulpanekrose
- B Milchzähne mit einer Pulpanekrose
- C bleibende Zähne mit abgeschlossenem Wurzelwachstum und einer Pulpanekrose
- D bleibende Zähne mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum und einer Pulpanekrose
- E bleibende Zähne mit abgeschlossenem Wurzelwachstum und einer Parodontitis apicalis

## 6 Welche medikamentöse Einlage kann im Rahmen einer Revaskularisation in den Wurzelkanal eingebracht werden?

- A Calciumhydroxid
- B Chlorhexidin
- C Ethylendiamintetraessigacetat
- D Cortison
- E Formaldehyd

## 7 Welches ist die wichtigste Spüllösung im Rahmen der Revaskularisation?

- A Ethylendiamintetraessigacetat
- B Natriumchlorid
- C Natriumhypochlorit
- D Chlorhexidin
- E Aqua dest.

## 8 Wann sollten die klinischen und röntgenologischen Kontrollen nach einer Revaskularisations-Behandlung erfolgen?

- A nach 2, 4 und 6 Monaten
- B nach 3, 6, 12, 24, 36 und 48 Monaten
- C nach einem Jahr
- D nach einem Monat
- E nach 2 Monaten



## FORTBILDUNGSKURSE DER APW

2014

19.03.2014 (Mi 15:00–19:00 Uhr)

Thema: „Mit Social Media zum Praxiserfolg“

Kursort: Düsseldorf

Referenten: Michael Krisch, Horst

Harguth

Kursgebühren: 230,00 €/ 200,00 €

DGZMK-Mitgl./ 180,00 € APW-Mitgl.

Kursnummer: ZF2014CA02

28.–29.03.2014

(Fr 14:00–18:00 Uhr, Sa 09:00–16:00 Uhr)

Thema: „Praxisrelevante Funktionsdiagnostik und -therapie“

Kursort: Stuttgart

Referent: Dr. Marco Goppert

Kursgebühren: 600,00 €/ 570,00 €

DGZMK-Mitgl./ 550,00 € APW-Mitgl.

Kursnummer: ZF2014CF02



**29.03.2014 (Sa 10:00–17:30 Uhr)**

**Thema:** „Seminar zur Hygienebeauftragten – Erfolgreiche Umsetzung der Empfehlungen des RKI in der Praxis“

**Kursort:** Frankfurt

**Referent:** Dr. Regina Becker

**Kursgebühren:** 145,00 €

**Kursnummer:** ZF2014HF01

**04.–05.04.2014**

**(Fr 09:00–17:00 Uhr, Sa 09:00–16:00 Uhr)**

**Thema:** „Erfolgreiche Kommunikation durch gute PR oder ‚Wenn man gut über Sie spricht‘ ...“

**Kursort:** Düsseldorf

**Referenten:** Horst Harguth, Michael Krisch

**Kursgebühren:** 590,00 € / 560,00 €

DGZMK-Mitgl./ 540,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CA04

**11.04.2014 (Fr 09:00–17:00 Uhr)**

**Thema:** „Implantat-Ästhetik ... Weichgewebsmanagement (chirurgisch und prothetisch)“

**Kursort:** Bielefeld

**Referenten:** Dr. Gerd Körner, Dr. Arndt Happe

**Kursgebühren:** 435,00 € / 405,00 €

DGZMK-Mitgl./ 385,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CÄ01

**12.04.2014 (Sa 09:30–17:00 Uhr)**

**Thema:** „Teeth and Body für Zahnarztpraxen – Zähne und Körper im Einklang“

**Kursort:** München

**Referent:** Alexandra Schatz

**Kursgebühren:** 295,00 €

**Kursnummer:** ZF2014HF02

**25.–26.04.2014**

**(Fr 14:00–19:00 Uhr, Sa 09:00–16:00 Uhr)**

**Thema:** „Restorationen beim funktionsgestörten Patienten – vom Einzelzahn bis zur Komplettsanierung mit Bisslageänderung“

**Kursort:** Hamburg

**Referent:** PD Dr. Marcus Oliver Ahlers

**Kursgebühren:** 690,00 € / 660,00 €

DGZMK-Mitgl./ 640,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CF03

**26.04.2014 (Sa 10:00–17:00 Uhr)**

**Thema:** „Notfallmanagement nach Frontzahntrauma und Behandlung von Spät-komplikationen nach Zahntrauma“

**Kursort:** Heidelberg

**Referenten:** Dr. Johannes Mente und Team

**Kursgebühren:** 390,00 € / 360,00 €

DGZMK-Mitgl./ 340,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CE01

**03.05.2014 (Fr 09:00–16:30 Uhr)**

**Thema:** „Fallplanung extrem – komplexe Fälle und deren systematische, ästhetisch-funktionelle Lösungen in weißer und roter Ästhetik“

**Kursort:** Nürnberg

**Referenten:** Dr. Marcus Striegel, Dr. Thomas A. Schwenk

**Kursgebühren:** 310,00 € / 280,00 €

DGZMK-Mitgl./ 260,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CÄ02

**09.–10.05.2014**

**(Fr 14:00–18:00 Uhr, Sa 09:00–17:00 Uhr)**

**Thema:** „Innovationen und Problemlösungen in der Restaurativen Zahnheilkunde“

**Kursort:** Heidelberg

**Referenten:** PD Dr. Diana Wolf, Dr. Cornelia Freese

**Kursgebühren:** 500,00 € / 470,00 €

DGZMK-Mitgl./ 450,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CR02

**10.–11.05.2014**

**(Sa 09:00–19:00 Uhr, So 09:00–17:30 Uhr)**

**Thema:** „Funktionsanalyse & Physiotherapie bei craniomandibulärer Dysfunktion (Diagnostikkurs)“

**Kursort:** Schlüchtern

**Referenten:** Dr. Ralf-Günther Meiritz, Wolfgang Stelzenmüller

**Kursgebühren:** 600,00 € / 600,00 €

DGZMK-Mitgl./ 600,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CF04

**16.–17.05.2014**

**(Fr 14:00–19:00 Uhr, Sa 09:00–15:00 Uhr)**

**Thema:** „Revisionen endodontischer Misserfolge“

**Kursort:** Göttingen

**Referent:** Prof. Dr. Michael Hülsmann

**Kursgebühren:** 450,00 € / 420,00 €

DGZMK-Mitgl./ 400,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CE02

**23.–24.05.2014**

**(Fr 13:00–19:00 Uhr, Sa 09:00–16:00 Uhr)**

**Thema:** „Kinderhypnose trifft Kinderzahnheilkunde“

**Kursort:** Heinsberg

**Referenten:** ZÄ Barbara Beckers-Lingener, Dr. Lothar Beckers

**Kursgebühren:** 510,00 € / 480,00 €

DGZMK-Mitgl./ 460,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CK01

**23.–24.05.2014**

**(Fr 13:00–19:00 Uhr, Sa 09:00–16:00 Uhr)**

**Thema:** „Die moderne Krone – Chancen, Risiken, Materialien – Misserfolge vermeiden“

**Kursort:** Aachen

**Referenten:** Prof. Dr. Sven Reichert, Prof. Dr. Stefan Wolfart

**Kursgebühren:** 700,00 € / 670,00 €

DGZMK-Mitgl./ 650,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CW01

**24.05.2014 (Sa 09:00–18:00 Uhr)**

**Thema:** „Teamarbeit zur erfolgreichen endodontischen Behandlung – ‚Hand in Hand zur perfekten ENDO“

**Kursort:** Frankfurt

**Referenten:** Dr. Henning Bahnmann, ZA Daniel Reister

**Kursgebühren:** 480,00 € / 450,00 €

DGZMK-Mitgl./ 430,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CE03

**24.05.2014 (Sa 09:00–17:00 Uhr)**

**Thema:** „Minimal-invasive plastische und prä-prothetische Parodontalchirurgie (step-by-step am Schweinekiefer)“

**Kursort:** Bonn

**Referent:** Dr. Moritz Kebschull

**Kursgebühren:** 400,00 € / 370,00 €

DGZMK-Mitgl./ 350,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CP02

**24.05.2014 (Sa 10:00–16:00 Uhr)**

**Thema:** „Basiskurs Parodontologie für die Zahnmedizinische Fachangestellte“

**Kursort:** Würzburg

**Referent:** Dr. Markus Bechtold

**Kursgebühren:** 115,00 €

**Kursnummer:** ZF2014HF03

**28.06.2014 (Sa 09:00–17:00 Uhr)**

**Thema:** „Management von Problemsituationen in der Endodontologie – Schwerpunkt MTA“

**Kursort:** Heidelberg

**Referenten:** Dr. Johannes Mente und Team

**Kursgebühren:** 490,00 € / 460,00 €

DGZMK-Mitgl./ 440,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CE04

**28.–29.06.2014**

**(Sa 09:00–17:00 Uhr, So 09:00–16:00 Uhr)**

**Thema:** „Ästhetik braucht Funktion“

**Kursort:** Schlüchtern

**Referenten:** Dr. Ralf Günther Meiritz, Dr. Dirk Leisenberg, Prof. Dominik Groß

**Kursgebühren:** 600,00 € / 600,00 €

DGZMK-Mitgl./ 600,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CF05

**28.06.2014 (Sa 10:00–17:00 Uhr)****Thema:** „Notfallsituationen in der kinderzahnärztlichen Praxis“**Kursort:** Frankfurt**Referent:** Dr. Alexander Dorsch**Kursgebühren:** 360,00 € / 330,00 €

DGZMK-Mitgl./ 310,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CK02**04.–05.07.2014****(Fr 14:00–19:00 Uhr, Sa 09:00–16:30 Uhr)****Thema:** „Vollkeramische Adhäsivbrücken – eine bewährte Alternative zu Einzelimplantaten“**Kursort:** Kiel**Referent:** Prof. Dr. Matthias Kern**Kursgebühren:** 610,00 € / 580,00 €

DGZMK-Mitgl./ 560,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CW02**26.07.2014 (Sa 10:00–18:00 Uhr)****Thema:** „Zahnfarbene Restaurationen – Erfolgreiche Behandlungskonzepte für die moderne Praxis“**Kursort:** München**Referent:** Prof. Dr. Daniel Edelhoff**Kursgebühren:** 310,00 € / 280,00 €

DGZMK-Mitgl./ 260,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CÄ03**05.–06.09.2014****(Fr 12:00–18:00 Uhr, Sa 09:00–16:00 Uhr)****Thema:** „Mechanische Aufbereitung von Wurzelkanälen – wann maschinell und wann von Hand?“**Kursort:** München**Referent:** Dr. Martin Brüsehaber, M.Sc.**Kursgebühren:** 570,00 € / 540,00 €

DGZMK-Mitgl./ 520,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CE05**06.09.2014 (Sa 09:00–17:00 Uhr)****Thema:** „Perioprothetik in der ästhetischen Zone – Strategien zur Optimierung des Rot-Weißen Komplexes“**Kursort:** Aachen**Referenten:** PD Dr. Jamal M. Stein,

Dr. Christian Hammächer

**Kursgebühren:** 430,00 € / 400,00 €

DGZMK-Mitgl./ 380,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CP03**06.09.2014 (Sa 09:00–16:00 Uhr)****Thema:** „Implantatprothetische Planungskonzepte von einfach bis komplex, von analog bis digital“**Kursort:** Aachen**Referenten:** Prof. Dr. Stefan Wolfart,

Prof. Dr. Sven Reich

**Kursgebühren:** 390,00 € / 360,00 €

DGZMK-Mitgl./ 340,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CW03**05.–06.09.2014****(Fr 15:00–19:00 Uhr, Sa 09:00–17:00 Uhr)****Thema:** „Die klinische Funktionsanalyse – essentiell in der CMD-Diagnostik und relevant vor definitiver Therapie (Demonstrations- und Arbeitskurs)“**Kursort:** Berlin**Referent:** Prof. Dr. Peter Ottl**Kursgebühren:** 700,00 € / 670,00 €

DGZMK-Mitgl./ 650,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CF06**12.–13.09.2014****(Fr 14:00–18:00 Uhr, Sa 09:00–16:00 Uhr)****Thema:** „Der alternde Mensch – Therapeutische Risiken erkennen und Komplikationen vermeiden“**Kursort:** Frankfurt**Referent:** Prof. Dr. Christian Emanuel

Besimo

**Kursgebühren:** 525,00 € / 495,00 €

DGZMK-Mitgl./ 475,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CG02**13.09.2014 (Sa 09:00–18:00 Uhr)****Thema:** „Dentale Digitale Fotografie (Praktischer Workshop)“**Kursort:** Köln**Referent:** Dr. Alexander Krauß**Kursgebühren:** 495,00 € / 465,00 €

DGZMK-Mitgl./ 445,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CA05**19.–20.09.2014****(Fr 13:00–19:00 Uhr, Sa 09:00–16:00 Uhr)****Thema:** „Behandlung von Kindern und schwer behandelbaren Kindern in der zahnärztlichen Praxis“**Kursort:** Berlin**Referent:** ZÄ Barbara Beckers-Lingener**Kursgebühren:** 510,00 € / 480,00 €

DGZMK-Mitgl./ 460,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CK03**20.09.2014 (Sa 09:30–17:00 Uhr)****Thema:** „Teeth and Bode für Zahnarztpraxen – Zähne und Körper im Einklang“**Kursort:** München**Referent:** Alexandra Schatz**Kursgebühren:** 295,00 €**Kursnummer:** ZF2014HF04**26.–27.09.2014****(Fr 14:00–19:30 Uhr, Sa 09:00–16:30 Uhr)****Thema:** „White Aesthetics under your control“**Kursort:** Nürnberg**Referenten:** Dr. Marcus Striegel, Dr. Thomas A. Schwenk**Kursgebühren:** 562,50 € zzgl. MwSt.**Kursnummer:** ZF2014CÄ04**26.–27.09.2014****(Fr 15:00–18:00 Uhr, Sa 09:00–17:00 Uhr)****Thema:** „Okklusionsschienen zur Behandlung von CMD-Patienten – Wann und wie?“**Kursort:** Mühlheim am Main**Referenten:** Prof. Dr. Peter Ottl, ZTM

Rainer Derleth

**Kursgebühren:** 2.200,00 € Teampreis

2 Personen/1.250,00 € Einzelperson

**Kursnummer:** ZF2014CF07**26.09.2014 (Fr 13:00–19:00 Uhr)****Thema:** „Schnittstelle zwischen Parodontologie und Implantologie“**Kursort:** Freising**Referenten:** Dr. Tobias Thalmeier, PD Dr.

Stefan Fickl

**Kursgebühren:** 260,00 € / 230,00 €

DGZMK-Mitgl./ 210,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CP04**10.10.2014 (Fr 09:00–16:00 Uhr)****Thema:** „Aktuelle Konzepte der Wurzelkanal desinfektion“**Kursort:** Göttingen**Referent:** PD Dr. Tina Rödiger**Kursgebühren:** 360,00 € / 330,00 €

DGZMK-Mitgl./ 310,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CE06**11.10.2014 (Sa 09:00–17:00 Uhr)****Thema:** „Praxiskonzept PIP-Strategie“**Kursort:** Frankfurt**Referent:** Dr. Karl-Ludwig Ackermann**Kursgebühren:** 360,00 € / 340,00 €

DGZMK-Mitgl./ 310,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CI01**24.–25.10.2014****(Fr 14:00–18:00 Uhr, Sa 09:00–16:00 Uhr)****Thema:** „Probleme in der Endodontie: Prävention, Diagnostik, Management“**Kursort:** Stuttgart**Referenten:** Prof. Dr. Michael Hülsmann,

Prof. Dr. Edgar Schäfer

**Kursgebühren:** 600,00 € / 570,00 €

DGZMK-Mitgl./ 550,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CE07**07.–08.11.2014****(Fr 14:00–18:30 Uhr, Sa 09:00–16:30 Uhr)****Thema:** „Red Aesthetics under your control“**Kursort:** Nürnberg

**Referenten:** Dr. Thomas Striegel, Dr. Thomas A. Schwenk

**Kursgebühren:** 562,50 € zzgl. MwSt.

**Kursnummer:** ZF2014CÄ05

**14.–15.11.2014**

**(Fr 14:00–18:00 Uhr, Sa 09:00–12:00 Uhr oder 13:00–16:00 Uhr)**

**Thema:** „Praktische Kinderzahnheilkunde“

**Kursort:** Hamburg

**Referent:** Dr. Tania Roloff

**Kursgebühren:** 575,00 € / 545,00 €

DGZMK-Mitgl./ 525,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CK04

**21.–22.11.2014**

**(Fr 14:00–20:00 Uhr, Sa 09:00–16:30 Uhr)**

**Thema:** „Trainingskurs Implantatprothetik – von der Planung bis zum Erfolg“

**Kursort:** München

**Referenten:** Dr. Sönke Harder, PD Dr.

Christian Mehl

**Kursgebühren:** 590,00 € / 560,00 €

DGZMK-Mitgl./ 540,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CW04

**22.–23.11.2014**

**(Sa 09:00–19:00 Uhr, So 09:00–16:00 Uhr)**

**Thema:** „Funktionsanalyse & Physiotherapie bei craniomandibulärer Dysfunktion (Therapiekurs)“

**Kursort:** Schlüchtern

**Referenten:** Dr. Ralf-Günther Meiritz,

Wolfgang Stelzenmüller

**Kursgebühren:** 600,00 € / 600,00 €

DGZMK-Mitgl./ 600,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CF08

**28.–29.11.2014**

**(Fr 10:00–18:30 Uhr, Sa 09:30–16:30 Uhr)**

**Thema:** „Function under your control“

**Kursort:** Nürnberg

**Referenten:** Dr. Marcus Striegel, Dr. Thomas Schwenk

**Kursgebühren:** 787,50 € zzgl. MwSt.

**Kursnummer:** ZF2014CF09

**29.11.2014 (Sa 09:00–15:00 Uhr)**

**Thema:** „APW Select – Alte Menschen gut versorgen – praxistaugliche Konzepte auf wissenschaftlicher Basis“

**Kursort:** Heidelberg

**Referenten:** Dr. Elmar Ludwig, Prof. Dr.

Alexander Hassel, Prof. Dr. Peter Rammelsberg, ZA Andreas Zenthöfer

**Kursgebühren:** 285,00 € / 255,00 €

DGZMK-Mitgl./ 235,00 € APW-Mitgl.

135,00 € ZFA

**Kursnummer:** ZF2014SE02

**05.–06.12.2014**

**(Fr 14:00–18:00 Uhr, Sa 09:00–16:00 Uhr)**

**Thema:** „The Art of Endodontic Microsurgery“

**Kursort:** Frankfurt

**Referenten:** Dr. Marco Georgi, M.Sc.,

Dr. Dr. Frank Sanner

**Kursgebühren:** 770,00 € / 740,00 €

DGZMK-Mitgl./ 720,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CE08

**06.12.2014 (Sa 09:00–16:30 Uhr)**

**Thema:** „Allgemeinerkrankungen in der Kinderzahnheilkunde“

**Kursort:** Berlin

**Referent:** Dr. Richard Steffen

**Kursgebühren:** 380,00 € / 360,00 €

DGZMK-Mitgl./ 330,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2014CK05

## CURRICULA

**Start von folgendem Curricula:**

– Curriculum Implantologie

**Serienstart:** 28./29.03.2014

**Kursort:** bundesweit

**Kursnummer:** CI20140183

**Kontakt:** Bärbel Wasmeier: 0211

66967345

– Curriculum Zahnerhaltung präventiv und restaurativ

**Serienstart:** 28./29.03.2014

**Kursort:** bundesweit

**Kursnummer:** CR20140002

**Kontakt:** Anna Lo Bianco: 0211

66967341

– Curriculum Zahnärztliche Schlafmedizin

**Serienstart:** 04./05.04.2014

**Kursort:** Düsseldorf

**Kursnummer:** CZ20140001

**Kontakt:** Anja Kaschub: 0211 66967340

– Curriculum Implantologie

**Serienstart:** 02./03.05.2014

**Kursort:** bundesweit

**Kursnummer:** CI20140184

**Kontakt:** Bärbel Wasmeier: 0211

66967345

– Curriculum Implantologie

**Serienstart:** 02./03.05.2014

**Kursort:** bundesweit

**Kursnummer:** CI20140185

**Kontakt:** Bärbel Wasmeier: 0211

66967345

– Curriculum Alterszahnmedizin-Pflege

**Serienstart:** 02.–05.07.2014

**Kursort:** bundesweit

**Kursnummer:** CG20140008

**Kontakt:** André Springer: 0211

66967324

– Curriculum Parodontologie

**Serienstart:** 29./30.08.2014

**Kursort:** bundesweit

**Kursnummer:** CP20140039

**Kontakt:** Monika Huppertz: 0211

66967343

– Curriculum Implantologie

**Serienstart:** 05./06.09.2014

**Kursort:** bundesweit

**Kursnummer:** CI20140186

**Kontakt:** Bärbel Wasmeier: 0211

66967345

– Curriculum Zahntrauma

**Serienstart:** 26./27.09.2014

**Kursort:** bundesweit

**Kursnummer:** CB20140001

**Kontakt:** Sonja Beate Lucas: 0211 –

66967342

– Curriculum Implantologie

**Serienstart:** 21./22.11.2014

**Kursort:** bundesweit

**Kursnummer:** CI20140188

**Kontakt:** Bärbel Wasmeier: 0211 66967345

**Anmeldung/ Auskunft:**

**Akademie Praxis und Wissenschaft  
Liesegangstr. 17a; 40211 Düsseldorf**

**Tel.: 0211 669673 – 0 ; Fax: – 31**

**E-Mail: apw.fortbildung@dgzmk.de**

Schon seit Längerem hat uns die Redaktion der DZZ ermöglicht, Kurzfassungen der Vorträge des Symposiums des Arbeitskreises der Geschichte der Zahnheilkunde (AKGZ), die auf dem Deutschen Zahnärztetages 2013 gehalten worden sind, zu veröffentlichen. In den letzten Jahren hat sich unser Vorstandsmitglied Prof. Dr. Dr. *Volker Bienengraber* darum bemüht. Leider ist er 2013 nach schwerer Krankheit von uns gegangen. Wir werden ihn und seine Mitarbeit schmerzlich vermissen.

Anlässlich des 300-jährigen Geburtstages von *Phillip Pfaff* erscheint in diesem Heft die Zusammenfassung seiner Biografie von *Rolf* und *Susanne Will*. Im nächsten Heft analysiert *Niels Pausch* die Zahnerkrankungen Ludwig des XIV.

Dr. Rainer Tewes, Varresbecker Straße 38, 42349 Wuppertal, Vorstandsmitglied des AKGZ, E-Mail: praxis@dr-tewes.de

R. Will, S. Will

# Die Geschichte und Entwicklung der Zahnmedizin ist ein untrennbarer Teil der Medizingeschichte

## Entwicklung der Zahnmedizin – Pionier der modernen Zahnmedizin Philipp Pfaff (1713–1766)

Seit dem Beginn der Evolution des Menschen vor über 5 Millionen Jahren sind Zahn-Kiefer-Schädelkrankungen bekannt.

Rückblickend vom Olymp des heutigen Standes der medizinischen Kenntnisse sieht die Historie und der Beginn von Zahn- und Mundbehandlungen hilflos aus.

Die zahnmedizinisch-anatomischen Kenntnisse im Kiefer- und Schädelbereich spielten bei der evolutionären paläoanthropologischen aufsteigenden Einordnung von Vor- und Frühmenschen eine entscheidende Rolle. Fossile Zähne und Schädelfragmente hatten sich am besten erhalten und konnten vom Australopithecus bis zum Homo sapiens verglichen werden.

Erste Überlieferungen zur Behandlung von Zahnproblemen stammen aus dem uns nahe liegenden Bereich Okzident und Orient und sind viele Jahrtausende alt. Es sind archäologische, kulturhistorische Details über Kenntnisse der jeweiligen Zeit, die höfischen Kreisen zugeordnet werden können. Der Großteil der Menschheit war in der Antike nur auf seltene empirische, spiritistische oder religiöse Hilfen angewiesen.

Die Plage durch schmerzende Zähne ist so alt wie die Menschheit. *Celsus* postuliert schon vor 2.000 Jahren: „Nur der

Tod ist schlimmer als der Zahnschmerz“. Das Problem von Zahnschmerzen nahm mit dem Fortschreiten der Zivilisation schon in der Antike kontinuierlich zu. Aus früher Kultur und Kunst kommen erste Hinweise auf das Problem „Zähne“.

Der Fund eines kunstvoll gestalteten goldenen Hygienesets (Abb. 1) mit Zahnstocher, Pinzette und Ohrlöffchen an einem Gehänge und reich verzierter Scheide, aus den Mesopotamischen Königsgräbern vor 5.500 Jahren, sind ein imponierender Einblick in die damalige Welt der Mund- und Körperpflege, ein ganz besonderes kulturhistorisches Unikat.

Ein weiterer Beleg für Mund- und Zahnprobleme wird auf der berühmten goldenen Skythen-Vase (Abb. 2) vor 2.700 Jahren künstlerisch wundervoll dargestellt. Es ist ein weiteres kulturhistorisches Monument: Es ist die weltweit erste Abbildung einer Intervention im Mund- und Kieferbereich.

Interessante zahnmedizinische Befunde ergaben sich bei der aktuellen archäologischen Erforschung von über 1.000 Merowinger-Gräbern im Rhein-Neckar-Deltabereich bei Mannheim aus der Zeit der Völkerwanderung vom 5. bis 8. Jahrhundert (Abb. 3–6). Die paläopathologischen Befunde entsprechen



**Abbildung 1** Goldenes Hygieneset mit Zahnstocher, Pinzette und Ohrlöffchen an einem Gehänge mit Scheide.

(Abb. 1: University of Pennsylvania Museum of Anthropology & Archäology, Philadelphia USA)



**Abbildung 2** Goldene Skythen-Vase, 4. Jahrhundert v. Chr.

(Abb. 2: Zähne, Menschen und Kulturen Beier & Beran, 2001)



**Abbildung 3** Merowinger (m) ca. 40–45 J.



**Abbildung 4** Merowinger (m) ca. 30–35 J.



**Abbildung 5** Merowinger (f) ca. 60–65 J.



**Abbildung 6** Merowinger (f) ca. 28–30 J.  
(Abb. 3–6: R. Will, 2001)



**Abbildung 7** Der Zahnreißer 17. Jahrhundert.  
(Abb. 7: Persönl. Überlassung Prof. Dr. J. v. Reckow, 1956)

Diagnosen, die auch heute bekannt sind.

Statistische Auswertung pathologischer zahnmedizinisch relevanter Ergebnisse:

Die Kariesfrequenz lag zur Merowingerzeit – nach *Greth* – durchschnittlich bei 40 %. Diese Häufigkeit spiegelt sich in den aktuellen regionalen Funden im Bereich Mannheim wieder: Karies 41,7 %, Abrasionen 76,70 %, PA-Befunde 47,80 %, Abszesse 12,20 %, Zysten 4,20 %, Mineralisationsstörungen bei Kindern 9,10 %.

Eine zahnmedizinische Versorgung gab es nicht. Die Kariesfrequenz stieg durch den vermehrten Anteil von Kohlehydraten (Brot 68 %, Brei 10 %, Bier 9 %) in der Nahrung im 16. bis 19. Jahrhundert auf über 80 %, was auch mit Veränderung der Mundbakterienflora zusammenhängen könnte. Starke Abrasionen waren vorwiegend auf den hohen Sandgehalt im Mehl, durch die verwendeten Steinmühlen, zurück zu führen.

Im Mittelalter stehen Zahnschmerzen im Zeichen der Aufklärung im Fokus von Kunst- und Kulturgeschichte. Zahn-

brecher, Schmiede, Bader, Scharlatane, Frisöre machten sich auf Jahrmärkten öffentlich wichtig. Auch der berühmte „Barbier von Sevilla“ soll zahnärztlich tätig gewesen sein. Darstellungen schmerzhafter Behandlungen wurden durch berühmte Maler wie *Ostard*, *Tiepolo*, *Victors* sowie *Honthorst* im Zeitalter

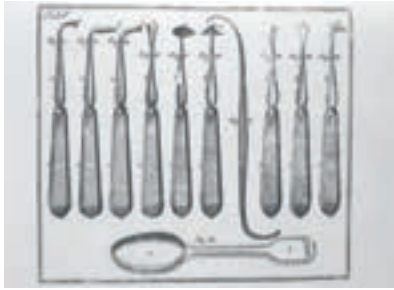
von Barock und Rokoko wundervoll dargestellt. Dies war bemerkenswert, weil das Publikum bei einem Analphabetentum von meist über 70 % wenigstens auf diesem Weg über solche Ereignisse unterrichtet werden konnte. Effektive zahnärztliche Hilfe, vor allem gegen die gefürchteten Zahnschmerzen, gab es nicht. Aus Verzweiflung wurden Heiligenbilder angebetet und in letzter Not, trotz Lebensgefahr, ambulante, unseriöse Zahnreißer (Abb. 7) in Anspruch genommen.

Erste wissenschaftliche Literatur zum Thema Zahn- und Mundbehandlung taucht nach der Publikation anatomischer Tabellen von *Vesal*, *Paré*, *Kulmus* im 16., 17. und 18. Jahrhundert auf, die aber in Latein verfasst waren. Besonders beachtenswert ist 1725 das Buch „*Thesauri Sanitatis*“ von *Johann Jacob Bräuner* aus Frankfurt am Main. *Bräuner* ist in der zahnmedizinischen Literatur kaum bekannt. Er beschreibt jedoch in deutscher



**Abbildung 8** Titelblatt des Lehrbuchs von *Philipp Pfaff*.

(Abb. 8 u. 9: Lehrbuch Philipp Pfaff, 1756 Reprint Will, R. 2002, Beier & Beran )



**Abbildung 9** Instrumente nach *Philipp Pfaff* 1756.



**Abbildung 10** Nachbau der „Pfaff-Zange“ nach Abb. 11.

(Abb. 10: Edelstahlnachbau nach Abb. 11, 1988)



**Abbildung 11** Konstruktionsplan „Pfaff-Zahne“ 1756.

(Abb. 11: Lehrbuch Philipp Pfaff, 1756 Reprint R. Will, 2002, Beier & Beran)

Sprache wirksame Ratschläge zur Zahn- und Mundbehandlung, führt als Arzt aber selber keine Behandlungen durch. Er publiziert 32 brauchbare Rezepte aus diesem Bereich.

*Pierre Fauchard* veröffentlicht 1728 sein rein zahnmedizinisches Buch „Le Chirurgien Dentiste ou Traité des Dents“. Es wird vom Professor der Anatomie, *August Buddeus*, an der Charité ins Deutsche übersetzt. Diese Publikation ist ein Meilenstein und Anstoß für weitere Autoren auf zahnmedizinischem Gebiet. Er fasst die in Frankreich bekannten Behandlungsmethoden zusammen. Eigene Innovationen bringt er nicht ein. Die selbst gewählte Berufsbezeichnung „Chirurgien Dentiste“ ist nicht mit Zahnarzt zu übersetzen. *Fauchard* war jedoch kein Kurpfuscher. Er bleibt durch sein Werk dennoch ein Protagonist der selbstständig werdenden Zahnmedizin.

1756 bringt *Philipp Pfaff* in Preußen das erste Lehrbuch in deutscher Sprache

unter dem Titel „Abhandlung von den Zähnen des menschlichen Körpers und deren Krankheiten“ heraus (Abb. 8). Er wird von König *Friedrich II.* zum Hofrat und Hofzahnarzt ernannt. *Pfaff* schreibt sehr modern, ist sehr sozial und hilfsbereit eingestellt. Er sagt: „Ich hoffe also ein Werk der Liebe zu tun, wenn ich hier einige gute durch Erfahrung bewährte Regeln zur Erhaltung schöner und gesunder Zähne entwerfe. Ich wünsche es, dass viele davon einen Nutzen haben mögen.“

*Pfaff* wirbt intensiv für Prophylaxe zur Zahnerhaltung. Seine epochalen Ideen von 1756 sind:

- Abdrucknahme vom Kiefer
- die Bissfixierung
- erste Beschreibung einer extraoralen retrograden Wurzelfüllung im Rahmen einer Replantation
- die direkte Überkappung der vitalen Pulpa mit Goldplättchen
- die Priorität der Zahnerhaltung
- seine Rezepturen

- seine Vorschläge zur Oralhygiene
- seine Instrumente (Abb. 9–11).

*Philipp Pfaff* darf als Genie des 18. Jahrhunderts und Pionier einer selbstständig gewordenen Zahnmedizin in Deutschland bezeichnet und anlässlich seines 300. Geburtstags 2013 besonders gewürdigt werden.

Auf vielen Erkenntnissen von *Pfaff* basierte später die schnelle Weiterentwicklung der modernen Zahnmedizin im industrialisierten 19. und 20. Jahrhundert.

#### Korrespondenzadressen

Dr. Rolf Will  
Eugen-Bolz-Straße 12  
68163 Mannheim  
dr.r.will@t-online.de

Dr. Susanne Will  
Schwanthaler Straße 41  
60596 Frankfurt  
info@praxis-dr-will.net

# Nachwuchs im Blick: Nicht nur der Studententag ist eine DGZMK-Erfindung



DGZMK-Präsidentin Prof. Dr. Bärbel Kahl-Nieke verweist auf Vorteile und Angebote für Studierende und Assistenten in der ZMK bei einer Mitgliedschaft

Die Jugend ist ein Rohstoff, der unserer Gesellschaft zunehmend ausgeht. Das macht sich schon jetzt in vielen Branchen bemerkbar, in denen vergeblich nach geeigneten Nachwuchskräften gesucht wird. Umso wichtiger scheint es da, das vorhandene Potenzial innerhalb des eigenen Fachspektrums zu entdecken. „Wir haben klar erkannt, dass es im Sinne ihrer Satzungsaufgaben in Bezug auf Wissenstransfer und Forschungsförderung im Bereich der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde eine dauerhafte Herausforderung für die DGZMK sein muss, die Studierenden und Assistenten anzusprechen, deren Interessen auszuloten und sie an die zahnmedizinische Wissenschaft früh heranzuführen“, erklärt die Präsidentin der DGZMK, Prof. Dr. Bärbel Kahl-Nieke anlässlich des Starts einer eigenen „Nachwuchs“-Kampagne, mit der die wissenschaftliche Dachorganisation dieses Klientel vermehrt für sich gewinnen möchte. „Die DGZMK will Sie ...“ heißt es auf Plakaten und Flyern, in denen die DGZMK an den Hochschulen für eine (für Studierende kostenfreie) Mitgliedschaft wirbt.

Es ist nicht nur die Idee eines – zuletzt mit über 600 Besuchern sehr erfolgreichen – Studententages zum Deutschen Zahnärztetag, der auf Anregung des damaligen Präsidenten elect der DGZMK, Prof. Dr. Thomas Hoffmann (TU Dresden), im Jahr 2005 Premiere feierte, der die DGZMK mit dem studentischen und beruflichen Nachwuchs intensiv verbindet. Ebenfalls sehr erfolgreich etabliert wurde die gemeinsam von DGZMK und Akademie Praxis und Wissenschaft (APW) mit dem Freien Verband Deutscher Zahnärzte (FVDZ) 2007 ins Leben gerufene Initiative „young dentists – yd2“. Ihr gehören aktuell 434 Studierende, 760 Assistenten und 287 Praxisgründer an. Darüber hinaus

**...vielfältig unterstützen**

**Profitieren Sie von allen Vorteilen für Studierende der größten und ältesten Gesellschaft der wissenschaftlichen Zahnmedizin in Deutschland.**

**Die DGZMK bietet Zahnmedizinstudenten/-innen:**

- ▶ eine beitragsfreie Mitgliedschaft in der DGZMK und der ihr angeschlossenen Fachgesellschaften
- ▶ bei entsprechender Voraussetzung Unterstützung bei Ihrer Promotion mit 500 €
  - ▶ Teilnahme am wissenschaftlichen Programm des Deutschen Zahnärztetages gegen eine Registrierungsgebühr von derzeit nur 10 € /Tag
  - ▶ Besuchen Sie den Studententag mit eigenem Programm im Rahmen des Deutschen Zahnärztetages
  - ▶ Fahrtkostenzuschüsse zum Deutschen Zahnärztetag
  - ▶ kostenlosen Zugriff auf die Online-Ausgabe der Deutschen Zahnärztlichen Zeitschrift [www.online-dzz.de](http://www.online-dzz.de)
  - ▶ alle Vorteile der Nachwuchsinitiative young dentists - yd<sup>2</sup>
  - ▶ Unterstützung der Examenfeiern mit 300 €
- ▶ owidi.de - die zentrale Lern- und Wissensplattform
- ▶ reduzierter Mitgliedsbeitrag von nur 30 € in der Assistentenzeit, sofern vor der Approbation eine einjährige Mitgliedschaft bestand

**DGZMK** · Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Liesegangstraße 17 a · 40211 Düsseldorf | Telefon 0211.61 01 98 0 | Fax 0211.61 01 98 11  
[www.dgzmk.de](http://www.dgzmk.de) · [www.apw-online.de](http://www.apw-online.de) · [www.young-dentists.de](http://www.young-dentists.de) · [www.owidi.de](http://www.owidi.de)

bietet die DGZMK Studierenden Unterstützung bei der Promotionsarbeit in Höhe von 500,00 Euro an.

Auf diese und viele weitere wertvolle Vorteile versucht die aktuelle Kampagne aufmerksam zu machen. So können Studierende auch einen Reisekostenzuschuss

für die Fahrt zum Kongress und Studententag beim Deutschen Zahnärztetag beantragen. Preisvorteile bei den young dentists sowie dem Kursprogramm der APW sind ein weiterer Benefit.

Das ausgefallene Motiv für die Kampagne hat der Bonner Karikaturist Burk-

hard Mohr geliefert, der u.a. für FAZ, SZ und Handelsblatt zeichnet und auch als Bildhauer einen Namen hat. Eine etwas skurile professorale Gestalt winkt dabei lockend mit dem Zeigefinger, die Analogie zum berühmten „We want you ...“-Poster ist augenfällig. „Wir wollten wirklich einmal die Pfade des Üblichen verlassen und hoffen, auch tatsächlich einen Eyecatcher gefunden zu haben“, ist Prof. Kahl-Nieke auf Reaktionen gespannt. Sie leitet die DGZMK-Task Force zum Thema Nachwuchsarbeit.

„Wir erhoffen uns natürlich eine möglichst große Resonanz und wollen über die Kampagne hinaus den Kontakt

und die Zusammenarbeit zu und mit den Hochschulen weiter im Blick behalten“, steht für die DGZMK-Präsidentin fest, dass dies nur eine erste Initiative sein kann. „Ich kann an dieser Stelle auch nur dringend noch einmal auf das Haase-Stipendium verweisen, mit dem Auslandsstudien teilfinanziert werden können. Meines Wissens hat es dazu bislang – trotz mehrerer Hinweise in verschiedenen Publikationen – kaum nennenswerte Resonanz gegeben. Angaben dazu finden sich übrigens auf unserer Homepage [www.dgzmk.de](http://www.dgzmk.de).“

Vor allem eine Zukunfts-Option, die schon bald dentale Wirklichkeit werden

soll, hält die DGZMK-Präsidentin für so attraktiv, dass man daran kaum vorbeikomme: „Unser neues Internetportal für die Zahnmedizin 'owidi' wird alles bieten, was der Interessent im Bereich Recherche, Fortbildung und Meinungsaustausch braucht. Unsere Partner Quintessenz Verlag, Deutscher Ärzte-Verlag und Springer Medizin bestücken eine Online-Bibliothek, die vom Originaltext bis zum Videoclip alles bietet, was an zeitgemäßen Medien verfügbar ist. Mit der für Studenten kostenlosen DGZMK-Mitgliedschaft wird sich auch dieser Service vergünstigt nutzen lassen.“

M. Brakel, Düsseldorf

# Vorreiter in der dentalen Fortbildung: Akademie Praxis und Wissenschaft feiert 40 Jahre erfolgreicher Arbeit



Interview zum Jubiläum mit dem APW-Vorsitzenden Dr. Norbert Grosse: „Sind für die Zukunft gut aufgestellt“ / 5000. Mitglied wird in 2014 erwartet

Als die Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) vor 40 Jahren beschloss, die Akademie Praxis und Wissenschaft (APW) zu gründen, war es das erklärte Ziel, der niedergelassenen Zahnärzteschaft neue zahnmedizinische Erkenntnisse aus Forschung und Lehre in Form einer strukturierten Fortbildung zugänglich zu machen. Mit dem Angebot des Grundkurses „Allgemeine Zahnheilkunde“, dem Vorläufer des heutigen curriculären Fortbildungssystems, hat die APW im Jahr 1974 Pionierarbeit im Bereich der zahnmedizinischen Fortbildung in Deutschland geleistet. Mit der Entwicklung des Fachs und den veränderten Fortbildungsformaten hat sich auch die APW im Lauf der Zeit weiter entwickelt. Der Ruf nach „Spezialisierung“ wurde unter der Kollegenschaft

aufgrund der hohen Zahl neuer zahnmedizinischer Erkenntnisse immer deutlicher hörbar. Deshalb hat die APW ihr Angebot kontinuierlich weiterentwickelt. Das Angebot der APW ist modular aufgebaut und bietet in seinen strukturierten und zertifizierten Inhalten ein perfektes Fortbildungsangebot in allen Fachbereichen der Zahnmedizin. Im Interview erläutert Dr. Norbert Grosse (Abb. 1), Vorsitzender des Direktoriums der APW, wo die Herausforderungen der Zukunft für die zahnärztliche Fortbildung liegen.

**Zu der Zeit ihrer Gründung war die APW noch relativ konkurrenzlos im Bereich der zahnmedizinischen Fortbildung und hat mit ihrem curriculären Fortbildungssystem einen Maßstab gesetzt, der in der Folge gern kopiert wurde.**



Abbildung 1 Der APW-Vorsitzende, Dr. Norbert Grosse.



### **Wie ist die 40-jährige Erfolgsstory der APW zu verstehen und wo steht die APW heute, 40 Jahre nach ihrer Gründung?**

Bis Ende der 90er Jahre war das Curriculum Allgemeine Zahnheilkunde der APW die beinahe einzige modulare, strukturierte Fortbildung. Alleiniger Zweck war die Auffrischung eines überholten Staatsexamenswissens in Form eines Updates über alle Fachgebiete der Zahnmedizin – immerhin fanden fast 150 Serien statt. Den steilen Anstieg der Teilnehmer- und Mitgliederzahlen verfolgen wir aber ab 1997, als aufgrund der Wissensentwicklung in den einzelnen Fachgebieten der Wunsch nach einem Fortbildungsnachweis in Form einer „Spezialisierung“ oder „Zertifizierung“ in die strukturierten, modularen Fortbildungsserien umgesetzt wurde. Zurzeit laufen immer noch 25 Serien parallel in der APW und die Tendenz ist derzeit wieder aufsteigend. Mit unseren Tagesveranstaltungen und Einzelkursen versuchen wir, das zahnmedizinische Fachwissen zu aktualisieren und das immer im Schulterschluss mit den Fachgesellschaften.

### **Die digitale Welt hat vehement Einzug auch in die Fortbildungslandschaft gehalten. Wird E-Learning der neue Schlüssel zum Erfolg der Anbieter?**

In anderen Bereichen der Lehre sind digitale Lernangebote längst etabliert, weil die Präsenzveranstaltungen doch mit hohen Kosten und Ausfallzeiten verbunden sind. In der Zahnmedizin wird dieser Faktor mit der Zeit auch an Bedeutung gewinnen, denn die Richtung zeigt, dass wir immer mehr Frauen in unserem Beruf haben, die die Fortbildungszeiten mit ihren familiären Anforderungen in Einklang bringen müssen. Von der Zunahme ange-

stellter Zahnärztinnen und Zahnärzte mal ganz abgesehen, – die Wissensakquise wird sich mehr auf den PC verlagern – hinzu kommen die Möglichkeiten des „mobile learnings“ mit Smartphones und Tablet-PCs an allen gewünschten Orten und zu jeder Zeit, die unserer jungen Generation bestens vertraut sind.

### **Wie trägt die APW dieser Entwicklung Rechnung?**

Wir testen gerade in der letzten Entwicklungsphase die Lern- und Wissensplattform „owidi“ der DGZMK mit der Suchtechnologie „myQ“, die Zugriff auf digitale Medien der größten zahnmedizinischen Verlage bietet. Stichwort ist hier das „informelle“ Lernen, d.h. ich habe ein Problem, – gebe es ein und bekomme in einer Ergebnisliste viel Literatur und Videos zu meiner Suchanfrage. Die APW stellt parallel ihre Webseite apw-online.de um. Die Möglichkeit des Online-Buchens für Einzelveranstaltungen und die Etablierung von virtuellen, teilnehmerzugänglichen Kursräumen mit digitalen Lerninhalten und Kursinformationen wird in diesem Jahr vollendet werden – ebenso wie die Möglichkeit des Austauschs unter den Teilnehmern in den Kursräumen. Damit schließen wir den Kreis zwischen „informeller“ schneller Wissensgenerierung und dem „kursorischen“ Fortbildungsangebot und fügen dem Präsenzlernen eine digitale Komponente hinzu.

### **Abgesehen vom vorgeschriebenen Erwerb von sog. Fortbildungspunkten – was treibt Zahnmediziner/innen an, die APW-Fortbildungsangebote nutzen?**


Eigentlich könnte ich mit einer gewissen Gesichtsröte einen kürzlich eingegangenen Brief einer Teilnehmerin nutzen, um die Sicht von außen zu zitieren:

„Die APW hat unter den Kollegen einen guten Ruf. Sie steht für hervorragende wissenschaftliche Fortbildung mit unmittelbarem Praxisbezug.“ Ich höre aber auch, dass unsere Industrienabhängigkeit und die direkte Anbindung an die Fachgesellschaften und Hochschulen und damit die Neutralität und Aktualität unseres Fortbildungsangebots geschätzt werden.

### **Mitglied der APW wird man nach Abschluss eines Curriculums. Wie viele Mitglieder verzeichnen Sie aktuell und wie hoch ist in etwa die Zahl aller, die die APW nutzen und genutzt haben?**

In diesem Jahr werden wir das 5.000. Mitglied begrüßen und ehren können, d.h. so viele zahnmedizinische Kolleginnen und Kollegen haben eine Serie erfolgreich abgeschlossen. Insgesamt organisieren wir im Jahr zwischen 5.000 und 6.000 Kursplätze.

### **Wenn Sie in die Zukunft schauen, wie wird sich dentale Fortbildung verändern und wo liegen die größten Herausforderungen für Anbieter wie die APW?**

Die größte Herausforderung liegt primär immer darin, die richtigen Fortbildungsinhalte, -formate und -referenten zu finden. Die richtige Balance zwischen den digitalen Lernwelten und dem Veranstaltungsangebot vor Ort für den Teilnehmer zu finden, wird auch an Bedeutung gewinnen. Dabei werden auch neue Lerndidaktiken mit einem veränderten Lernmanagement Einzug halten. Das sind große Herausforderungen an Wissensanbieter, die einen hohen Einsatz und auch steigende Investitionen erfordern, um weiter mithalten zu können. Dafür sehen wir uns aber gut aufgestellt. 

Das Interview führte M. Brakel  
mit Dr. Norbert Grosse

# 10. INTERNA der DGÄZ:

## Ästhetik bei schwierigen Voraussetzungen



Die beliebte Mitglieder-Veranstaltung der DGÄZ – die sogenannte INTERNA – feiert in diesem Jahr ihr 10. Jubiläum und hat sich aus diesem Anlass ein besonders herausforderndes Thema gestellt: Ästhetik im PA-vorgeschädigten Gebiss. Am 9. und 10. Mai 2014 stellen Zahnärzte und Zahntechniker in Westerbürg Konzepten vor, die sich bereits bewährt haben, und liefern vielfältige anwendungsorientierte Anregungen für Praxis und Labor. „Wir sind im Alltag leider nicht von gesunden Musterpatienten umgeben, deren orale Situation wir mit ein paar profunden Tricks in Funktion und Ästhetik optimieren können“, sagt DGÄZ-Präsident Prof. Dr. mult. Robert Sader. „Im Alltag haben wir eher komplexe Fälle. Es sind Patienten, die oft zu spät zahnärztliche Hilfe einfordern, die unter situationsverschärfenden Allgemeinerkrankungen leiden, aber eben auch solche, die im Leben andere Prioritäten setzen als Mundgesundheit. Sie werden für uns zu einer Herausforderung – nicht zuletzt, weil es im Ergebnis auch noch unsichtbar und gelungen aussehen soll. Wir widmen die bevorstehende 10. INTERNA deshalb genau solchen Aufgabenstellungen – und allen Kolleginnen und Kollegen aus Zahnmedizin und Zahntechnik, die solche Herausforderungen immer wieder erfolgreich meistern!“

Die Referenten der Tagung kommen daher fast alle aus der Praxis. Tagungsleiter und Organisator ZA Wolfgang M. Boer



**Abbildung 1** „Das PA-vorgeschädigte Gebiss ist ein Klassiker in unseren Praxen und stellt hinsichtlich der Ästhetik hohe Erwartungen an Zahnarzt und Zahntechniker“, so ZA Wolfgang M. Boer, Pressesprecher der DGÄZ und Tagungsleiter der INTERNA.

(Abb. 1. B. Dohlus)

(Abb. 1) hat für das Anderthalb-Tage-Programm sehr verschiedene Blickwinkel kombiniert und liefert damit ein Erfahrungspaket, das die Thematik rundum betrachtet und damit das eigene Entscheidungspotenzial um viele spannende Facetten erweitert. ZA Boer: „Das PA-vorgeschädigte Gebiss ist, das zeigen viele Studien, in Deutschland weit verbreitet – mit noch steigender Tendenz. Und es führt uns oft an unsere Grenzen,

wenn wir einen ästhetischen Anspruch an unser Behandlungskonzept haben. Genau diesem Moment werden wir uns widmen: Was geht, was davon ist sinnvoll, und wann müssen wir Kompromisse eingehen?“ Zu den fachlichen Stichworten gehören beispielsweise minimalinvasives Vorgehen, chirurgische und nichtchirurgische Wege, orthodontische Techniken und Implantologie. „Zu den Vorträgen kommen erstmals zwei spannende Angebote, die auf die Teilnehmer zurückgehen bzw. ihre Expertise provozieren“, sagt ZA Boer. Das eine ist eine Präsentation von ausgewählten Fall-Lösungen aus dem DGÄZ-Curriculum Zahntechnik, die von Zahnärzten und Zahn Technikern gemeinsam entwickelte und als empfehlenswert erwiesene Behandlungskonzepte aufzeigen. Das andere: „Wir fragen unsere Teilnehmer zusammen mit unserem Referenten Dr. Oliver Brendel aus Sindelfingen: Wie hätten SIE entschieden? Dabei steht ein besonderer PA-Fall im Blickpunkt und wir sind sehr gespannt, welche Vorschläge und Anregungen aus dem diskussionsfreudigen Kreis unserer Teilnehmerinnen und Teilnehmer kommen. Auf jeden Fall wird es hilfreich werden: Die Vielfalt der Möglichkeiten der modernen Zahnheilkunde sind zwar ihr Reichtum – aber auch eine Herausforderung an die Praktiker. Die INTERNA wird Kriterien liefern, die die Entscheidungen erleichtern.“

B. Dohlus, Berlin



► Die **all-in-one** Fortbildung  
in neuer Qualität!



► **Zahnerhaltung  
und Ästhetik**  
Sa., 29.03.2014

**Mit renommierten  
Experten:**

Prof. Dr. Werner Geurtsen  
Dr. Josef Diemer  
ZA Horst Dieterich  
Prof. Dr. Claus-Peter Ernst  
Prof. Dr. Jürgen Manhart

Mehr Infos und Anmeldung unter  
[www.dent-update.de](http://www.dent-update.de)

**1 Tag** Fortbildung  
**1 Jahr** Fachwissen

Sie erfahren alles über  
die neuesten Erkenntnisse  
in der Zahnerhaltung &  
Ästhetik an nur einem Tag  
(8 CME-Punkte).

**Expertenwissen  
und Austausch**

Sie besprechen Ihr  
individuelles Fallbeispiel mit  
Koryphäen der  
Zahnmedizin und  
diskutieren mit Kollegen.

**Veranstaltungsort**

Fleming's Conference Hotel Frankfurt  
Elbinger Straße 1-3  
60487 Frankfurt am Main

# Zahnärztliche Behandlung von Schnarchen und Schlafapnoe



30 Millionen Deutsche schnarchen, aber dass sich dahinter ein gravierendes Krankheitsbild verbergen kann, das Schlafapnoe-Syndrom, ist weitgehend unbekannt. Schlafapnoe bedeutet Atemstillstände im Schlaf mit konsekutivem Abfall der Sauerstoffsättigung im Blut. Es kommt im Schlaf zu einer Erschlaffung von Zunge und Rachenmuskulatur. Atmen durch diese Atemwegsenge erzeugt starkes Vibrieren der Weichteile als Ursache des Schnarchens. Fallen Zunge und Rachenmuskeln ganz in sich zusammen, kommt es durch die Obstruktion zu Atemaussetzern (Apnoen), die bis zu 600-mal pro Nacht auftreten und bis zu 2 min andauern können. Der Betroffene erstickt nicht im Schlaf, weil es bei den sich wiederholenden Sauerstoffmangelzuständen zu unterbewussten Mikroweckreaktionen des Gehirns kommt: die Atmung setzt dann sofort wieder ein. Diese Fragmentierung der Schlafarchitektur führt aber zu einem unerholsamen Schlaf. Die Betroffenen sind morgens wie „gerädert“ und leiden unter Tagesmüdigkeit. Schlafapnoiker neigen dazu, in monoto-

nen Situationen einzunicken und sind durch Sekundenschlaf am Steuer bis zu 7-mal häufiger in Verkehrsunfälle verwickelt. Die medizinischen Folgen der unbehandelten Schlafapnoe sind gravierende kardiovaskuläre Risiken wie Bluthochdruck, Herzinfarkt, Schlaganfall. Auch Depression und sexuelle Unlust sind Auswirkungen der Schlafapnoe. Wer also schnarcht, fremdanamnestisch Atemaussetzer hat und sich morgens unausgeschlafen fühlt, sollte von einem schlafmedizinisch tätigen Facharzt (Lungenarzt, HNO-Arzt) eine ambulante Schlafaufzeichnung machen lassen. Wird eine obstruktive Schlafapnoe diagnostiziert, galt bislang als anerkannte Behandlungsmethode die nächtliche CPAP-Überdruckbeatmung (continuous positive airway pressure) (Abb. 1), die in den Schlaflaboren eingeleitet wird. Der Patient setzt jede Nacht eine Nasenmaske auf, durch die ein Überdruckluftstrom den Rachen pneumatisch „schient“ nach dem Prinzip eines umgekehrten Staubsaugers. Über 30 % der Patienten kommen mit der nächtlichen Überdruckatmung nicht zurecht.



Dr. Susanne Schwarting

Hier eröffnet sich ein neues interdisziplinäres Arbeitsfeld für Zahnmediziner weltweit. Mit Unterkieferprotrusionsschienen (Abb. 2) kann man indirekt über Unterkieferverlagerung die Zunge vorn halten, die Rachenmuskulatur tonisieren und so den Atemweg of-



**Abbildung 1** Patientin mit CPAP-Überdruckmaske.



**Abbildung 2** Individuell angepasste Unterkieferprotrusionsschiene in situ.

(Abb. 1 u. 2: S. Schwarting)

fen halten: Schnarchen und Apnoen werden verhindert. Zahnmediziner in den USA sind seit 20 Jahren in die Therapie schlafbezogener Atmungsstörungen eingebunden, unterstützt durch eine Leitlinie der amerikanischen Schlafmedizinergesellschaft [1], die klar die Indikation und die notwendige interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Zahnmedizinern und Schlafmedizinern vorgibt.

Verwandt werden heute individuell nach Abdrücken gefertigte Zweischiene-Systeme. Stellschrauben ermöglichen eine Feintitration des Unterkiefers, um durch ausreichende Protrusion eine gesunde nächtliche Atmung zu gewährleisten. Industriell vorgefertigte Schie-

nen zur Behandlung von Schlafapnoe und Schnarchen werden von der American Academy of Dental Sleep Medicine nicht empfohlen [3]. 2007 publizierte die Deutsche Gesellschaft Zahnärztliche Schlafmedizin (DGZS) das Positionspapier zur Anwendung von Unterkieferprotrusionsschienen bei Erwachsenen mit schlafbezogenen Atmungsstörungen [4]. Es empfiehlt Protrusionsschienen als initiale Option für Patienten mit leicht- bis mittelgradiger Schlafapnoe, die ausreichend eigene Zähne haben und einen Body-Maß-Index unter 30 kg/m<sup>2</sup>. Seit 2009 wird die Schienentherapie auch in der S3-Leitlinie nicht-erholsamer Schlaf [2] der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und

Schlafmedizin mit höchstem Empfehlungsgrad A bewertet. Sie empfiehlt die Therapie durch schlafmedizinisch qualifizierte Behandler. Die DGZS hat zur fundierten Fortbildung das „Curriculum Zahnärztliche Schlafmedizin“ inanguriert, das sie zusammen mit der Akademie Praxis und Wissenschaft durchführt: [www.apw-online.de](http://www.apw-online.de) und [www.dgzs.de](http://www.dgzs.de)

**Korrespondenzadresse**

Dr. med. dent. Susanne Schwarting  
Praxis für zahnärztliche Schlafmedizin  
Andreas-Gayk-Str. 23-25  
24103 Kiel  
[www.schlafapnoezahnmedizin.de](http://www.schlafapnoezahnmedizin.de)

**Literatur**

1. Kushida CA, Morgenthaler TI, Littner MR et al.: Practice parameters for the treatment of snoring and obstructive sleep apnea with oral appliances: an update for 2005. An American Academy of Sleep Medicine Report. Sleep 2006;29:240-243
2. Mayer G, Fietze I, Fischer et al.: S3-Leitlinie: Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen. Somnologie 2009;13(Suppl. 1):4-160
3. Scherr et al.: Definition of an effective oral appliance for the treatment of obstructive sleep apnea and snoring. A report of the american academy of dental sleep medicine. JDSM 2014; im Druck
4. Schwarting S, Huebers U, Heise M et al.: Position paper on the use of mandibular advancement devices in adults with sleep-related breathing disorders. A position paper of the German Society of Dental Sleep Medicine (Deutsche Gesellschaft für Zahnärztliche Schlafmedizin, DGZS). Sleep Breath 2007;11:125-126



**TAGUNGSKALENDER**

**2014**

**21.03. – 23.03.2014, Landshut**

AG Pädiatrie der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin  
**Thema:** „Wie die Nacht so der Tag? Kinderschlafmedizin im Gespräch mit anderen Fachdisziplinen“  
**Auskunft:** [www.dgsm-paediatrie.de](http://www.dgsm-paediatrie.de)

**28.03. – 29.03.2014, Würzburg**

Deutsche Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde (DGKiZ)  
**Thema:** „Kinderzahnheilkunde national und international“  
**Auskunft:** [www.dgkiz.de](http://www.dgkiz.de)

**15.05. – 17.05.2014, Aachen**

Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro)  
**Thema:** „Wie viel Vollkeramik, wie viel digitale Technologie und wie viel Implan-

nologie braucht unser Patient?“  
**Auskunft:** [www.dgpro.de](http://www.dgpro.de)

**23.05. – 24.05.2014, Wuppertal**

Bergischer Zahnärzterein  
**Thema:** „Update Füllungstherapie“  
**Auskunft:** [www.bzaet.de](http://www.bzaet.de)

**29.05. – 30.05.2014, Bad Homburg**

Arbeitsgemeinschaft für Kieferchirurgie (AGKi)  
**Thema:** „AGKi: Entzündung im Mund-, Kiefer-Gesichtsbereich; AGKi: Gefahren durch neue Medikamente für die Zahnärztliche Chirurgie: Bisphosphonate, Biologika & Co.“  
**Auskunft:** [www.ag-kiefer.de](http://www.ag-kiefer.de)

**13.06. – 14.06.2014, Ulm**

Arbeitskreis für die Weiterentwicklung der Lehre in der Zahnmedizin (AKWLZ)  
**Thema:** „6. Jahrestagung“  
**Auskunft:** [www.dgzmk.de](http://www.dgzmk.de)

**02.07. – 05.07.2014, Greifswald**

Deutsche Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde (DGKiZ)  
**Thema:** „Weltkarieskongress ORCA 2014“  
**Auskunft:** [www.dgkiz.de](http://www.dgkiz.de)

**26.08. – 30.08.2014, Zagreb, Kroatien**

16.th International Symposium on Dental Morphology, 1.st Congress of the International Association for Paleodontology“  
**Thema:** „Dental Morphology; Paleodontology; Forensic Dentistry“  
**Auskunft:** [www.paleodontology.com](http://www.paleodontology.com)

**05.09. – 06.09.2014, Hamburg**

Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung (DGZ) & Deutsche Gesellschaft für Ästhetische Zahnheilkunde (DGÄZ)  
**Thema:** „28. DGZ-Jahrestagung gemeinsam mit der DGÄZ“  
**Auskunft:** [www.dgz-online.de](http://www.dgz-online.de)

**10.09. – 13.09.2014, München**

Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO)

**Thema:** „Tradition & Innovation“

**Auskunft:** www.dgkfo2014.de

**18.09. – 20.09.2014, Münster**

Deutsche Gesellschaft für Parodontologie (DGParo)

**Thema:** „Interdisziplinäre, synoptische Behandlung des PARO Patienten“

**Auskunft:** www.dgparo.de

**25.09. – 27.09.2014, Freiburg**

Deutsche Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde (DGKiZ)

**Thema:** „Kindergesundheit im Zeitalter neuer Medien“

**Auskunft:** www.dgkiz.de

**25.09. – 27.09.2014, Bonn**

Deutsche Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde (DGCZ)

**Thema:** „22. CEREC Masterkurs“

**Auskunft:** www.dgcz.org

**26.09. – 27.09.2014, Düsseldorf**

Deutsche Gesellschaft für Laserzahnheilkunde (DGL)

**Thema:** „23. gemeinsamer Jahreskongress der DGL und DGZI (Deutsche Gesellschaft für Zahnärztliche Implantologie)“

**Auskunft:** www.dgl-online.de

**10.10. – 11.10.2014, Leuven**

Deutsche Gesellschaft für Parodontologie (DGParo)

**Thema:** „Modul 2 der DGP-Frühjahrs-tagung 2014“

**Auskunft:** www.dgparo.de

**23.10. – 25.10.2014, München**

Bayerische Landes Zahnärztekammer und Kassenzahnärztliche Vereinigung Bayerns

**Thema:** „Zahn trifft Medizin – Zähne und Kiefer im Netzwerk des Körpers“

**Auskunft:** www.bayerischer-zahnaerztag.de

**06.11. – 08.11.2014, Frankfurt**

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)

**Thema:** „Präventionsorientierte Therapiekonzepte“

**Auskunft:** www.dgzmk.de

**13.11. – 15.11.2014, Bad Homburg**

Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFDT)

**Thema:** „CMD/Kieferchirurgie“

**Auskunft:** www.dgfddt.de

**15.11.2014, Münster**

Westfälische Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e.V.

(WLZMK)

**Thema:** „Moderne Restaurations-Materialien – State of the art“

**Auskunft:** Prof. Dr. Dr. L. Figgenger; weersi@uni-muenster.de

**04.12. – 06.12.2014, Köln**

Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin

**Thema:** „Schlaf und Rhythmus“

**Auskunft:** www.dgsm-kongress.de

**2015**

**11.06. – 13.06.2015, Ulm**

Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro)

**Thema:** „64. Jahrestagung“

**Auskunft:** www.dgpro.de

**06.11. – 07.11.2015, Frankfurt**

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund-

und Kieferheilkunde (DGZMK)

**Thema:** „Deutscher Zahnärztetag 2015“

**Auskunft:** www.dgzmk.de

**13.11. – 14.11.2015, Bad Homburg**

Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFDT)

**Thema:** „CMD/Ästhetik“

**Auskunft:** www.dgfddt.de

**2016**

**15.09. – 17.09.2016, Halle**

Deutsche Gesellschaft für Parodontologie (DGParo)

**Thema:** „65. Jahrestagung“

**Auskunft:** www.dgparo.de

**11.11. – 12.11.2016, Bad Homburg**

Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFDT)

**Thema:** „CMD/Schlaf-Schnarchmedizin und Bruxismus“

**Auskunft:** www.dgfddt.de

**2017**

**16.11. – 18.11.2017, Bad Homburg**

Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFDT)

**Auskunft:** www.dgfddt.de

**2018**

**15.11. – 17.11.2018, Bad Homburg**

Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFDT)

**Auskunft:** www.dgfddt.de

# „Gemeinsam in die Zukunft“

Impressionen vom 27. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Implantologie e.V. (DGI) vom 28. bis zum 30. November 2013 in Frankfurt am Main



Der Einladung des Präsidenten der DGI Dr. *Gerhard Ighaut* (Memmingen) zu dem Jahreskongress unter dem Thema „Gemeinsam in die Zukunft“ folgten rund 2.500 Teilnehmer. Die Programmgestaltung lag in den Händen von Prof. Dr. *Frank Schwarz* aus Düsseldorf. Sie beinhaltete 48 teilweise parallel gehaltene eingeladene Vorträge, je ein Forum für Zahntechnik, Assistenz sowie der Arbeitsgemeinschaft Keramik und 8 Tischdemonstrationen. 18 der Vorträge können als DVD erworben werden.

Ich berichte über von mir besuchte Sitzungen: Prof. Dr. Dr. *Stefan Schultze-Mosgau* aus Jena referierte über den Stellenwert oraler Implantate in der Gesundheitsversorgung. Die verlängerte Lebenserwartung der Bevölkerung und ein besserer Gesundheitszustand führen zur höheren Nachfrage nach implantatprothetischen Versorgungen mit ihrem höheren Lebenskomfort, erfordern aber altersbedingte Anpassungen. Populationsbezogene Studien zeigen eine Zunahme von Implantatversorgten in allen Lebensaltern. Das ist Folge verbesserter Implantate, ausgereifterer Erfahrungen und implantatbezogener Fortbildungen.

Der Orthopäde Prof. Dr. *Marcus Jäger* (Essen) beleuchtete den Stellenwert orthopädischer Implantate. Probleme

großvolumiger und immens belasteter Hüft- und Knieimplantate sind nicht vergleichbar mit grazilen dentalen Implantaten, deren inserierte Anzahl aber ungleich höher ist. Zehn-Jahreserfolgsaussichten liegen für Hüftimplantate bei 95 % und bei 90 % für Knieimplantate. Anders als bei dentalen Implantaten spielen bewegungsbedingte Probleme des Abriebes eine Rolle, ein Durchtritt in ein keimbeladenes Milieu wie beim dentalen Implantat besteht hingegen nicht. Fragen der Materialeigenschaften und der Allergie sind für dentale und orthopädische Implantate gleichermaßen relevant.

Prof. Dr. *Søren Jepsen* (Bonn) diskutierte, wann ein übertriebener Zahnerhalt das Implantatlager kompromittiert. Ein Erhaltungsversuch beim parodontal geschädigten Zahn sollte mit einer Erfolgchance von 78 bis 86 % erfolgen. Einen rhetorisch herausragenden Vortrag hielt der Kongresspräsident Prof. Dr. *Frank Schwarz* (Düsseldorf) zum Thema physiologischer versus pathologischer Knochenabbau nach Implantatinsertion. Übergänge sind fließend. Nach heutigem Erkenntnisstand könnte eine Verminderung des Knochenabbaus versucht werden durch operative Modifikationen der Weichgewebisdicke und der Implantatpositionierung sowie mittels Platform switching. Diese Standort-

bestimmung sollte man auf der bestellbaren DVD nachverfolgen. Das ist leider nicht möglich bei dem extrem gut strukturierten Vortrag von Prof. Dr. Dr. *Henning Schliephake* aus Göttingen. Er sprach zu Ridge preservation oder Sofortimplantation. Nach publizierten Daten hat beides einen fast identischen (0,5 mm), aber letztlich doch in seinen Ausmaßen begrenzten positiven Einfluss auf den Erhalt des Kieferkammes nach Zahnentfernung. Bei der Sofortversorgung ist eine Auffüllung zum Alveolenrand oder eine Gewebeabdeckung erst ab Spaltbreiten über 5 mm zu erwägen. Umfragen von Dr. *Sebastian Schmidinger* zeigten den Rückgang der Anwendungshäufigkeit der ursprünglich euphorisch mit dem Ziel des Kiefererhaltes eingesetzten Sofortimplantation. Ästhetisch anspruchsvolle Ergebnisse erfordern anstelle der Sofortimplantation eine verzögerte Sofortimplantation mit Augmentation von Hart- und Weichgewebe. Prof. Dr. Dr. *Hendrik Terheyden* (Kassel) besprach Implantationen bei Osteoporose. Speziell wurden Bisphosphonate bei vorbestehenden oder einzusetzenden Implantaten in ihrem Für und Wieder beleuchtet. Auch diesen Vortrag sollte man sich auf der DVD im Detail ansehen und die dazu existierende Leitlinie unter Erstautorchaft von Prof. Dr. Dr. *Knut Grötz* aus



**Abbildung 1** Prof. Dr. *Frank Schwarz*, der diesjährige Tagungspräsident.



**Abbildung 2** Prof. Dr. Dr. *Stefan Schultze-Mosgau*.

Wiesbaden verinnerlichen. Zusammenfassend bot der Tagungsabschnitt „Schnittstelle Knochengewebe“ eine klare Zusammenstellung aktueller Probleme und Ansätze zu deren Lösung mit Gültigkeit für den heutigen Tag.

Die „Schnittstelle Weichgewebe“ steht noch nicht so lange im Blickpunkt der implantologischen Forschung. Prof. Dr. *Jan Derks* aus Göteborg analysierte die Bedeutung der keratinisierten Gingiva für den Implantaterhalt. Nach vorliegenden Daten ist sie offenbar geringer als die der Weichgewebisdicke. PD Dr. *Michael Stimmlmayr* (Cham) stellte sein Vorgehen zur Weichgewebsoptimierung vor. Dr. *Gerhard Ighaut* (Memmingen) analysierte neue Aspekte zur Revaskularisierung bei der Weichgewebsaugmentation, die wir sicher in seiner Habilitationsschrift ausführlicher wiederfinden werden. Prof. Dr. *Nicole Arweiler* (Marburg) beschäftigte sich mit der Prävention der zunehmend nach dem 5. Jahr eintretenden biofilmbedingten periimplantären Infektion unter antiseptischen Spülungen und – natürlich – eines gezielten Recalls. Darstellungen zu „Schnittstellen Suprakonstruktionen und Patient“ kann ich nicht besprechen, da zeitgleich Wettbewerbsbeiträge zu bewerten waren. Wichtige Aspekte sind zu finden in der aktuellen Leitlinie zur Implantatversorgung im Oberkiefer und auf einigen DVDs.

Im Wettbewerb standen 19 Poster und 20 Kurzvorträge. Das Niveau war im Vergleich zu Vorjahren erfreulich angestiegen, die Anzahl aber viel zu gering im Vergleich zur EAO-Tagung in Dublin, wo 400 Poster gezeigt wurden. Das hat nicht nur etwas zu tun mit der Einord-

nung dieser Wettbewerbe durch die Kongressveranstalter, sondern auch mit dem derzeit von der DGI ausgesetzten Preisgeld von nur 500,00 Euro! Die Tagungsjury entschied sich einstimmig für ein Poster von Dr. *Alexandra Spanou* und Mitarbeitern aus Freiburg. Es zeigte in allogenen Knochenblöcken Proteinreste und damit genetische Spenderinformationen nach Sterilisation. Als besten Kurzvortrag aus Universitäten kürten wir einen Beitrag von Prof. Dr. *Ralf Smeets* und Mitarbeitern aus Hamburg zu Entwicklung und Perspektiven von Seidenmembranen. Als bester Kurzvortrag aus der Praxis wurde ausgezeichnet eine prospektive Studie von Frau *Stanke* und Mitautoren aus Münster zur medikamentösen Beeinflussung des Beschwerdeprofils im Rahmen der Implantologie mittels Ibuprofen mit und ohne Clindamycin oder Prednisolon. Mir besser gefallen hat eine zeitbezogene Analyse von 10.000 Implantaten aus 20 Jahren von Dr. med. habil. *Wolfram Knöfler* und seinen Mitautoren aus Leipzig. Sie fanden unter anderem, dass die 20-jährige Erfolgswahrscheinlichkeit von Implantatbehandlungen bei einem Mittelwert von 90 % erfahrungsbezogen ist. Sie verbessert sich deutlich nach etwa 10 Jahren oder 1.000 persönlich gesetzten Implantaten.

Den zweiten Tag leitete das neue Ehrenmitglied der Gesellschaft, Prof. Dr. *Niklas Lang* mit einem Vortrag zur Bedeutung dentaler Implantate für das Gesundheitswesen ein. Sein Streifzug als Herausgeber der bedeutendsten Zeitschrift für Implantologie (*Clinical oral implant research*) war hoch aktuell und wohl begründet und berührte auch die

aktuell erneut diskutierte Frage zum Wesen des Implantateinbaues – Fremdkörper? Erosion? Allergie? vom Körper nicht erkannte Infektion? Er fasste die Indikationen für Implantatversorgung konservativ zusammen in: 1. Bewahrung eigener Substanz, 2. Verbesserung des subjektiven Kaukomforts und 3. Ersatz strategisch wichtiger Pfeiler.

Im „internationalen Forum“ stellten zu einer Problematik jeweils 2 Autoren ihre Konzepte vor. Dr. *Ueli Grunder* (Zürich) demonstrierte in einem rhetorisch und inhaltlich herausragenden Vortrag seine strukturierten und auf immenser Erfahrung basierenden Behandlungskonzepte für die ästhetische Zone – beginnend mit der Zahntfernung über die Versorgung des Alveolarfortsatzes (ohne Socket preservation, aber fast stets mit Weichgewebs- und Knochenaufbau mit nicht resorbierbaren Membranen) bis zur Implantatinsertion und sekundären Korrekturen. Sie werden ausgewählt nach vorliegenden Ausgangssituationen. Er verschwieg nicht auftretende Probleme und beschrieb dafür Lösungsmöglichkeiten. Dr. *Karl Ludwig Ackermann* (Filderstadt) stellte sein in Vielem ähnliches Vorgehen dar, das mit Socket preservation und Osteodistraktion andere Schwerpunkte setzte.

Die beiden Referate zur Periimplantitis – Prof. Dr. *Stefan Renvert* aus Kristinnsstad und Dublin einerseits sowie Prof. Dr. *Jürgen Becker* aus Düsseldorf andererseits – unterschieden sich im Grundtenor nicht wesentlich. Konservatives Vorgehen selbst mittels Laser allein ist selten ausreichend. Das Düsseldorfer Konzept hat experimentell und klinisch die Differentialindikation für eine risi-



**Abbildung 3** Prof. Dr. Marcus Jäger.



**Abbildung 4** Prof. Dr. Dr. Henning Schliephake.





**Abbildung 5** Prof. Dr. Niklas Lang, das neue Ehrenmitglied.



**Abbildung 6** Impressionen aus der Industrieausstellung.

(Abb. 1–6: David Knipping)


koadaptierte Behandlung in Abhängigkeit vom periimplantären Knochenbefund begründet. Nur selten – bei intraalveolären Defekten der Klasse Ie – sind regenerative Maßnahmen erfolgsversprechend. Die Explanatation verbleibt als Ultima ratio. Beide Referenten sind Autoren von Büchern, die heute zum Grundkanon der Periimplantitistherapie gehören.

Den Tagungspunkt zu aktuellen Entwicklungen in der Implantologie und die Videosession über Alternativen zur Implantologie habe ich mir nicht angehört, weil es zeitgleich etwas Neues gab: Es wurde ein Forum für die nächste Generation eingeführt. Approbationsordnung, Lernzielkatalog sowie prä- und postgraduale implantologische Ausbildungen wurden angeschnitten. Studierende konfrontierten 4 Zahnärzte mit Entwicklungswegen in die Praxis, in die Hochschule und in die Industrie mit ihren Anfragen. Das Novum mit seinen in-

teressanten, manchmal verwirrenden Schwerpunktzuordnungen der Anfragen seitens der zukünftigen Implantologengeneration und mit seinen Statements war hoch spannend auch oder gerade für einen alten Implantologen. Abstracts fast aller Vorträge finden wir in: *Z Zahnärztl Impl* 2013; 29 (4) 352–382.

Zwölf Workshops der Industrie, Seminare zum „dginet“ und zum web2.0 und einer Industrieausstellung ergänzten das Programm. Den Festvortrag zur Perspektive der Gesundheitspolitik hielt Prof. Dr. Eberhard Wille, Mitglied des Wissenschaftlichen Beirates beim Bundesministerium für Wirtschaft. Eine „Night to remember“ unter Moderation von Bärbel Schäfer rief Etappen der DGI in Erinnerung mit persönlichen Beiträgen ihrer früheren Präsidenten *Duelund, Schmidinger, Streckbein, Schliephake, Dhom* und *Terheyden*. Das weckte bei DGI-Mitgliedern der ersten Stunde Erin-

nerungen an einen beispiellosen, wenn auch nicht widerspruchsfreien Weg einer gemeinsamen Gesellschaft aus der Praxis und aus der Wissenschaft, die von dem unvergessenen Prof. *Spiekermann* und Dr. *Duelund* gegründet worden war. Höhepunkt des Abends war die Verleihung der Ehrenmitgliedschaft an Prof. *Niklas Lang* mit einer hoffentlich bald publizierten Laudatio durch Prof. *Schwarz*.

Der DGI Kongress 2013 wird wegen einer sorgfältigen Auswahl von Themen mit Beschränkung auf Wesentliches, durch hervorragende Referenten und auch durch seine Innovationen im Gedächtnis bleiben. Er trug die klare Handschrift des Kongresspräsidenten Prof. *Schwarz*, wofür die Teilnehmer sich bedanken möchten. Dieses Jahr treffen wir uns vom 27.–29.11.2014 an dessen Wirkungsstätte in Düsseldorf. 

Dr. Lutz Tischendorf (Halle/Saale)  
www.drtsischendorf.de

**DZZ – Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift / German Dental Journal****Herausgeber / Publishing Institution**

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e. V. (Zentralverein, gegr. 1859)

**Schriftleitung / Editorial Board**

Prof. Dr. Werner Geurtsen, Elly-Beinhorn-Str. 28, 30559 Hannover, E-Mail: wernergeurtsen@yahoo.com. Prof. Dr. Guido Heydecke, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Martinistraße 52, 20246 Hamburg, E-Mail: g.heydecke@uke.de.

**Redaktionsbeirat der DGZMK / Advisory Board of the GSDOM**

Dr. Josef Diemer, Marienstr. 3, 88074 Meckenbeuren, Tel.: +49 7542 912080, Fax: +49 7542 912082, diemer-dr.josef@t-online.de; Dr. Ulrich Gaa, Archivstr. 17, 73614 Schorndorf, Tel.: +49 7181 62125, Fax: +49 7181 21807, E-Mail: ulrich@dresgaa.de; Dr. Arndt Happe, Schützenstr. 2, 48143 Münster, Tel.: +49 251 45057, Fax: +49 251 40271, E-Mail: a.happe@dr-happe.de; Prof. Dr. Dr. Torsten Reichert, Klinikum der Universität Regensburg, Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Franz-Josef-Strauss-Allee 11, 93053 Regensburg, Tel.: +49 941 944-6300, Fax: +49 941 944-6302, Torsten.reichert@klinik.uni-regensburg.de; Dr. Michael Stimmelmayer, Josef-Heilingbrunner Str. 2, 93413 Cham, Tel.: +49 9971 2346, Fax: +49 9971 843588, Praxis@m-stimmelmayer.de

**Nationaler Beirat / National Advisory Board**

N. Arweiler, Marburg; J. Becker, Düsseldorf; T. Beikler, Düsseldorf; J. Eberhard, Hannover; P. Eickholz, Frankfurt; C.P. Ernst, Mainz; H. Eufinger, Bochum; R. Frankenberger, Marburg; K. A. Grötz, Wiesbaden; B. Haller, Ulm; Ch. Hannig, Dresden; M. Hannig, Homburg/Saar; D. Heidemann, Frankfurt; E. Hellwig, Freiburg; R. Hickel, München; B. Hoffmeister, Berlin; S. Jepsen, Bonn; B. Kahl-Nieke, Hamburg; M. Kern, Kiel; A. M. Kielbassa, Berlin; B. Kläiber, Würzburg; J. Klimek, Gießen; K.-H. Kunzelmann, München; H. Lang, Rostock; G. Lauer, Dresden; H.-C. Lauer, Frankfurt; J. Lissou, Homburg/Saar; C. Löst, Tübingen; R.G. Luthardt, Ulm; J. Meyle, Gießen; E. Nkenke, Erlangen; W. Niedermeier, Köln; K. Ott, Münster; P. Ottl, Rostock; W. H.-M. Raab, Düsseldorf; T. Reiber, Leipzig; R. Reich, Bonn; E. Schäfer, Münster; H. Schliephake, Göttingen; G. Schmalz, Regensburg; H.-J. Staehle, Heidelberg; H. Stark, Bonn; J. Strub, Freiburg; P. Tomakidi, Freiburg; W. Wagner, Mainz; M. Walter, Dresden; M. Wichmann, Erlangen; B. Willershausen, Mainz; B. Wöstmann, Gießen; A. Wolowski, Münster

**Internationaler Beirat / International Advisory Board**

D. Arenholt-Bindslev, Aarhus; Th. Attin, Zürich; J. de Boever, Gent; W. Buchalla, Zürich; D. Cochran, San Antonio; N. Creugers, Nijmegen; T. Flemmig, Seattle; M. Goldberg, Paris; A. Jokstad, Toronto; H. Kappert, Schaan; H. Linke, New York; C. Marinello, Basel; J. McCabe, Newcastle upon Tyne; A. Mehl, Zürich; I. Naert, Leuven; P. Rechmann, San Francisco; D. Shanley, Dublin; J. C. Türp, Basel; M. A. J. van Waas, Amsterdam; P. Wesseling, Amsterdam

**Organschaften / Affiliations**

Die Zeitschrift ist Organ folgender Gesellschaften und Arbeitsgemeinschaften:

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Deutsche Gesellschaft für Parodontologie  
Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien  
Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung  
Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie  
Deutsche Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde  
Arbeitsgemeinschaft für Kieferchirurgie  
Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie  
Arbeitsgemeinschaft für Arbeitswissenschaft und Zahnheilkunde  
Arbeitsgemeinschaft für Grundlagenforschung

**Verlag / Publisher**

Deutscher Ärzte-Verlag GmbH  
Dieselstr. 2, 50859 Köln; Postfach 40 02 65, 50832 Köln  
Tel.: +49 2234 7011-0; Fax: +49 2234 7011-224  
www.aerzteverlag.de, www.online-dzz.de

**Geschäftsführung / Board of Directors**

Norbert A. Froitzheim (Verleger), Jürgen Führer

**Leiter Geschäftsbereich / Leader Operational Division:**

Rüdiger Sprunkel

**Leiter Produktbereich / Leader Product Division:**

Manuel Berger

**Produktmanagerin / Product Manager:**

Carmen Ohlendorf, Tel +49 22 34 70 11-357;  
Fax + 49 22 34 70 11-6357; ohlendorf@aerzteverlag.de

**Redaktionelle Koordination / Editorial Office**

Irmgard Dey; Tel.: +49 2234 7011-242; Fax: +49 2234 7011-6242  
dey@aerzteverlag.de

**Leiter Kunden Center / Leader Customer Service:**

Michael Heinrich, Tel.: +49 2234 7011-233, heinrich@aerzteverlag.de

**Abonnementservice**

Tel.: 02234/ 7011- 520, Fax.: 02234 7011- 6314  
Abo-Service@aerzteverlag.de

**Leiterin Anzeigenmanagement und verantwortlich für den Anzeigenteil / Advertising Coordinator**

Marga Pinsdorf, Tel. +49 2234 7011-243, pinsdorf@aerzteverlag.de

**Leiterin Verkauf Geschäftskunden/Marketing:**

Jutta Rethmann

**Key Account Manager/-in:**

KAM, Dental International, Andrea Nikuta-Meerloo,  
Telefon: +49 2234 7011-308 E-Mail: nikuta-meerloo@aerzteverlag.de  
KAM Dental Jan-Philipp Royl Telefon: +49 2234 7011-401  
E-Mail: royl@aerzteverlag.de

**Verlagsrepräsentanten Industrieanzeigen / Commercial Advertising Representatives**

**Nord/Ost:** Götz Kneiseler, Uhländstr. 161, 10719 Berlin,

Tel.: +49 30 88682873, Fax: +49 30 88682874,

E-Mail: kneiseler@aerzteverlag.de

**Mitte:** Dieter Tenter, Schanzenweg 8a, 65388 Schlangenbad,

Tel.: +49 6129 1414, Fax: +49 6129 1775,

E-Mail: tenter@aerzteverlag.de

**Süd:** Ratko Gavran, Racine-Weg 4, 76532 Baden-Baden,

Tel.: +49 7221 996412, Fax: +49 7221 996414,

E-Mail: gavran@aerzteverlag.de

**Leiter Medienproduktion / Leader Media Production:**

Bernd Schunk, Tel.: +49 2234 7011-280, schunk@aerzteverlag.de

**Herstellung / Production Department:**

Deutscher Ärzte-Verlag GmbH, Köln, Alexander Krauth,  
Tel.: +49 2234 7011-278, krauth@aerzteverlag.de

**Layout / Layout**

Sabine Tillmann

**Druckerei / Printery**

L.N. Schaffrath Druck Medien Marktweg 42-50, 47608 Geldern

**Erscheinungsweise / Frequency**

12 x Print + online, Jahresbezugspreis Inland € 198,-

Ermäßigter Preis für Studenten jährlich € 120,-, Jahresbezugspreis Ausland € 207,36. Einzelheftpreis € 16,50. Preise inkl. Porto und 7 % MwSt. Die Kündigungsfrist beträgt 6 Wochen zum Ende des Kalenderjahres. Gerichtsstand Köln. „Für Mitglieder der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e.V. ist der Bezug im Mitgliedsbeitrag enthalten“.

**Konten / Account**

Deutsche Apotheker- und Arztebank, Köln, Kto. 010 1107410 (BLZ 370 606 15), IBAN: DE 2830 0606 0101 0110 7410, BIC: DAAEDED, Postbank Köln 192 50-506 (BLZ 370 100 50), IBAN: DE 8337 0100 5000 1925 0506, BIC: PBNKDEFF.

Zurzeit gilt **Anzeigenpreisliste** Nr. 13, gültig ab 1. 1. 2014

Auflage lt. IVW 3. Quartal 2013

Druckauflage: 18.566 Ex.

Verbreitete Auflage: 18.033 Ex.

Verkaufte Auflage: 17.786 Ex.

Diese Zeitschrift ist der IVW-Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern e.V. angeschlossen.

**IA-DENT** Mitglied der Arbeitsgemeinschaft LA-MED Kommunikationsforschung im Gesundheitswesen e.V.  
geprüft IA-Dent 2009

69. Jahrgang

ISSN print 0012-1029

ISSN online 2190-7277

**Urheber- und Verlagsrecht /****Copyright and Right of Publication**

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Annahme des Manuskriptes gehen das Recht der Veröffentlichung sowie die Rechte zur Übersetzung, zur Vergabe von Nachdruckrechten, zur elektronischen Speicherung in Datenbanken, zur Herstellung von Sonderdrucken, Fotokopien und Mikrokopien an den Verlag über. Jede Verwertung außerhalb der durch das Urheberrechtsgesetz festgelegten Grenzen ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig.

© Copyright by Deutscher Ärzte-Verlag GmbH, Köln



mehr Sicherheit

kürzere Behandlungszeiten

hohe Patientenzufriedenheit

# Curriculum Funktionsdiagnostik und restaurative Therapie

## Praxisorientierte Fortbildung für Zahnärzte und Zahntechniker

Die Kursreihe wird Ihnen helfen, den funktionell anspruchsvollen Patienten zu erkennen und Ihre Behandlungsstrategie nach diesem Patienten auszurichten. Sie werden Ihre prothetische Komplikationsrate deutlich verringern. Durch eine klar definierte Vorgehensweise erarbeiten Sie mit großer Sicherheit eine stabile, reproduzierbare Okklusion und eine gelungene Ästhetik. Sie werden durch eine höhere Patientenzufriedenheit und durch professionellen Imagegewinn belohnt.

■ **On-Campus Modul A**  
Referent: Prof. Dr. Ulrich Lotzmann  
12.09. – 13.09.2014

■ **On-Campus Modul B**  
Referent: Prof. Dr. Ulrich Lotzmann  
19.09. – 20.09.2014

■ **Off-Campus Modul**  
Internet-Lektionen begleitend  
von zu Hause absolvierbar

■ **On-Campus Modul C**  
Referenten: Dr. Johannes Heimann  
und Ztm. Bruno Jahn  
24.10. – 25.10.2014

■ **On-Campus Modul D**  
Referent: Dr. Johannes Heimann  
und Ztm. Bruno Jahn  
07.11. – 08.11.2014

Infos und Anmeldung unter **Telefon +49 8243 9692-14**

### Teilnehmerkreis/ Zulassungsvoraussetzungen

Zahnärzte (m/w) mit abgeschlossenem Studium und Zahntechniker (m/w) mit abgeschlossener Berufsausbildung.

### Veranstaltungsort

Abteilung für Orofaziale Prothetik und Funktionslehre der Universitätszahnklinik Marburg.

### Studiengebühr

Die Studiengebühr beträgt EUR 2.900,- zzgl. MwSt.

### Veranstalter

teamwork media GmbH  
Hauptstraße 1  
86925 Fuchstal · Germany  
Tel. +49 8243 9692-0  
Fax +49 8243 9692-22  
event@teamwork-media.de  
www.teamwork-media.de

### Informationen zum Studium

Fragen zum Studium richten Sie bitte per E-Mail an [event@teamwork-media.de](mailto:event@teamwork-media.de) oder telefonisch an Michael Höfler unter +49 8243 9692-14.

### Kostenlose Broschüre

Unter obiger Adresse können Sie auch unsere ausführliche Broschüre anfordern!



# ICX-MAGELLAN<sup>®</sup>

DAS DIGITALE PLANUNGS-KONZEPT  
FÜR DIE IMPLANTOLOGIE.



» ICX hat mir neue Impulse gegeben.  
Mit ICX-MAGELLAN einfach sicher implantieren! «

Kostenlose  
ICX-MAGELLAN-  
Schulungen.  
Termine unter:  
[www.medentis.de](http://www.medentis.de)

medentis medical und ICX-MAGELLAN –  
die dynamisch-innovative Erfolgskombination!

**medentis**  
medical

Service-Tel.: 02643 902000-0 · [www.medentis.de](http://www.medentis.de)

Mo.-Fr.: 7.30 bis 19 Uhr